

# SUPLEMENTO

## 副刊

### SUMÁRIO

#### GOVERNO DE MACAU

**Decreto-Lei n.º 60/96/M:**

Aprova o Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-esforçado. — Revogações. .... 2174

### 目錄

#### 澳門政府

**第60/96/M號法令：**

核准《鋼筋混凝土及預應力混凝土結構規章》  
——若干廢止 ..... 2174

**GOVERNO DE MACAU****Decreto-Lei n.º 60/96/M****de 7 de Outubro**

Com o objectivo de dotar o Território com regulamentação específica na área da construção civil e de elevar a sua qualidade, a Direcção dos Serviços de Solos, Obras Públicas e Transportes tem vindo a desenvolver as acções necessárias à modernização da legislação a observar nesse importante ramo da actividade económica.

Neste âmbito foi elaborado o Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-esforçado aprovado pelo presente diploma, tendo o trabalho de base sido cometido ao Laboratório de Engenharia Civil de Macau que, para o seu desenvolvimento, tomou como referência o Eurocódigo 2 e as normas chinesas aplicáveis a esse particular aspecto do processo construtivo, que adoptam critérios muito semelhantes.

Tendo em conta as condições particulares do território de Macau, foi feita uma análise pormenorizada da documentação disponível, nomeadamente no que se refere aos materiais utilizados (betão e aços), que são objecto de normas próprias. Teve-se particular atenção à verificação da segurança destas estruturas relativamente à acção do fogo, que é objecto de anexo específico, de acordo com a legislação recentemente publicada sobre esta matéria.

Nestes termos;

Ouvido o Conselho Consultivo;

O Governador decreta, nos termos do n.º 1 do artigo 13.º do Estatuto Orgânico de Macau, para valer como lei no território de Macau, o seguinte:

**Artigo 1.º****(Aprovação)**

É aprovado o Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-esforçado, anexo ao presente diploma e do qual faz parte integrante.

**Artigo 2.º****(Fiscalização)**

Compete à Direcção dos Serviços de Solos, Obras Públicas e Transportes, adiante designada por DSSOPT, e às demais entidades promotoras de obras públicas fiscalizar o cumprimento do Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-esforçado.

**Artigo 3.º****(Obras e processos em curso)**

O Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-esforçado não é aplicável às obras em curso nem àquelas cujo processo de licenciamento decorra na DSSOPT à data da sua entrada em vigor.

**澳門政府****法令 第60/96/M號****十月七日**

爲使本地區有一在民用建築方面之專門規範，並提高民用建築之質量，土地工務運輸司一直以來有開展所需之活動，以使此重要經濟活動領域之須遵守之法例得以現代化。

在此範疇內，制定了本法規所核准之《鋼筋混凝土及預應力混凝土結構規章》。該規章之基礎工作由澳門土木工程實驗室負責；爲此，該實驗室參考了《歐洲法典二》及中國方面適用於建築過程中此特別階段之有關規定，而兩者所採用之標準亦很相似。

鑑於澳門地區之特殊情況，已對可利用之資料進行詳細分析，尤其詳細分析了涉及所應用材料如混凝土及鋼之資料，該等材料爲專有規定之標的。同時，特別關注根據最近公布之防火安全法例對該等結構作出之防火安全檢查，該項檢查屬特定附件之標的。

基於此；

經聽取諮詢會之意見後；

總督根據《澳門組織章程》第十三條第一款之規定，命令制定在澳門地區具有法律效力之條文如下：

**第一條****(核准)**

核准附於本法規且成爲其組成部分之《鋼筋混凝土及預應力混凝土結構規章》。

**第二條****(監察)**

土地工務運輸司（葡文縮寫爲DSSOPT）及其他促進公共工程之實體，負責監察對《鋼筋混凝土及預應力混凝土結構規章》之遵守。

**第三條****(正在進行之工程及程序)**

《鋼筋混凝土及預應力混凝土結構規章》不適用於該規章開始生效時正在進行之工程及與土地工務運輸司正在處理之發出准照程序有關之工程。

Artigo 4.º

(Regime sancionatório)

O regime sancionatório aplicável pelo incumprimento do Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-esforçado é objecto de diploma próprio.

Artigo 5.º

(Revogação)

São revogados os seguintes diplomas:

a) Decreto n.º 47 723, de 20 de Maio de 1967, que aprovou o Regulamento de Estruturas de Betão Armado, e o Decreto n.º 47 842, de 11 de Agosto de 1967, estendidos a Macau pela Portaria n.º 22 872, de 5 de Setembro de 1967, publicados no Suplemento ao Boletim Oficial n.º 46, de 21 de Novembro de 1967;

b) Decreto n.º 48 446, de 22 de Junho de 1968, estendido a Macau pela Portaria n.º 23 577, de 4 de Setembro de 1968, ambos publicados no Boletim Oficial n.º 38, de 21 de Setembro de 1968.

Artigo 6.º

(Entrada em vigor)

O presente diploma entra em vigor 60 dias após a sua publicação.

Aprovado em 19 de Setembro de 1996.

Publique-se.

O Governador, *Vasco Rocha Vieira*.

REGULAMENTO DE ESTRUTURAS DE BETÃO ARMADO E PRÉ-ESFORÇADO

TÍTULO I

Disposições gerais

CAPÍTULO I

Generalidades

Artigo 1.º

(Objecto e âmbito de aplicação)

1. O presente regulamento estabelece as regras a observar no projecto e na execução de estruturas de betão armado e de betão pré-esforçado, tendo como base os critérios gerais de segurança definidos no Regulamento de Segurança e Acções em Estruturas de Edifícios e Pontes (RSA).

第四條

(處罰制度)

因不遵守《鋼筋混凝土及預應力混凝土結構規章》而適用之處罰制度為專有法規之標的。

第五條

(廢止)

廢止下列法規：

a) 經一九六七年九月五日第22872號訓令延伸至澳門之核准《鋼筋混凝土結構規章》之一九六七年五月二十日第47723號命令及一九六七年八月十一日第47842號命令；該兩項命令及訓令均公布於一九六七年十一月二十一日第四十六期《政府公報》副刊；

b) 經一九六八年九月四日第23577號訓令延伸至澳門之一九六八年六月二十二日第48446號命令；該命令及訓令均公布於一九六八年九月二十一日第三十八期《政府公報》。

第六條

(開始生效)

本法規公布六十日後開始生效。

一九九六年九月十九日核准。

命令公布。

總督 韋奇立

鋼筋混凝土及預應力混凝土結構規章

第一編

一般規定

第一章

總則

第一條

標的及適用範圍

一、本規章制定了鋼筋混凝土及預應力混凝土設計與施工需用之規則，並以屋宇結構及橋樑結構之安全及荷載規章 (RSA) 中所列之一般安全標準為基本。

2. O presente regulamento não tem em vista as estruturas mistas aço-betão e as estruturas em que se utilizem betões leves ou betões muito densos. Entende-se por «betões leves» e «betões muito densos», os betões de massa volúmica inferior a 2 000 kg/m<sup>3</sup> e superior a 2 800 kg/m<sup>3</sup>, respectivamente.

#### Artigo 2.º

##### (Simbologia e unidades)

1. A simbologia utilizada no presente regulamento é indicada no anexo 1.

2. As unidades em que são expressas as diversas grandezas são as do Sistema Internacional de Unidades (SI). Indicam-se seguidamente algumas das unidades recomendadas:

Massa .....	kg
Forças (concentradas e distribuídas) .....	kN, kN/m, kN/m <sup>2</sup>
Pesos volúmicos .....	kN/m <sup>3</sup>
Tensões .....	N/mm <sup>2</sup> , MPa, GPa
Momentos .....	kNm

## CAPÍTULO II

### Concepção das estruturas

#### Artigo 3.º

##### (Critérios gerais)

1. As estruturas devem ser concebidas de modo a poderem desempenhar as funções a que se destinam durante o período de vida previsto, com graus de segurança adequados, sem perder de vista os aspectos económicos e estéticos.

2. Os esquemas estruturais adoptados devem permitir uma leitura clara do seu funcionamento e corresponder a comportamentos previsíveis com suficiente justeza pelas teorias e experiências disponíveis. Deve, além disso, procurar-se que as estruturas não sejam susceptíveis de rotura de tipo frágil ou de colapso generalizado em cadeia, originado pela rotura de um elemento (colapso progressivo).

3. Na concepção das estruturas devem ser devidamente tidas em conta, além das acções previsíveis e das propriedades dos materiais constituintes, as condições ambientais, as características dos terrenos de fundação e os processos construtivos a adoptar. Particular atenção deve ser dada às acções do vento e dos sismos, de acordo com os critérios estipulados no artigo seguinte.

4. As acções de acidente a que as estruturas possam estar sujeitas (explosão, incêndio, choque de veículos, etc.) devem ser tidas em conta na concepção, sempre que possível, através de medidas tendentes a minimizar, ou mesmo anular, os seus efeitos.

#### Artigo 4.º

##### (Acções do vento e dos sismos)

1. A consideração das acções do vento e dos sismos deve reflectir-se na concepção das estruturas, através de medidas espe-

二、本規章不考慮鋼-混凝土複合結構、輕質混凝土結構、及重質混凝土結構。輕質混凝土指其密度少於2000kg/m<sup>3</sup>，而重質混凝土則指其密度大於2800kg/m<sup>3</sup>。

#### 第二條

##### 符號及單位

一、本規章所採用之符號列明於附件一。

二、不同種類之物理量單位係按照國際標準單位(SI)，以下為一些建議之單位：

質量 .....	kg
集中荷載及均佈荷載 .....	kN, kN/m, kN/m <sup>2</sup>
容重 .....	kN/m <sup>3</sup>
應力、強度 .....	N/mm <sup>2</sup> , MPa, GPa
彎矩 .....	kNm

## 第二章

### 結構概念

#### 第三條

##### 一般標準

一、結構物應在其設計壽命期間在足夠之安全度下履行所定之功用，而且不至產生經濟上及美觀上之損失。

二、採用之結構體應清楚註明其功用及以足夠理論及經驗為依據來確立預計之狀態。除此之外，亦應令結構不會出現勞損破壞或因其中一構件破壞而導致連鎖倒塌(漸進倒塌)。

三、結構概念除考慮設計荷載及材料性能外，亦應個別考慮外界環境、地基土壤特性及所選用之建築方法。根據載於下條之標準，特別需要注意風力作用及地震作用。

四、結構概念應考慮每種可能接觸到之偶然作用(爆炸、火災、汽車撞擊等)，並儘可能通過設施將其效應減輕或減至最低。

#### 第四條

##### 風及地震作用

一、結構概念中應反映出對風力作用及地震作用之考



ciais tendentes a melhorar o seu comportamento em face deste tipo de acções. Assim, tanto quanto possível, deve procurar-se que:

a) As características de rigidez das estruturas sejam ponderadas de tal modo que, por um lado, minimizem as acções sísmicas e, por outro, limitem a ocorrência de grandes deslocamentos, calculados para as combinações fundamentais em que a acção variável de base é o vento ou os sismos;

b) As estruturas tenham os seus elementos convenientemente interligados em todas as direcções, de modo a assegurar um eficiente funcionamento de conjunto;

c) A disposição dos elementos da estrutura seja simétrica, o mesmo se recomendando relativamente ao conjunto das massas da construção;

d) As variações de rigidez e de massas, principalmente em altura, não apresentem grandes discontinuidades;

e) As estruturas tenham possibilidade de dissipar energia por deformação não elástica com adequadas características de ductilidade dos seus elementos.

2. Em edifícios ou partes de edifícios com utilização habitacional com altura superior a 30 m, o deslocamento horizontal máximo admitido da estrutura,  $d_{w,max}$ , para a combinação fundamental em que a acção variável de base é o vento, é igual a:

$$d_{w,max} = 0,001 h \frac{n}{40}$$

em que:

h — altura do edifício acima do solo;

n — número de pisos.

3. As juntas entre estruturas devem, em princípio, ter largura suficiente para evitar entrechoques durante a ocorrência de um sismo, condição que é particularmente importante no caso de estruturas com características de deformabilidade muito diferentes.

### CAPÍTULO III

#### Critérios gerais de segurança

##### Artigo 5.º

##### (Verificação da segurança)

A verificação da segurança das estruturas de betão armado e pré-esforçado deve ser efectuada de acordo com os critérios gerais estabelecidos no RSA e tendo em conta as disposições do presente regulamento.

##### Artigo 6.º

##### (Estados limites últimos)

Os estados limites últimos a considerar são:

a) Estados limites últimos de resistência — rotura, ou deformação excessiva, em secções dos elementos da estrutura, envolvendo ou não fadiga;

慮，當面對該作用時，需通過特別設施來加強結構之功能。因此，在可行情況下應考慮下列要點：

a) 結構剛性一方面要顧及將地震作用所造成之影響減至最低，另一方面亦要限制大位移之出現，並以風力作用及地震作用作為首要可變化作用以基本組合作計算；

b) 結構中所有構件應能相互連結於所有方向上，連結模式要確保其有效運作；

c) 結構體之佈置應採用對稱形式，並建議此形式應按建築物之質量作對稱考慮；

d) 隨著高度之增加，剛度及質量不可出現過大變化；

e) 結構體系可以利用非彈性變形進行消能，但其構件需要有足夠之延展性。

二、住宅或商住樓宇高度超過 30 m 時，按風力作用為可變作用之基本組合下，結構體所允許之最大水平位移  $d_{w,max}$  為：

$$d_{w,max} = 0.001 h \frac{n}{40}$$

此處：

h 地面上起計之樓宇高度；

n 地面上起計之樓宇層數。

三、兩相鄰結構體之間要有足夠之距離以防止由於地震而產生碰撞，當兩結構體之變形特性相異很大時，該要求尤其重要。

### 第三章

#### 一般安全標準

##### 第五條

##### 安全性之確定

鋼筋混凝土及預應力混凝土結構安全性之確定，應根據由 RSA 所建立之一般標準及本規章之規定為之。

##### 第六條

##### 承載能力極限狀態

承載能力極限狀態可考慮為：

a) 強度之承載能力極限狀態 — 對結構構件斷面受疲勞或非疲勞作用而導致之破壞或過大之變形；

b) Estados limites últimos de encurvadura — instabilidade de elementos da estrutura ou instabilidade da estrutura no seu conjunto;

c) Estados limites últimos de equilíbrio — perda de equilíbrio de parte ou do conjunto da estrutura considerada como corpo rígido.

Para efeitos de verificação da segurança convencionou-se que os estados limites últimos de resistência e de encurvadura correspondem aos valores de cálculo das capacidades resistentes (traduzidas, conforme os casos, por acções, esforços ou tensões) determinados de acordo com as regras estipuladas no presente regulamento.

#### Artigo 7.º

##### (Estados limites de utilização)

Os estados limites de utilização a considerar são os estados limites de fendilhação e os estados limites de deformação.

Os estados limites de fendilhação a considerar são, consoante os casos, os seguintes:

a) Estado limite de descompressão — anulamento da tensão normal de compressão devida ao pré-esforço e a outros esforços normais de compressão numa fibra especificada da secção; em geral, a fibra em causa é a fibra extrema, que, sem considerar a actuação do pré-esforço, ficaria mais traccionada (ou menos comprimida) por acção dos restantes esforços;

b) Estado limite de largura de fendas — ocorrência de fendas cujas larguras, a um dado nível da secção, têm valor característico igual a um valor especificado; em geral, o nível tomado para referência é o das armaduras que, para a combinação de acções em consideração, ficam mais traccionadas.

Os tipos de estados limites de fendilhação que devem ser considerados em cada caso, bem como os parâmetros que os definem, são referidos no artigo 63.º

Os estados limites de deformação a considerar são os que correspondem à ocorrência de deformações na estrutura que prejudiquem o desempenho das funções que lhe são atribuídas.

Em certos casos, há que considerar outros tipos de estados limites de utilização. Assim, por exemplo, pode ser necessário limitar as vibrações nas estruturas de forma compatível com as suas condições de utilização, tendo em conta, nomeadamente, o desconforto ou sensação de insegurança dos utilizadores.

#### Artigo 8.º

##### (Durabilidade)

1. As estruturas de betão armado e pré-esforçado devem ser projectadas de forma a que a sua segurança e condições de servi-

b) 挫曲之承載能力極限狀態 — 對結構構件之不隱定或結構體本身之不隱定;

c) 平衡之承載能力極限狀態 — 將結構體考慮為剛體時, 其結構一部分或整個結構體之失去平衡。

承載能力極限狀態安全性確定規定了強度及挫曲之承載能力極限狀態應符合抵抗能力設計值 (按情況改為以荷載, 力或應力作考慮), 而此設計值係根據本規章中之規則所求得。

#### 第七條

##### 正常使用極限狀態

正常使用極限狀態為在正常使用下, 裂縫方面之極限狀態及變形方面之極限狀態。

裂縫方面之極限狀態可考慮為下列情況:

a) 減壓之極限狀態 — 減壓即為經由預力或其他正向壓力於斷面某一特定纖維處所形成之正向壓力降低。一般而言, 斷面中之特定纖維處係指斷面最外緣之纖維層。當預應力施加後, 斷面張拉完成, 斷面中不考慮外加預應力作用時, 由於殘餘力之作用該纖維層會出現張力之增加 (即壓力之減少) 而形成減壓現象;

b) 裂縫寬度之極限狀態 — 於斷面某基準面上出現裂縫, 其寬度特徵值應等於寬度規定值。一般而言, 所選取之基準面可參考鋼筋位置, 或對於所考慮之荷載組合為產生較大張力之位置。

對於裂縫方面之極限狀態應對每一個別情況進行考慮, 而各參數之正確定義可參考第六十三條所述。

變形之極限狀態係在結構體中出現變形, 而該變形係屬於有損結構使用功能方面之變形。

在某些情況下, 需要考慮其他種類之正常使用極限狀態。例如, 於結構體使用條件上有需要限制結構體之震動量, 通常應避免此震動導致使用者感到不舒服或存有不安全之感覺。

#### 第八條

##### 耐久性

一、鋼筋混凝土及預應力混凝土結構之設計, 應在其

ço durante a vida útil possam ser mantidas sem elevados e imprevisíveis custos de manutenção e reparação.

Os requisitos de adequada durabilidade de uma estrutura consideram-se satisfeitos se, durante o seu período de vida, a estrutura desempenhar as suas funções em termos de utilização, resistência e estabilidade, sem perda significativa de utilidade ou excesso de manutenção não prevista.

Para proporcionar a durabilidade global necessária, a utilização prevista da estrutura deve ser definida juntamente com as especificações das acções a considerar. O período de vida da estrutura e o programa de manutenção devem ser igualmente considerados ao avaliar o nível de protecção exigido.

A durabilidade pode ser afectada quer por acções directas quer por efeitos indirectos, inerentes ao comportamento da estrutura (por exemplo, deformações, fendilhação, absorção de água, etc.). A importância que os efeitos directos e indirectos possam vir a ter deve ser considerada.

2. As acções devem ser avaliadas de acordo com as definições dadas no capítulo IV. Em casos especiais, pode ser necessário considerar a possibilidade de introduzir modificações nestes valores para satisfazer determinados requisitos de durabilidade.

Ambiente, neste contexto, refere-se às acções químicas e físicas a que a estrutura como um todo, assim como os seus elementos constituintes e o próprio betão, estão expostos, e cujos efeitos não estão incluídos nas hipóteses de carga consideradas no cálculo estrutural.

Para o dimensionamento de edifícios correntes, as condições ambientais são classificadas de acordo com o artigo 62.º

Além disso, pode ser necessário considerar separadamente certas formas de acção agressiva ou indirecta.

3. Os efeitos dos ataques químicos devem ser considerados no projecto, quer sobre o betão como sobre qualquer elemento metálico nele embebido.

Os ataques químicos podem resultar:

- da utilização da obra (armazenamento de líquidos, etc.);
- de agressividade do ambiente;
- do contacto com gases ou com soluções de substâncias químicas, e mais frequentemente da exposição a soluções ácidas ou a soluções de sulfatos;
- do teor de cloretos do betão;
- de reacções entre os materiais no betão.

Para a maioria das construções, as reacções químicas prejudiciais podem ser evitadas adoptando-se as especificações apropriadas dos materiais, por exemplo as disposições constantes da Norma de Betões (NB), de forma a obter um betão impermeável e denso, com a composição e as propriedades adequadas. Além dis-

uso durante o período de vida útil, a estrutura deve ser mantida sem elevados e imprevisíveis custos de manutenção e reparação.

倘若一結構於其設計使用齡期內，要達到足夠耐久性標準時，則結構在使用能力、強度及穩定性等功能上應沒有顯著之效能損失，或不應出現過多維修保養之情況。

若一結構要得到所需之整體耐久性，則應定義出結構之主要用途及對其荷載規定作考慮。同時亦應考慮結構所需之使用齡期及維修保養計劃，用以評估結構所需保護之程度。

結構耐久性可能受直接作用影響及該結構本身特性所帶來之間接影響（例如，變形、開裂、吸水性等）。然而對有可能出現之直接及間接影響亦應予以考慮。

二、荷載應根據第四章之定義進行評估。於特別情況下，可能需要對此荷載值作出適當之修改以符合個別之耐久性要求。

於本文中，環境作用一辭實為將結構視作一整體，其中各構件與結構中之混凝土均暴露於外界環境中並承受著化學作用及物理作用，而所造成之效應不能包括結構設計時所考慮之荷載作用。

對一般建築物之設計，外界環境條件可根據第六十二條進行分類。

除此以外，對某些個別之侵蝕性或間接性之環境作用也需予以考慮。

三、化學性侵蝕對混凝土及所有預埋金屬材料所造成之影響應列入設計所考慮之範圍內。

化學性侵蝕可以下列情況出現：

- 由建築物中所使用之化學物品（以液態貯藏等）；
- 由侵蝕性環境產生；
- 經由大量化學物之氣體或液體所接觸，但通常多由酸性溶液或硫酸鹽所造成；
- 由於混凝土中含有氯化物；
- 由於混凝土內各組成材料間之相互化學反應。

對於大部分建築物，得透過採用合適之材料規範來防止有害之化學反應。例如混凝土標準 (NB) 中指出，要得到

so, é necessário um recobrimento adequado para proteger as armaduras (ver artigo 74.º).

4. Os efeitos dos ataques físicos devem ser tidos em conta no projecto, podendo ocorrer devido a:

- abrasão;
- acção gelo-degelo;
- penetração da água.

Para a maioria das construções, os ataques físicos podem ser combatidos por especificação correcta dos materiais, por exemplo, as disposições da NB, combinada com uma limitação adequada da fendilhação sob a combinação de acções apropriada.

5. A deformação global da estrutura, dos seus elementos constituintes ou de elementos não estruturais (por exemplo, devida a acções impostas, temperatura, fluência, retracção, microfendilhação, etc.) pode conduzir a efeitos indirectos que devem ser tidos em conta no projecto.

Para a maioria das construções, considera-se que a influência dos efeitos indirectos é tida em conta se se cumprirem os requisitos gerais, indicados noutras partes do presente regulamento, relativos a durabilidade, fendilhação, deformação e disposições construtivas, e também os requisitos relativos à resistência, estabilidade e robustez da estrutura como um todo. Além disso, pode ser necessário:

- minimizar a deformação e a fendilhação devidas a efeitos reológicos;
- minimizar os impedimentos devidos à deformação (por exemplo, utilizando aparelhos de apoios ou juntas, mas garantindo contudo que estes não permitem a entrada de agentes agressivos);
- assegurar que os efeitos significativos de eventuais impedimentos são considerados no projecto.

6. Na fase inicial do projecto, os efeitos e a importância eventual das acções definidas no artigo 8.º devem ser considerados em face dos requisitos de durabilidade.

Para a maioria das construções, devem ser tidos em conta os critérios de dimensionamento referidos neste artigo e os requisitos aplicáveis ao recobrimento das armaduras indicados no artigo 74.º, assim como as características gerais dos materiais e da execução referidas noutras partes do presente regulamento.

Entre outros factores a considerar no projecto e nas disposições construtivas, de forma a atingir o nível de desempenho necessário, devem incluir-se também:

- a adopção de uma forma estrutural que minimize a absorção de água ou a exposição à humidade;
- as dimensões, a forma e os pormenores construtivos dos elementos ou das estruturas expostas devem ser tais que proporcionem uma drenagem adequada e evitem o escoamento violento

— uma maior densidade e menor permeabilidade do concreto,应采用合適之原料及配合比。除此以外，足夠之保護層厚度要求均可對鋼筋起保護作用。(見第七十四條)。

四、物理性侵蝕所帶來之影響應列入設計所考慮之範圍內。物理性侵蝕之出現可分為：

- 磨耗；
- 凍 - 融 (風化作用)；
- 水滲透。

對於大多數建築物，物理性侵蝕得透過採用正確之材料規範予以抵抗，例如採用 **NB** 並聯同有關之荷載組合下適當之開裂極限予以控制。

五、結構整體變形、結構主構件變形或非承載構件變形 (例如經由外加荷載、溫度變化、蠕變、收縮及微小開裂所引起) 均能導致間接效應出現，此效應應列入設計之考慮範圍內。

對於大部分建築物，間接效應之影響可和本規章中之一般性要求作同時考慮，其中包括耐久性、裂縫、變形及構造配置，同時其要求也包括強度方面、穩定性及結構整體之穩固等。

除此以外，並需要考慮：

- 儘量減少受時間影響之變形及開裂；
- 儘量減少由變形所造成之障礙 (例如，當支承或節點出現變形時，應確保不會受到侵蝕劑之入侵)；
- 倘若此類障礙出現，應確保任何有關之顯著效應均在設計考慮範圍內。

六、在早期設計程序中，由第八條所定義之作用所產生之作用效應應以耐久性要度作考慮。

對於大多數建築物，設計標準應參照本條，鋼筋保護層要求應參照第七十四條，材料及施工之一般特性則可參照本規章之其他條款。為能達到所需之性能要求，於設計及施工時應考慮下列因素：

- 所採用之結構形式應儘量降低其吸水性或避免外露於水份中；
- 外露結構或外露構件之細部設計，在其外形及尺寸上均應具有適當之排水設施，並應避免過多之

da água ou a possibilidade da sua acumulação. É necessário tomar cuidado para minimizar quaisquer fendas que possam reter ou deixar passar água. Na presença de fendas que atravessem completamente uma secção e que possam encaminhar água contendo cloretos, pode ser necessário tomar outras medidas de protecção;

— a consideração, a nível do projecto e das disposições construtivas, dos diferentes aspectos dos efeitos indirectos;

— para a maioria dos componentes das construções, a resistência das armaduras à corrosão é assegurada por um recobrimento adequado de betão de baixa permeabilidade e de boa qualidade. Em face de condições de exposição mais severas, pode ser necessário considerar a utilização de barreiras de protecção quer à superfície do betão quer nas armaduras.

Para assegurar a protecção contra a corrosão das armaduras de betão armado, devem respeitar-se os requisitos seguintes:

- níveis de tensão;
- fendilhação;
- deformação;
- requisitos gerais de durabilidade;
- recobrimento das armaduras;
- disposições construtivas.

O recobrimento das armaduras é a distância entre a superfície da armadura (incluindo cintas e estribos) e a superfície livre de betão mais próxima. O recobrimento mínimo de todas as armaduras não deve ser inferior aos valores indicados no artigo 74.º Os recobrimentos mínimos necessários podem ser insuficientes para a protecção contra o fogo. As exigências particulares em relação ao fogo são fixadas no anexo 2.

#### CAPÍTULO IV

##### Acções

##### Artigo 9.º

##### (Generalidades)

As acções a considerar na verificação da segurança das estruturas de betão armado e pré-esforçado são as estipuladas no RSA, devendo ainda ser tidas em conta as disposições complementares que constam do presente capítulo.

##### Artigo 10.º

##### (Variações de temperatura)

1. Na determinação dos esforços devidos às variações uniformes de temperatura, resultantes das variações sazonais da temperatura ambiente, pode considerar-se que o módulo de elasticidade do betão tem valores iguais a metade dos valores indicados no artigo 30.º, e que o coeficiente de dilatação térmica linear do betão e do aço têm o valor de  $10 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ .

水流經其上及任何有可能出現之積水情況。儘量小心以縮減任何可能導致水份結集或通過之裂縫。倘若裂縫通過整個斷面並有可能導致含氮成份之水份滲入，則有必要進行額外之保護措施；

- 對不同方面之間接效應應於設計及施工階段中加以注意；
- 對大部分建築物之組成構件，鋼筋之抗侵蝕性能係由一適當之保護層所提供，而該保護層應為低透水性、高品質之混凝土。在面對較為惡劣之外露環境時，則有必要於混凝土表面及於鋼筋上採用防護阻隔設施。

為確保鋼筋混凝土中之鋼筋防侵蝕保護，應遵守下列各項要求：

- 應力幅度；
- 裂縫；
- 變形；
- 一般耐久性要求；
- 混凝土保護層；
- 鋼筋之施工配置。

鋼筋保護層厚度為鋼筋表面(包括聯繫筋及箍筋)到最接近之混凝土自由表面間之距離。保護層之最小厚度不應小於第七十四條所定之值。然而，該保護層之最小厚度可能不足以滿足考慮防火時所須之保護。有關防火時保護層所須之特別要求將於附件二 中說明。

#### 第四章

##### 作用

##### 第九條

##### 總則

確定鋼筋混凝土及預應力混凝土結構安全所取之作用已列明於 RSA 中，本章只加以適當之補充。

##### 第十條

##### 溫度變化

一、要計算出大氣溫度季節變化所產生之均勻溫度變化影響，混凝土彈性模量值可按第三十條中所列之值之二分一取用，而混凝土及鋼筋之熱膨脹係數，可以設為  $10 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 。

2. Pode ser dispensada a consideração dos efeitos das variações uniformes de temperatura referidas no número anterior nas estruturas reticuladas cuja maior dimensão em planta (ou espaçamento entre juntas de dilatação) não exceda 30 m.

3. Nos casos especiais em que seja necessário ter em conta variações rápidas de temperatura, uniformes ou diferenciais, os valores do módulo de elasticidade do betão a considerar devem, salvo justificação, ser os indicados no artigo 30.º

#### Artigo 11.º

##### (Retracção do betão)

1. Na determinação dos efeitos devidos à retracção do betão devem ser tidos em conta os elementos que constam no artigo 31.º

2. Nos casos correntes, pode simplificarmente considerar-se, para a determinação de esforços actuantes, que os efeitos finais da retracção são assimiláveis aos de um abaixamento lento e uniforme da temperatura de 15°C, sendo portanto também aplicáveis as disposições estabelecidas no artigo 10.º

De acordo com os critérios do RSA, a retracção deve ser classificada como acção permanente e, conseqüentemente, os valores dos coeficientes  $\psi$  a considerar nas combinações de acções devem ser iguais à unidade.

#### Artigo 12.º

##### (Acção dos sismos)

As estruturas de betão armado e pré-esforçado, projectadas de acordo com o presente regulamento, têm ductilidade, nas diversas direcções a analisar, que permite reduzir o coeficiente sísmico até  $0,24 \alpha_E$ , de acordo com o artigo 23.º do RSA.

#### Artigo 13.º

##### (Acções de pré-esforço)

Nas estruturas de betão pré-esforçado, a quantificação das acções de pré-esforço deve ser efectuada de acordo com o estipulado no anexo 3.

Na maior parte dos casos (por exemplo, determinação de tensões e de efeitos hiperestáticos em regime linear), os pré-esforços podem ser considerados como acções permanentes aplicadas às estruturas.

No caso, porém, da determinação dos esforços resistentes últimos das secções, os pré-esforços devem ser tidos em conta através dos estados de coacção que provocam.

A consideração dos pré-esforços como acções permanentes justifica-se porque, apesar de variáveis no tempo, tendem para um valor limite em prazo relativamente curto à escala da vida da estrutura.

二、當框架結構之最大平面尺寸(伸縮縫之間之距離)不超過 30 m 時,可以不考慮前款所述之均勻溫度變化。

三、在特別情況下,需要考慮快速均勻或不均勻溫度變化時,如無其它證明,混凝土之彈性模量值應取第三十條中所列之值。

#### 第十一條

##### 混凝土收縮

一、計算混凝土收縮所做成之影響,應參照第三十一條。

二、在一般情況下,計算混凝土收縮之外加作用時,其最終影響可簡化為相等於一慢速之均勻溫度下降 15 °C 對結構之影響,亦可按第十條之規定進行計算。

按照 RSA 之標準,混凝土收縮應分類為永久作用,因此在各荷載組合中所用之可變作用之組合係數  $\psi$  均採用為 1。

#### 第十二條

##### 地震作用

按本規章設計之鋼筋混凝土及預應力混凝土結構,在各種分析範圍下,可設有足夠之延展性以允許將 RSA 第二十三條所述之地震影響係數降低至  $0,24 \alpha_E$ 。

#### 第十三條

##### 預應力作用

設計預應力混凝土時,其預應力作用值之制定應按附件三之說明為之。

在大部分情況下(例如計算應力及線性區域內之超靜定效應),施於結構體上之預應力可視為永久作用。

當計算截面之極限承載力時,對所使用之預應力應先考慮因其引起之相關狀態。

預應力雖然隨時間變化,但其作用仍可視為永久作用,因為其作用變化時間與結構壽命相比所佔比例甚少。

## CAPÍTULO V

## Análise

## Artigo 14.º

## (Generalidades)

1. A análise tem como objectivo determinar a distribuição dos esforços, tensões, extensões ou deslocamentos, no todo ou em parte da estrutura. Sempre que necessário, deve efectuar-se uma análise local complementar.

2. As análises são efectuadas usando idealizações quer da geometria quer do comportamento da estrutura. As idealizações escolhidas devem ser adequadas ao problema considerado.

## Artigo 15.º

## (Idealização da estrutura)

1. Os elementos de uma estrutura são normalmente classificados, tendo em conta a sua natureza e função, como vigas, pilares, lajes, paredes, placas, arcos, cascas, etc. Indicam-se regras para a análise dos elementos mais comuns e das estruturas que sejam constituídas por associações destes elementos.

2. Um elemento pode ser considerado como peça linear (viga ou pilar), se a sua maior dimensão não for inferior a duas vezes a altura total da sua secção transversal.

3. Uma viga cujo vão seja inferior a duas vezes a sua altura é considerada como uma viga-parede.

4. Um elemento laminar pode ser considerado como parede quando sujeito a esforços de compressão, associados ou não a flexão, e com largura não inferior a quatro vezes a espessura.

5. Um elemento pode ser considerado como laje, se o seu vão mínimo não for inferior a quatro vezes a sua espessura total.

6. Uma laje sujeita predominantemente a cargas uniformemente distribuídas pode ser considerada como resistente numa só direcção nos casos seguintes:

a) possuir dois bordos livres (não apoiados) sensivelmente paralelos;

b) corresponder à parte central de uma laje sensivelmente rectangular apoiada nos quatro bordos, e com uma relação do vão mais longo para o vão mais curto superior a 2.

7. As lajes nervuradas ou aligeiradas podem ser tratadas como lajes maciças para efeitos de análise, desde que a lajeta ou lâmina de compressão e as nervuras transversais tenham rigidez de torção suficiente. Tal pode ser admitido desde que:

a) o afastamento das nervuras não exceda 1,5 m;

b) a altura da nervura abaixo da lajeta não exceda quatro vezes a sua largura;

c) a espessura da lajeta não seja inferior a 1/10 da distância livre entre nervuras ou a 50 mm;

d) a distância livre entre nervuras transversais não exceda dez vezes a espessura total da laje.

## 第五章

## 結構分析

## 第十四條

## 總則

一、結構分析之目的係計算出整體結構或其部分之內應力、應變或位移。當有需要時，應附加局部分析。

二、分析係將結構體之幾何形狀及功能設為理想化模式，所選之理想化模式應適用於所考慮之問題。

## 第十五條

## 結構理想化模式

一、按其本質及功能，結構件可分為樑、柱、板、牆、薄板、薄殼、弓架結構等。對以上之普通構件或由該等構件所組成之結構之分析，本章提供對其所適用之規則。

二、樑或柱跨度或長度不應少於其截面高度之 2 倍。

三、當樑之跨度少於其截面高度 2 倍時，應當作深樑。

四、受壓之板塊構件，不論綜合彎矩與否，其寬度不少於 4 倍其厚度時，可作牆構件考慮。

五、板最少跨度不應少於其截面厚度之 4 倍。

六、當一塊板主要承受均佈荷載而又符合以下其中任何一個要求時，可當作單向板考慮：

a) 擁有兩條近乎平行之自由邊（無支承）；

b) 由四支承邊所圍出之中心部分應近乎矩形，其長、短跨之比例大於 2。

七、若肋板與格子板之樑翼或受壓板塊及橫向肋有足夠之抗扭剛度可作為實心板分析。當能滿足下列各點時，可作上述之假設：

a) 肋間距不超過 1.5 m；

b) 樑翼以下之高度不超出其寬度之 4 倍；

c) 樑翼厚度不少於肋間淨距之十份一或 50 mm，二者取其較大值；

d) 肋間淨距不大於其板厚之 10 倍。

A espessura mínima da lajeta pode ser reduzida de 50 mm para 40 mm nos casos em que se utilizem blocos permanentes entre as nervuras.

8. Um elemento é considerado como parede se o seu comprimento na horizontal não for inferior a quatro vezes a sua espessura. No caso contrário, deve ser considerado como um pilar.

9. Uma estrutura é considerada de nós fixos quando for satisfeita a condição:

$$h_{tot} \sqrt{\frac{\sum N}{\sum EI}} \leq \eta$$

sendo  $\eta = 0,2 + 0,1n$ , para  $n$  (número de andares) inferior a 4, e  $\eta = 0,6$ , para  $n$  igual ou superior a 4. Nesta expressão os símbolos significam:

$h_{tot}$  — altura total da estrutura acima das fundações;

$\sum EI$  — soma dos factores de rigidez de flexão, em fase não fendilhada, de todos os elementos verticais de contraventamento na direcção considerada; se estes elementos não tiverem rigidez constante em altura, deve considerar-se uma rigidez equivalente;

$\sum N$  — soma dos esforços normais ao nível da fundação, não multiplicados pelos factores parciais de segurança  $\gamma_r$ , correspondentes à combinação de acções relativa ao estado limite último em consideração.

Em caso contrário, as estruturas são consideradas como estruturas de nós móveis.

10. Em vigas em T, a largura efectiva do banzo comprimido depende das dimensões da alma e do banzo, do tipo de carregamento, do vão, das condições de apoio e das armaduras transversais.

Em geral, pode admitir-se no cálculo uma largura constante em todo o vão.

A largura efectiva de uma viga em T simétrica pode ser considerada como:

$$b_{ef} = b_w + l_o / 5 < b$$

e, para uma viga de bordo (isto é, com o banzo apenas de um dos lados):

$$b_{ef} = b_w + l_o / 10 < b_1 \text{ (ou } b_2)$$

(no que respeita às notações, ver a Figura 1 e Figura 2).

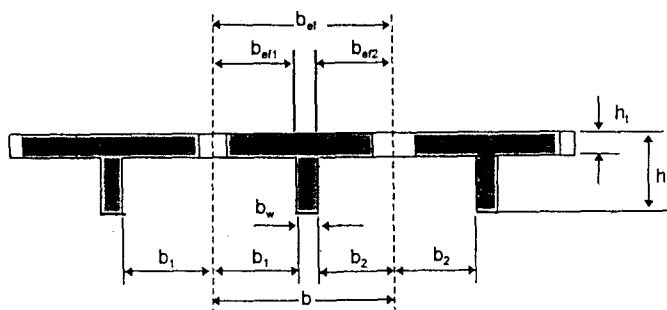


Figura 1. Definição das dimensões

當肋與肋之間放入永久實體時，樑翼之最小厚度可由 50mm 減為 40mm。

八、牆之水平方向長度不應少於其厚度之 4 倍，否則應當作柱構件。

九、當滿足以下條件時，結構體可當作非擺動結構：

$$h_{tot} \sqrt{\frac{\sum N}{\sum EI}} \leq \eta$$

此處  $\eta = 0,2 + 0,1n$ ,  $n$  為 (結構層數) 少於 4, 而  $\eta = 0,6$  則  $n$  等於或大於 4。其他代號注解如下：

$h_{tot}$  地基以上計算之總高度；

$\sum EI$  抗彎剛度之總和，在沒有開裂情況下將所有在考慮方向中之垂直構件剛度相加；當構件剛度隨高度有變化時，應採用一相等剛度計算；

$\sum N$  於地基上之軸向力總和，計算時不考慮極限狀態設計中所用之分項安全係數  $\gamma_f$ 。

當違反以上條件時，結構體可視為擺動結構。

十、T 形樑之樑翼有效寬度決定於其樑腹及樑翼尺寸、荷載情況、跨度、支承狀況及橫向加固。一般可於整跨上採用單一有效寬度。

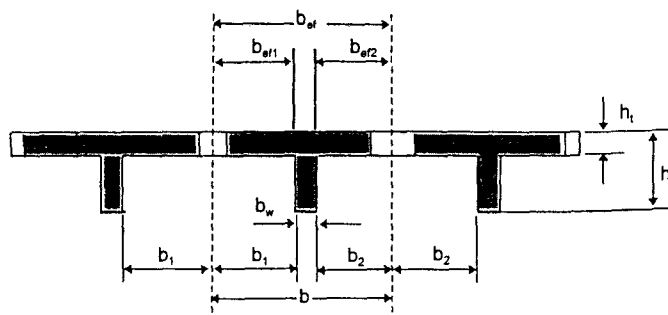
對稱 T 形樑之有效寬度可按以下計算：

$$b_{ef} = b_w + l_o / 5 < b$$

而用於邊樑 (指單邊有翼) 上則如下：

$$b_{ef} = b_w + l_o / 10 < b_1 \text{ (或 } b_2)$$

(所用之代號，見圖一及圖二)。



圖一 尺寸定義



A distância  $l_0$  entre pontos de momento nulo pode, nos casos correntes, ser obtida a partir da Figura 2.

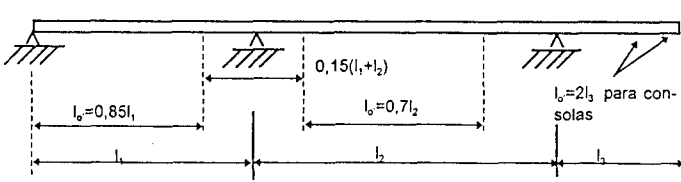


Figura 2. Definição das distâncias  $l_0$ .

Esta figura pressupõe que são satisfeitas as condições seguintes:

- a) o comprimento da consola deve ser inferior a metade do vão adjacente;
- b) a relação dos vãos de dois tramos adjacentes deve situar-se entre 1 e 1,5.

11. O vão efectivo ( $l_{ef}$ ) de um elemento pode ser calculado do modo seguinte:

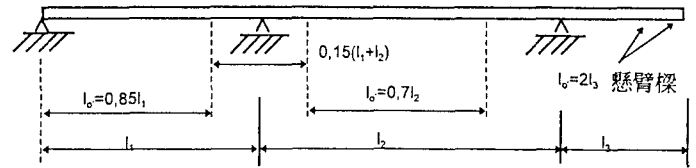
$$l_{ef} = l_n + a_1 + a_2$$

em que :

$l_n$  é a distância livre entre as faces dos apoios;

os valores de  $a_1$  e  $a_2$ , em cada extremidade do vão, podem ser determinados a partir dos valores correspondentes de  $a_i$  indicados na Figura 3.

兩零彎矩之間之長度  $l_0$ ，一般情況可從圖二獲得。



圖二  $l_0'$  長度定義

上圖作以下假設：

- a) 懸臂樑之長度應少於相連延伸之樑跨度之一半；
- b) 兩相接跨度之比例應在 1 至 1.5 之間。

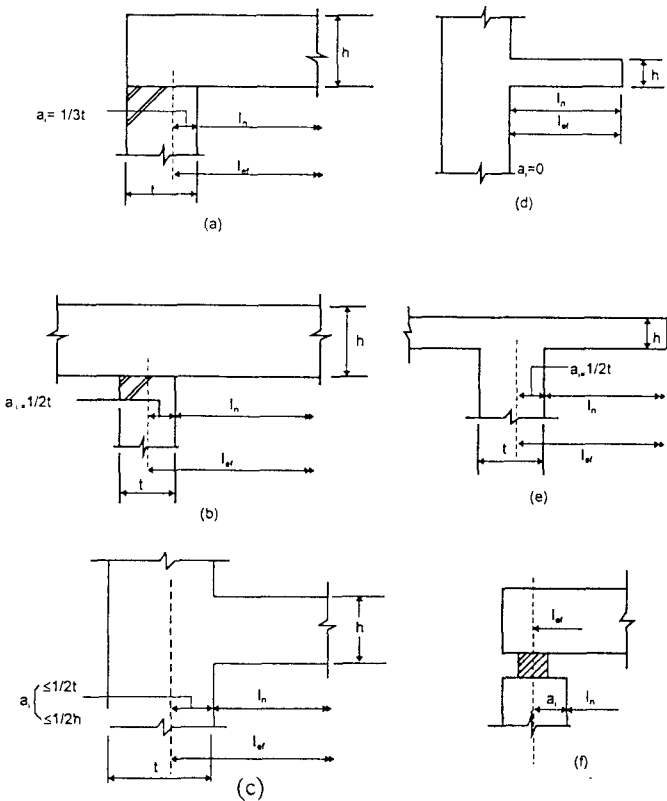
十一、構件之有效跨度 ( $l_{ef}$ ) 可按以下方法計算：

$$l_{ef} = l_n + a_1 + a_2$$

當中：

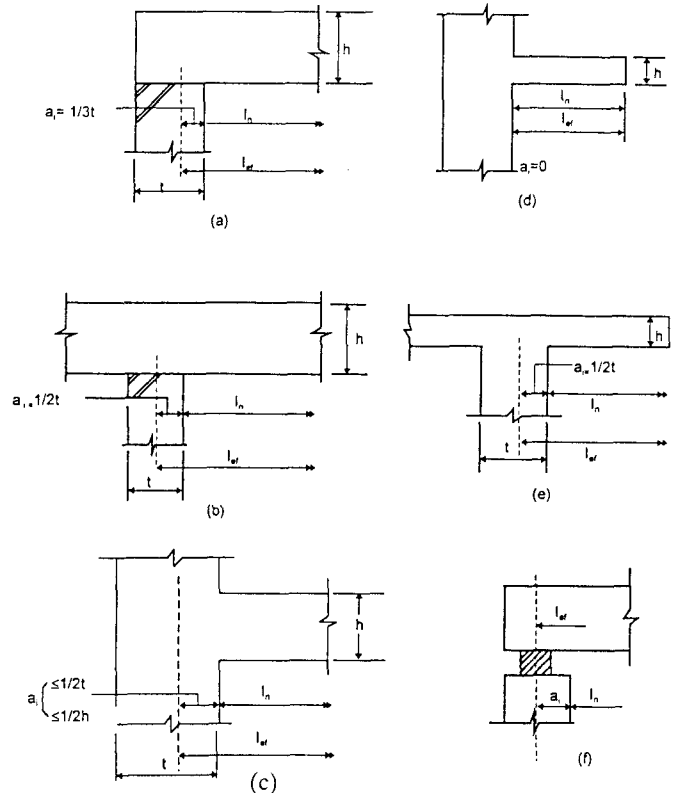
$l_n$  兩支乘之淨跨

跨兩端之值  $a_1$  及  $a_2$ ，可從圖三中所指  $a_i$  值中取得。



- (a) Elementos sem continuidade
- (b) Elementos com continuidade
- (c) Apoios totalmente encastrados
- (d) Consola isolada
- (e) Consola com continuidade
- (f) Caso de aparelho de apoio

Figura 3. Determinação do vão efectivo



- a) 不連續樑
- b) 不連續樑
- c) 固端樑
- d) 懸臂樑
- e) 懸臂連續樑
- f) 支點樑

圖三 有效跨度

## Artigo 16.º

**(Métodos de análise)**

1. Todos os métodos de análise devem satisfazer as condições de equilíbrio. Se as condições de compatibilidade não forem expressamente verificadas para os estados limites considerados, tomar-se-ão medidas para assegurar que, nos estados limites últimos, a estrutura tenha capacidade de deformação suficiente, e que tenha um desempenho satisfatório nas condições de serviço.

Em princípio o equilíbrio é verificado com base na estrutura não deformada. No entanto, nos casos em que as deformações conduzam a um aumento significativo dos esforços, o equilíbrio deve ser verificado considerando a estrutura deformada.

A análise global para as deformações impostas, tais como os efeitos das variações de temperatura e da retracção, pode ser omitida nos casos em que as estruturas estejam divididas, por meio de juntas, com separação adequada.

2. As análises efectuadas em relação aos estados limites de utilização devem ser, em princípio, baseadas na teoria elástica linear. Neste caso, basta normalmente considerar a rigidez dos elementos correspondente à da secção transversal não fendilhada e o módulo de elasticidade de acordo com o artigo 30.º

Os efeitos reológicos isto é, os efeitos da retracção e fluência do betão e da relaxação dos aços, devem ser considerados caso sejam significativos.

Nos casos em que a fendilhação do betão tenha um efeito significativo no comportamento da estrutura ou do elemento considerado, essa fendilhação deve ser considerada na análise.

3. Dependendo da natureza específica da estrutura, do estado limite a considerar e das condições particulares do projecto ou da execução, a análise em relação aos estados limites últimos pode ser elástica linear, com ou sem redistribuição, não linear ou plástica.

O método utilizado deve ser formulado de forma a que, dentro do seu campo de aplicação, se possa atingir o nível de fiabilidade geralmente estipulado no presente regulamento, tendo em conta as incertezas específicas associadas.

Normalmente a aplicação da teoria elástica linear não requer medidas específicas para garantir a ductilidade adequada, desde que se evitem percentagens muito elevadas de armadura nas secções críticas.

## Artigo 17.º

**(Análise de estruturas reticuladas)**

1. Deve ser tomada em consideração a possível influência de uma redistribuição dos momentos nos vários aspectos do dimensionamento, nomeadamente os relativos à flexão, esforço transversal, amarração e interrupção da armadura, e fendilhação.

2. Os momentos flectores calculados com base numa análise elástica linear podem ser redistribuídos desde que a distribuição de momentos daí resultante respeite as condições de equilíbrio com as acções aplicadas.

## 第十六條

## 分析方法

一、所有分析方法應滿足平衡。當所考慮之極限狀態中之相容性條件未被直接驗算時，應提供設施以確保結構體在極限狀態下有足夠之變形能力及在使用時不出現不符合要求之表現。

通常確認平衡係按未變形之結構體為基本。但如因變形而導致顯著增加內力時，平衡應以變形後之結構體計算。

當結構體設有足夠分隔之伸縮縫時，可括免對溫度及收縮效應等強加變形之整體分析。

二、正常使用極限狀態分析，應按線彈性理論為基本。在這情況下，一般採用未開裂之截面剛度值及第三十條中所指之彈性模量值。

當混凝土收縮、蠕變、及鋼筋鬆弛等之流變效應有顯著影響時，應加以考慮。

當混凝土開裂後對結構體或構件之功能有顯著之不利影響時，應加以分析。

三、視乎結構體之特性，在考慮極限狀態及特別之設計或施工情況時，所用之分析方法可分為重分佈與否之線彈性、非彈性、或塑性。

所用之方法應在其適用範圍內，將方法所含之獨特易變加以考慮，以確保本規章所要求之可靠度。

應用線彈性理論一般不需任何特別設施以保證結構有足夠之延展性，只需避免在特別重要之截面上不放置過高之配筋率。

## 第十七條

## 框架分析

一、因彎矩重分佈對設計各方面所產生之影響如彎矩、剪力、鋼筋之錨固及切斷、開裂等，應加以考慮。

二、用線彈性分析所得之彎矩可進行重分佈，只需分佈後與荷載保持平衡則可。

No caso de estruturas reticuladas de nós fixos, em que a relação entre vãos adjacentes de vigas contínuas seja inferior a 2, pode proceder-se a uma redistribuição dos esforços obtidos na hipótese de comportamento elástico perfeito, multiplicando os momentos flectores máximos por coeficientes de redistribuição  $\delta$ , satisfazendo as seguintes condições:

Para betões de classe não superior a B50:

$$\delta \geq 0,44 + 1,25x/d$$

Para betões das restantes classes:

$$\delta \geq 0,56 + 1,25x/d$$

em que  $x$  representa a profundidade da linha neutra na secção em que se reduziu o momento e  $d$  é a altura útil da mesma secção.

Os valores de  $\delta$  são ainda limitados pela seguinte condição:

$$0,75 \leq \delta \leq 1$$

No caso de estruturas de nós móveis não é permitida, em geral, a redistribuição de momentos.

#### Artigo 18.º

##### (Análise de lajes)

1. Este artigo visa fundamentalmente as lajes maciças sujeitas a esforços biaxiais. Pode ser também aplicado a lajes não maciças (lajes nervuradas, vazadas, aligeiradas) se a sua resposta for semelhante à de uma laje maciça, especialmente no que respeita à rigidez de torção.

2. Podem utilizar-se os seguintes métodos de análise:

- a) análise linear com ou sem redistribuição;
- b) análise plástica baseada no método cinemático (limite superior) ou no método estático (limite inferior);
- c) métodos numéricos tendo em conta as propriedades não lineares dos materiais.

3. Para a análise linear com ou sem redistribuição, aplicam-se as mesmas condições indicadas para as vigas.

4. Quando se utiliza análise plástica, a área de armadura de tracção não deve exceder, em qualquer ponto ou em qualquer direcção, um valor correspondente a  $x/d = 0,25$ . Se a determinação for feita por um método estático, a distribuição de momentos considerada não deve diferir sensivelmente da distribuição de momentos elástica; os momentos nos apoios devem ser, pelo menos, metade dos valores dos momentos elásticos, não podendo também ultrapassá-los em mais de 25%. Se a determinação for feita por um método cinemático, a relação entre os momentos no apoio e no vão de lajes encastradas ou contínuas deve apresentar, em módulo, um valor compreendido entre 0,5 e 2,0.

5. A armadura de uma laje sujeita a um campo de momentos pode ser determinada pelo seguinte método:

- a) escolhido um sistema de eixos ortogonais, calculam-se os momentos por unidade de comprimento segundo esses eixos  $m_x$ ,  $m_y$ ,  $m_{xy}$ , tais que  $m_y \geq m_x$ ;

非擺動框架結構之鄰邊樑跨比例少於2時，得按完全彈性假設計算出重分佈，將最大之彎矩值乘上重分佈係數 $\delta$ ，其值需按照以下情況取用：

混凝土級別低於 B50 時

$$\delta \geq 0.44 + 1.25 x / d$$

其他級別

$$\delta \geq 0.56 + 1.25 x / d$$

公式中  $x$  代表重分佈彎矩之截面之中性軸深度， $d$  則指截面之有效深度。

$\delta$  值亦受以下情況所限制：

$$0.75 \leq \delta \leq 1$$

通常擺動框架結構不允許彎矩重分佈。

#### 第十八條

##### 板分析

一、本條主要適用於受雙向應力之實心板，若非實心板（肋板、空心板、格子板）之反應與實心板相近時，特別係指其抗扭剛度，本條亦可適用。

二、可選用以下分析方法：

- a) 有否重分佈之線性分佈；
- b) 基於機動方法（上限）或靜力方法（下限）之塑性分析；
- c) 包括考慮材料之非線性特性之數值分析。

三、有否重分佈之線性分析與樑構件所用之情況相同。

四、當用塑性分析時，不論任何方向或位置受拉力鋼筋之面積均不可導致  $x/d = 0.25$ 。如採用靜力方法時，彎矩分佈與彈性方法所得之結果不可有太大相差，支承彎矩不應少於彈性計算值之二分一，同時亦不可超出其值加 25%。如採用機動方法，懸臂板或連續板之支承彎矩與跨彎矩之比例應在 0.5 至 2.0 之間。

五、受不同彎矩作用下板構件配筋可用以下方法決定：

- a) 選擇一正交軸系統，計算每一軸上之每單位長度彎矩  $m_x$ 、 $m_y$  及  $m_{xy}$ ，同時  $m_y \geq m_x$ ；

b) as armaduras a dispor nas direcções x e y devem ser calculadas para resistirem aos valores de cálculo dos momentos últimos  $m_{udx}$ ,  $m'_{udx}$ ,  $m_{udy}$ ,  $m'_{udy}$ , sendo  $m_{udx}$  e  $m_{udy}$  os momentos que provocam tracções na face inferior da laje e  $m'_{udx}$  e  $m'_{udy}$  os que provocam tracções na face superior da laje;

c) os momentos  $m_{udx}$  e  $m_{udy}$  obtêm-se da seguinte forma:

se  $m_x \geq -|m_{xy}|$   $m_{udx} = m_x + |m_{xy}|$  e  $m_{udy} = m_y + |m_{xy}|$   
 se  $m_x < -|m_{xy}|$   $m_{udx} = 0$  e  $m_{udy} = m_y + m_{xy}^2 / |m_x|$

d) os momentos  $m'_{udx}$  e  $m'_{udy}$  obtêm-se da seguinte forma:

se  $m_y \leq |m_{xy}|$   $m'_{udx} = -m_x + |m_{xy}|$  e  $m'_{udy} = -m_y + |m_{xy}|$   
 se  $m_y > |m_{xy}|$   $m'_{udx} = -m_x + m_{xy}^2 / |m_y|$  e  $m'_{udy} = 0$

Artigo 19.º

(Análise de consolas curtas)

1. As consolas curtas com  $0,4h \leq a \leq h$  (ver a Figura 4) podem ser dimensionadas usando um modelo de simples escoras e tirantes.
2. Para consolas curtas com maior altura de secção ( $a < 0,4h$ ), podem considerar-se outros modelos adequados de escoras e tirantes.
3. As consolas curtas para as quais  $a > h$  podem ser dimensionadas como vigas em consola.
4. A não ser que se tomem medidas especiais para limitar as forças horizontais no apoio, ou que se apresente outra justificação, uma consola curta deve ser dimensionada para a força vertical F, e para uma força horizontal  $H \geq 0,2F$  actuando na área de apoio.

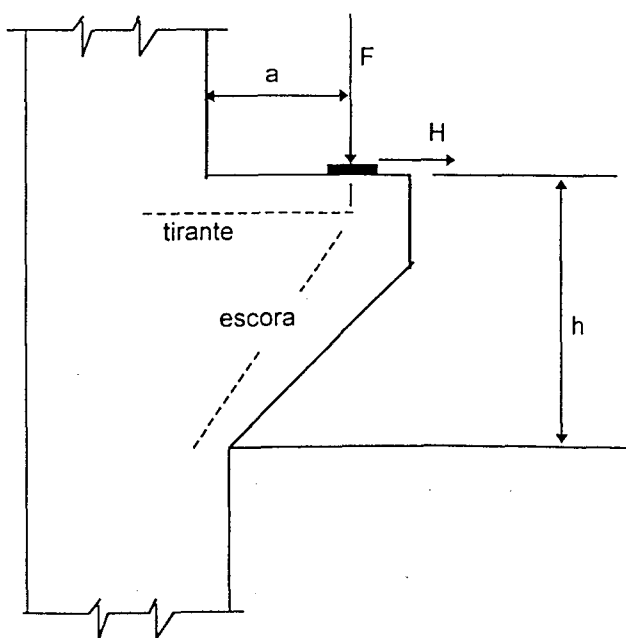


Figura 4. Exemplo de uma consola curta

b) x 及 y 方向之配筋係抗禦設計極限彎矩  $m_{udx}$ 、 $m'_{udx}$ 、 $m_{udy}$  及  $m'_{udy}$ ， $m_{udx}$  及  $m_{udy}$  指令板底部受拉之彎矩而  $m'_{udx}$  及  $m'_{udy}$  則指令板面部受拉之彎矩；

c)  $m_{udx}$  及  $m_{udy}$  計算如下：

若  $m_x \geq -|m_{xy}|$   $m_{udx} = m_x + |m_{xy}|$  及  $m_{udy} = m_y + |m_{xy}|$   
 若  $m_x < -|m_{xy}|$   $m_{udx} = 0$  及  $m_{udy} = m_y + m_{xy}^2 / |m_x|$

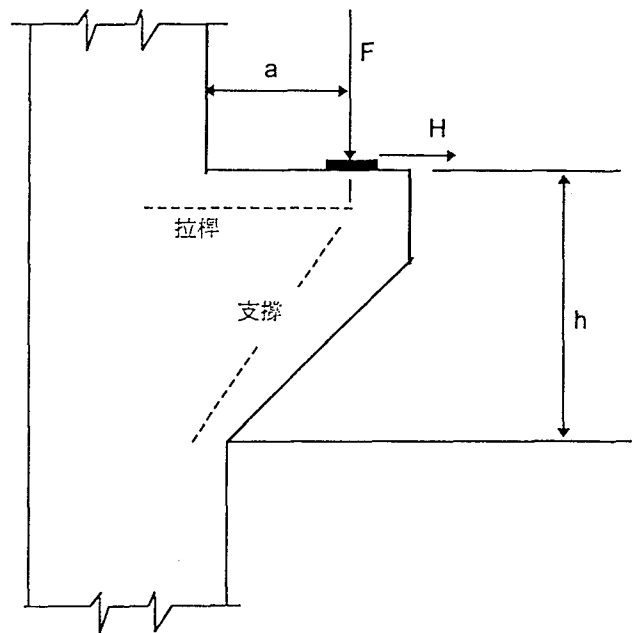
d)  $m'_{udx}$  及  $m'_{udy}$  計算如下：

若  $m_y \leq |m_{xy}|$   $m'_{udx} = -m_x + |m_{xy}|$  及  $m'_{udy} = -m_y + |m_{xy}|$   
 若  $m_y > |m_{xy}|$   $m'_{udx} = -m_x + m_{xy}^2 / |m_y|$  及  $m'_{udy} = 0$

第十九條

牛腿

- 一、當牛腿  $0.4h \leq a \leq h$  (見圖四)，其設計可運用簡單壓桿及拉桿模型。
- 二、較深之牛腿 ( $a < 0.4h$ )，可運用其他適合之壓桿及拉桿模型。
- 三、牛腿中  $a > h$  可按懸臂樑設計。
- 四、如沒有特別設施或其他證明去限制水平力，牛腿應考慮垂直力 F 及水平力 H，而  $H \geq 0.2 F$  作用於支承墊塊上。



圖四 牛腿

## Artigo 20.º

**(Análise de vigas-parede)**

1. As vigas-parede podem ser dimensionadas usando um modelo simples de escoras e tirantes, que tenha em consideração a geometria da viga-parede e o tipo de carregamento.

2. Em certos casos, por exemplo relações mais baixas entre a altura e o vão, cargas distribuídas, mais do que uma carga concentrada, etc., podem usar-se modelos combinados de escoras e tirantes e de treliça.

## Artigo 21.º

**(Análise de estruturas de outros tipos)**

Os critérios utilizados para a determinação dos esforços em estruturas de tipo diferente das consideradas nos artigos anteriores devem ser, em cada caso, convenientemente justificados.

## Artigo 22.º

**(Determinação dos efeitos do pré-esforço)**

1. Este artigo diz respeito a estruturas em que o pré-esforço é realizado por cabos interiores completamente aderentes.

2. Os efeitos a considerar são:

- a) efeitos locais na zona das amarrações e nos locais onde os cabos mudam de direcção;
- b) efeitos directos em estruturas isostáticas;
- c) efeitos directos e efeitos indirectos secundários devidos a ligações superabundantes nas estruturas hiperestáticas.

3. Determinação da força de pré-esforço:

a) As forças instaladas nas armaduras de pré-esforço são variáveis ao longo dessas armaduras e variáveis no tempo.

Podem ser quantificadas a partir da força de pré-esforço na origem,  $P_0'$ , ou seja, o valor da força exercida na armadura, junto ao dispositivo que aplica as forças e no momento desta aplicação.

Do ponto de vista da variabilidade no tempo e para cada secção à distância  $x$  da extremidade, distinguem-se, normalmente, o pré-esforço inicial  $P_0(x)$  e o pré-esforço final  $P_\infty(x)$  como casos particulares do pré-esforço ao fim do tempo  $t$ ,  $P_t(x)$ . O pré-esforço inicial obtém-se do pré-esforço na origem deduzindo-lhe as perdas instantâneas, ou seja, as perdas que se processam antes e durante a transferência das forças dos macacos (ou de dispositivos de amarração exteriores à peça) para os dispositivos de amarração existentes na peça. São perdas deste tipo as devidas a atritos ao longo das armaduras, as devidas à deformação instantânea do betão e as devidas a deformações ou a escorregamentos nos dispositivos de amarração.

O pré-esforço ao fim do tempo  $t$  é obtido do pré-esforço inicial deduzindo-lhe as perdas diferidas que se processam durante o tempo  $t$ , o pré-esforço final corresponde ao pré-esforço existente ao fim de um intervalo de tempo suficientemente longo para que se possa considerar que, praticamente, se processou a totalidade

## 第二十條

## 深樑分析

一、深樑設計可運用簡單壓桿及拉桿模型，需考慮包括深樑之幾何形狀及荷載種類。

二、有些情況，如較低之深度與跨度比例、分佈荷載、超過一個集中荷載等，可運用壓桿及拉桿與桁架組合。

## 第二十一條

## 其他結構類型之分析

與上述各條文所考慮之構件有不同時，計算應力之依據應個別提供足夠證明。

## 第二十二條

## 預應力效應計算

一、本條適用於以黏結式內藏鋼鍵作施加預應力之結構。

二、所需考慮之效應有：

- a) 環繞端錨及鋼鍵方向改變之局部效應；
- b) 在靜定結構上之直接效應；
- c) 在超靜定結構上因多餘約束所造成之直接及次要間接效應。

三、預應力計算：

a) 鋼筋上預應力隨位置及時間變化。

預應力  $P_0'$  可分為原始預應力，即指在施加預應力一刻時所產生在鋼鍵上之應力。

由距離端點  $x$  之截面上，隨時間變化之預應力可稱為起始預應力  $P_0(x)$ ，最終預應力  $P_\infty(x)$ ，及任意指定時間  $t$  之預應力  $P_t(x)$ 。起始預應力由原始預應力扣除瞬時損失，即為從千斤頂（或外放式端錨）至構件內所設端錨之應力傳遞前及傳遞期間所產生之損失，係由整條鋼鍵、混凝土之瞬時變形、端錨變形及滑移導致而成。

任何時間  $t$  之預應力係由起始預應力扣除在該段時間內之不同損失；最終預應力係指經過一段令假設延時損失全部出現之時間後所剩

das perdas diferidas. As principais perdas diferidas a considerar são as devidas à retracção e à fluência do betão e à relaxação das armaduras de pré-esforço.

No que respeita aos limites do pré-esforço inicial e aos métodos de cálculo das perdas, ver anexo 3.

b) Para cálculo em relação aos estados limites de utilização, é necessário ter em conta as possíveis variações do valor de pré-esforço. Os valores característicos da força de pré-esforço para estados limites de utilização calculam-se a partir de:

$$\begin{aligned} P_{k,sup} &= r_{sup} P_{m,t} \\ P_{k,inf} &= r_{inf} P_{m,t} \end{aligned}$$

em que  $P_{k,sup}$  e  $P_{k,inf}$  são, respectivamente, os valores característicos superior e inferior e  $P_{m,t}$  é o valor médio da força de pré-esforço calculado com base nos valores médios das características da deformação e com as perdas calculadas de acordo com o anexo 3. Os coeficientes  $r_{sup}$  e  $r_{inf}$  podem ser considerados como iguais a 1,1 e 0,9, respectivamente, na ausência de uma determinação mais rigorosa, e desde que a soma das perdas devidas ao atrito e aos efeitos reológicos não seja superior a 30% do pré-esforço. Os valores de  $P_{m,t}$  que em geral são utilizados no dimensionamento são:

$P_{m,0}$  — o pré-esforço inicial na idade  $t = 0$

$P_{m,\infty}$  — o pré-esforço depois de ocorrência de todas as perdas.

Os esforços isostáticos e hiperestáticos provocados quando da aplicação do pré-esforço devem ser calculados com base na teoria elástica.

c) Na consideração do estado limite último, o valor de cálculo do pré-esforço é dado por:

$$P_d = \gamma_p P_{m,t}$$

Na análise estrutural,  $\gamma_p$ , factor parcial de segurança da acção, pode ser considerado como igual a 1,0. Ao avaliar o comportamento de uma secção em relação ao estado limite último, a força de pré-esforço que actua sobre a secção é considerada com o valor de cálculo,  $P_d$ . A deformação prévia correspondente a esta força deve ser considerada na avaliação da resistência da secção.  $\gamma_p$  pode ser considerado igual a 1,0 desde que se satisfaçam as duas condições seguintes:

i) não haver mais de 25% de área total da armadura de pré-esforço localizada na zona de compressão da secção;

ii) a tensão na armadura de pré-esforço mais próxima da face traccionada ser superior a  $f_{p0,1k}/\gamma_m$  (em que  $f_{p0,1k}$  é o valor característico da tensão limite convencional de proporcionalidade a 0,1% do aço das armaduras de pré-esforço e  $\gamma_m$  é o factor parcial de segurança relativo ao material e igual a 1,15).

Se estas condições não forem satisfeitas,  $\gamma_p$  deve ser considerado como igual a 0,9 nos casos em que o pré-esforço seja favorável.

餘下之預應力。上述所指之損失主要由混凝土收縮，蠕變及預應力鋼鍵之鬆弛所產生。

有關起始預應力之限制及各種損失之計算方法，可見附件三。

b) 在計算正常使用性時，需要包括可能出現之預應力變化。正常使用極限狀態所用之預應力標準值，可由以下計算：

$$\begin{aligned} P_{k,sup} &= r_{sup} P_{m,t} \\ P_{k,inf} &= r_{inf} P_{m,t} \end{aligned}$$

此處  $P_{k,sup}$  與  $P_{k,inf}$  分別係高標值及低標值， $P_{m,t}$  係預應力平均值，該值應由變形特性平均值及按附件三計算之損失平均值作評估。若無其他更深入計算且因磨擦力及與時間所產生之預應力損失總和不大於起始預應力之 30% 時， $r_{sup}$  及  $r_{inf}$  係數可分別取為 1.1 及 0.9。用在設計之  $P_{m,t}$  值通常係：

$P_{m,0} : t = 0$  之初始預應力平均值

及

$P_{m,\infty}$  : 所有損失完全出現後之最終預應力平均值

所有因預應力所產生之靜定及超靜定內應力應用彈性理論計算。

c) 在考慮極限狀態時，預應力設計值應為

$$P_d = \gamma_p P_{m,t}$$

用於結構分析時，分項安全係數  $\gamma_p$  可取為 1.0。用於設計極限狀態之截面時，施加在截面上之預應力應為  $P_d$ 。由預應力所導致之預應變在計算截面強度時應加以考慮。當能滿足以下兩種情況時， $\gamma_p$  可取為 1.0：

i) 在極限狀態時，不超過 25% 之預應力鋼筋之總面積係位於受壓區；

ii) 在極限狀態時，位於最接近受拉面預應力鋼筋之應力大於  $f_{p0,1k}/\gamma_m$  ( $f_{p0,1k}$  係預應力鋼筋之規定非比例伸長應力 (0.1%) 之標準值， $\gamma_m$  係材料分項安全係數，可取為 1.15)。

如不依從上述情況，當預應力效應係有利時， $\gamma_p$  應取為 0.9。

d) Para ter em conta os efeitos locais em relação ao estado limite último, a força de pré-esforço deve ser considerada como sendo igual ao valor característico da resistência das armaduras.

#### Artigo 23.º

##### (Determinação dos efeitos da deformação diferida do betão)

1. A precisão dos métodos para determinação dos efeitos da fluência e da retracção do betão deve ser compatível com a fiabilidade dos dados disponíveis relativos à descrição destes fenómenos e com a importância dos seus efeitos no estado limite considerado.

2. Em geral, os efeitos da fluência e da retracção devem ser considerados apenas para os estados limites de utilização.

3. As hipóteses seguintes podem ser adoptadas para estimar de modo aceitável o comportamento de uma secção de betão desde que as tensões sejam mantidas dentro dos limites correspondentes às condições de serviço normais:

- a) a fluência e a retracção são independentes;
- b) admite-se uma relação linear entre a fluência e a tensão que a provoca;
- c) os efeitos não uniformes de temperatura ou humidade são desprezados;
- d) admite-se que o princípio da sobreposição se aplica às acções que ocorrem em idades diferentes;
- e) as hipóteses anteriores também se aplicam ao betão tracionado.

4. Para análise dos efeitos da deformação diferida do betão, ver o artigo 31.º

#### Artigo 24.º

##### (Modelos físicos)

Poder-se-ão utilizar modelos físicos em projecto, para análise do comportamento da estrutura no todo ou em parte, desde que os ensaios experimentais sejam realizados por técnicos ou instituições de reconhecida competência nesta actividade, recorrendo a técnicas de ensaio apropriadas.

### CAPÍTULO VI

#### Materiais e suas propriedades

#### SECÇÃO I

#### A - Betão

#### Artigo 25.º

##### (Generalidades)

Os betões a utilizar devem satisfazer as condições estabelecidas na NB e devem obedecer ao estipulado no artigo 26.º do presente regulamento.

d) 在考慮極限狀態下之局部效應時，設計預應力應與預應力鋼鍵之標準強度相等。

#### 第二十三條

##### 混凝土延時變形效應計算

一、計算混凝土蠕變及收縮效應方法之準確度應與有關該現象之資料及相應之極限狀態下之效應之重要性一致。

二、通常蠕變及收縮應只在正常使用極限狀態中考慮。

三、當混凝土截面應力在正常使用情況下，能保持在相關之界限內時，得採用以下假設來評估混凝土截面表現：

- a) 蠕變與收縮變互獨立；
- b) 蠕變與導致蠕變之應力之關係可以線性表示；
- c) 不均勻溫度及濕度之效應不需考慮；
- d) 不同齡期中出現之作用可以重疊原理計算；
- e) 以上假設亦適用於受拉混凝土。

四、有關混凝土延時變形效應分析，可見第三十一條。

#### 第二十四條

##### 實物模型

分析結構之整體或局部表現可利用實物模型，該實驗應經由一公認之技術員或組織以適當之方法進行。

### 第六章

#### 材料及其性質

#### 第一節

#### A —— 混凝土

#### 第二十五條

##### 總則

混凝土之使用應達到由 NB 所建立之使用條件，同時亦應遵從本規章第二十六條之規定。

## Artigo 26.º

## (Classes de betões)

1. As classes de betões a considerar são as indicadas no Quadro 1, no qual são também especificados os mínimos a satisfazer pelos valores característicos da tensão de rotura à compressão do betão, definida no artigo 27.º

Quadro 1. Classes de betões

Designação da classe	Valor característico mínimo da tensão de rotura à compressão do betão, $f_{ck}$ , com a idade de 28 dias (MPa)	
	Provetes cilíndricos <sup>(1)</sup>	Provetes cúbicos <sup>(2)</sup>
B15	12	15
B20	16	20
B25	20	25
B30	24	30
B35	28	35
B40	32	40
B45	36	45
B50	40	50
B55	45	55
B60	50	60

<sup>(1)</sup> Cilindros com 150 mm de diâmetro e 300 mm de altura.

<sup>(2)</sup> Cubos com 150 mm de aresta.

2. Não devem ser utilizados betões de classe inferior a B20 em elementos de betão armado.

3. Não devem ser utilizados betões de classe inferior a B30 em elementos de betão pré-esforçado.

## Artigo 27.º

## (Tensão de rotura à compressão)

A tensão de rotura à compressão do betão é expressa em termos da resistência característica, definida como o valor da população das resistências do betão especificado que é atingido com a probabilidade de 95%. A resistência deve ser determinada de acordo com a ISO 4012 em cubos de 150 mm ( $f_{ck,cubo}$ ) ou cilindros de 150/300 mm ( $f_{ck,cyl}$ ) com a idade de 28 dias, de acordo com a ISO 1920, fabricados e curados conforme a ISO 2736.

Tem por vezes interesse considerar a variação da tensão de rotura do betão com a idade. O conhecimento desta variação deve ser obtido por via experimental, dada a multiplicidade de factores influentes e que são específicos de cada betão.

## Artigo 28.º

## (Tensão de rotura à tracção)

Para as aplicações previstas no presente regulamento, os valores médios e característicos a adoptar para a tensão de rotura do betão à tracção simples aos 28 dias,  $f_{ctm}$  e  $f_{ctk}$ , correspondentes às

## 第二十六條

## 混凝土強度等級

一、混凝土強度等級可考慮表一中之分級方法，此表中同時亦規定應滿足第二十七條所定義之混凝土抗壓強度之最小標準值。

表一 混凝土強度等級

設計強度等級	28 日抗壓強度之最小標準值, $f_{ck}$ (MPa)	
	圓柱試體 <sup>(1)</sup>	方塊試體 <sup>(2)</sup>
B15	12	15
B20	16	20
B25	20	25
B30	24	30
B35	28	35
B40	32	40
B45	36	45
B50	40	50
B55	45	55
B60	50	60

<sup>(1)</sup> 圓柱試體之直徑為 150 mm 及高 300 mm。

<sup>(2)</sup> 方塊試體邊長 150 mm。

二、鋼筋混凝土結構構件不宜採用低於 B20 之混凝土強度等級。

三、預應力混凝土結構構件不宜採用低於 B30 之混凝土強度等級。

## 第二十七條

## 混凝土抗壓強度

混凝土抗壓強度係採用抗壓標準值來表示，其定義為依照標準試驗方法具有 95% 保證率之混凝土壓縮抵抗值。其抵抗值之決定應按照 ISO4012 標準，採用 28 日齡期之 150 mm ( $f_{ck,cubo}$ ) 邊長之方塊試體或 150/300 mm ( $f_{ck,cyl}$ ) 之圓柱試體進行試驗，同時試體之製作及養護亦應符合 ISO2736。

在某些情況下，欲考慮抗壓強度與混凝土齡期間之變化時，該種變化之計算可透過實驗之方法，對每種混凝土定出數種不同之影響係數。

## 第二十八條

## 混凝土抗拉強度

本規章中所應用之混凝土抗拉強度平均值  $f_{ctm}$  及標準值  $f_{ctk}$ ，為採用混凝土於 28 日齡期下之拉力破壞應力值。



classes de betões definidas no artigo 26.º, devem ser os indicados no Quadro 2.

Quadro 2. Valores médio e característico da tensão de rotura do betão à tracção simples,  $f_{ctm}$  e  $f_{ctk}$  (MPa)

Classe do betão	B15	B20	B25	B30	B35	B40	B45	B50	B55	B60
$f_{ctm}$	1,6	1,9	2,2	2,5	2,8	3,0	3,3	3,5	3,8	4,1
$f_{ctk}$	1,1	1,3	1,5	1,8	2,0	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9

Os valores indicados para  $f_{ctm}$ , foram obtidos pela seguinte expressão:

$$f_{ctm} = 0,30 f_{ck,cyl}^{2/3}$$

em que as tensões são expressas em megapascal e  $f_{ck,cyl}$  representa o valor característico da tensão de rotura por compressão, referida a provetes cilíndricos.

Os valores de  $f_{ctk}$  são da ordem de 0,7 dos valores de  $f_{ctm}$  (correspondentes ao quantilho de 5%). Em casos especiais em que seja necessário utilizar o valor característico superior da tensão de rotura à tracção (correspondente ao quantilho de 95%), tal valor pode ser estimado por  $1,3 f_{ctm}$ .

Artigo 29.º

**(Valores de cálculo das tensões de rotura)**

Os valores de cálculo da tensão de rotura do betão à compressão,  $f_{cd}$ , são definidos a partir dos correspondentes valores característicos, referidos a provetes cilíndricos, dividindo estes valores por um factor parcial de segurança  $\gamma_c$  tomado igual a 1,5. Os valores de cálculo da tensão de rotura do betão à tracção,  $f_{ctd}$ , são definidos de modo idêntico a partir dos correspondentes valores característicos indicados no artigo 28.º

No Quadro 3 são apresentados os valores de cálculo assim obtidos para as diferentes classes de betões.

Quadro 3. Valores de cálculo das tensões de rotura do betão à compressão e à tracção,  $f_{cd}$  e  $f_{ctd}$  (MPa)

Classe do betão	B15	B20	B25	B30	B35	B40	B45	B50	B55	B60
$f_{cd}$	8,0	10,7	13,3	16,0	18,7	21,3	24,0	26,7	30,0	33,3
$f_{ctd}$	0,73	0,87	1,00	1,20	1,33	1,40	1,53	1,67	1,80	1,93

Artigo 30º

**(Módulo de elasticidade e coeficiente de Poisson)**

1. Os valores médios do módulo de elasticidade aos 28 dias de idade a considerar para os betões das classes definidas no artigo 26.º devem ser os indicados no Quadro 4.

As constantes elásticas quantificadas neste artigo destinam-se, obviamente, ao tratamento dos problemas estruturais que envolvem deformações em regime de funcionamento que se possa considerar praticamente elástico. São conseqüentemente valores que interessam em geral às verificações de segurança em relação a estados limites de utilização.

對應於第二十六條所定義不同強度等級混凝土之抗拉強度，應取表二所指定之數值。

表二 混凝土抗拉強度平均值  $f_{ctm}$  及標準值  $f_{ctk}$  (MPa)

混凝土強度等級	B15	B20	B25	B30	B35	B40	B45	B50	B55	B60
$f_{ctm}$	1.6	1.9	2.2	2.5	2.8	3.0	3.3	3.5	3.8	4.1
$f_{ctk}$	1.1	1.3	1.5	1.8	2.0	2.1	2.3	2.5	2.7	2.9

表二中所列之抗拉強度平均值  $f_{ctm}$  可由下式求得：

$$f_{ctm} = 0.30 f_{ck,cyl}^{2/3}$$

於此式中所有應力單位均以 MPa 表示，而  $f_{ck,cyl}$  為圓柱試體之混凝土抗拉強度標準值。

$f_{ctk}$  之值為  $f_{ctm}$  之 0.7 倍 (此為具有 5% 之保證率之抵抗值)。在某些特別情況下，若需採用較大之抗拉強度標準值 (此為具有 95% 之保證率之抵抗值)，則可採用  $1.3 f_{ctm}$  來評估。

**第二十九條**

**混凝土強度設計值**

混凝土抗壓強度設計值  $f_{cd}$  定義係採用圓柱試體抗壓強度標準值除以一分項安全係數  $\gamma_c$ 。混凝土抗拉強度設計值  $f_{ctd}$  定義係採用第二十八條所述之抗拉強度標準值除以分項安全係數  $\gamma_c$ 。此處  $\gamma_c$  均為 1.5。

對不同強度等級之混凝土強度設計值將列示於表三中。

表三 混凝土抗壓強度設計值  $f_{cd}$  及抗拉強度設計值  $f_{ctd}$  (MPa)

混凝土強度等級	B15	B20	B25	B30	B35	B40	B45	B50	B55	B60
$f_{cd}$	8.0	10.7	13.3	16.0	18.7	21.3	24.0	26.7	30.0	33.3
$f_{ctd}$	0.73	0.87	1.00	1.20	1.33	1.40	1.53	1.67	1.80	1.93

**第三十條**

**混凝土彈性模量及泊松比**

一、第二十六條所定義不同強度等級之混凝土，其 28 日齡期之混凝土彈性模量平均值可考慮表四之數值。

本條中所述之彈性模量常數係結構物產生彈性變形時所採用，所以此彈性模量值一般與正常使用極限狀態之安全性確定有關。

O valor médio do módulo de elasticidade do betão aos *j* dias de idade,  $E_{c,j}$ , pode em geral ser estimado a partir do valor médio da tensão de rotura à mesma idade,  $f_{cm,j}$ , pela expressão:

$$E_{c,j} = 9,5^3 \sqrt{f_{cm,j}}$$

em que  $E_{c,j}$  é expresso em gigapascal e  $f_{cm,j}$ , expresso em megapascal, é referido a provetes cilíndricos.

Os valores que figuram no Quadro 4 foram obtidos pela expressão anterior, tendo-se considerado que, para a idade de 28 dias, se pode adoptar  $f_{cm,28} = f_{ck,cyl} + 8$ , sendo as tensões expressas em megapascal e referidas a provetes cilíndricos.

Note-se que os valores considerados correspondem a módulos de elasticidade secantes, definidos para níveis de tensão da ordem de 0,4 do valor característico da tensão de rotura; para níveis de tensão da ordem de 0,1  $f_{ck}$ , deve adoptar-se um módulo de elasticidade 10% superior ao módulo secante anteriormente referido.

No caso de deformações muito rápidas, os valores do módulo de elasticidade a adoptar podem ser estimados aumentando 25% os valores obtidos de acordo com o anteriormente indicado; se as deformações forem lentas, há que ter devidamente em conta os efeitos da fluência do betão.

2. O valor do coeficiente de Poisson,  $\nu$ , está compreendido entre 0,2 e 0; o primeiro valor refere-se a deformações em fase não fendilhada e o segundo é de admitir quando se considere que o betão traccionado está fendilhado. Nas aplicações correntes pode, em geral, tomar-se  $\nu = 0,2$ .

Quadro 4. Valores médios do módulo de elasticidade do betão,  $E_{c,28}$  (GPa)

Classe do betão	B15	B20	B25	B30	B35	B40	B45	B50	B55	B60
$E_{c,28}$	26.0	27.5	29.0	30.0	31.5	32.5	33.5	34.5	36.0	37.0

混凝土第 *j* 天齡期之彈性模量平均值  $E_{c,j}$ ，一般可由相同齡期之強度平均值  $f_{cm,j}$  求得，其表達式為

$$E_{c,j} = 9.5^3 \sqrt{f_{cm,j}}$$

此處  $E_{c,j}$  單位以 Gpa 表示，而  $f_{cm,j}$  為圓柱試體之強度平均值並以 MPa 表示。

於表四中所列之彈性模量皆根據上式，並考慮 28 日齡期之混凝土強度而求得，當中並採用式  $f_{cm,28} = f_{ck,cyl} + 8$ ，而  $f_{ck}$  為圓柱試體之抗壓強度標準值，單位以 MPa 表示。

然而正割彈性模量係以 0.4 倍強度標準值 ( $0.4f_{ck}$ ) 之應力水平來定義，對應力水平為  $0.1f_{ck}$  時，其彈性模量應採用高於先前所提及之正割彈性模量之 10%。

當應變於瞬間出現時，彈性模量值可根據先前所提及之彈性模量提高 25% 採用；倘若應變緩慢出現時則應適當地考慮混凝土蠕變效應。

二、泊松比係數  $\nu$  之範圍係 0 到 0.2 之間，其中第一個數值  $\nu = 0.2$  為考慮變形時並不允許裂縫出現時採用，而第二個數值  $\nu = 0$  為允許混凝土承受張力下產生裂縫。一般而言，設計時可取  $\nu = 0.2$ 。

表四 28日混凝土彈性模量平均值  $E_{c,28}$  (GPa)

混凝土強度等級	B15	B20	B25	B30	B35	B40	B45	B50	B55	B60
$E_{c,28}$	26.0	27.5	29.0	30.0	31.5	32.5	33.5	34.5	36.0	37.0

Artigo 31.º

(Fluência e retracção)

1. A deformação total no instante *t*,  $\epsilon_c(t)$ , de um elemento de betão carregado uniaxialmente no instante  $t_0$  com uma tensão constante  $\sigma_c(t_0)$ , pode ser obtida por:

$$\begin{aligned} \epsilon_c(t) &= \epsilon_{ci}(t_0) + \epsilon_{cc}(t) + \epsilon_{cs}(t) + \epsilon_{cT}(t) \\ &= \epsilon_{cc}(t) + \epsilon_{cn}(t) \end{aligned}$$

em que:

$\epsilon_{ci}(t_0)$  é a deformação instantânea no carregamento

$\epsilon_{cc}(t)$  é a deformação de fluência no instante  $t > t_0$

$\epsilon_{cs}(t)$  é a deformação de retracção

$\epsilon_{cT}(t)$  é a deformação térmica

$\epsilon_{cc}(t)$  é a deformação dependente da tensão:  $\epsilon_{cc}(t) = \epsilon_{ci}(t_0) + \epsilon_{cc}(t)$

第三十一條

蠕變與收縮

一、混凝土構件於時間  $t_0$  下承受恆量應力  $\sigma_c(t_0)$  之單向荷載下，於時間 *t* 之總應變量  $\epsilon_c(t)$ ，可由下式求得。

$$\begin{aligned} \epsilon_c(t) &= \epsilon_{ci}(t_0) + \epsilon_{cc}(t) + \epsilon_{cs}(t) + \epsilon_{cT}(t) \\ &= \epsilon_{c\sigma}(t) + \epsilon_{cn}(t) \end{aligned}$$

此處：

$\epsilon_{ci}(t_0)$  為荷載作用下瞬間之應變量

$\epsilon_{cc}(t)$  為時間  $t > t_0$  應由蠕變產生之應變量

$\epsilon_{cs}(t)$  為收縮產生之應變量

$\epsilon_{cT}(t)$  為受熱產生之應變量

$\epsilon_{c\sigma}(t)$  為與應力有關之應變量：

$$\epsilon_{c\sigma}(t) = \epsilon_{ci}(t_0) + \epsilon_{cc}(t)$$

$\epsilon_{cn}(t)$  é a deformação independente da tensão:  $\epsilon_{cn}(t) = \epsilon_{cs}(t) + \epsilon_{cT}(t)$

2. O modelo de fluência e retração do betão a seguir apresentado estima o comportamento médio das secções transversais de betão, sendo válido para estruturas correntes de betão das classes B15 a B60, sujeitas a tensões inferiores a 40% da tensão média de rotura na idade em que forem aplicadas as cargas, expostas a humidades relativas do ambiente entre 40% e 100% e temperaturas médias entre 5°C e 30°C.

O modelo de fluência pode também ser aplicado a betão em tracção, embora as expressões que se apresentam tenham sido estabelecidas a partir da informação disponível de ensaios de fluência em compressão.

3. Fluência

a) Hipóteses e expressões de base

Para tensões no betão que satisfaçam a condição  $|\sigma_c| < 0,4 f_{cm}(t_0)$ , a fluência é proporcional à tensão aplicada.

Para uma tensão constante aplicada no instante  $t_0$ , a deformação é assim obtida por:

$$\epsilon_{cc}(t, t_0) = \frac{\sigma_c(t_0)}{E_{c,28}} \phi(t, t_0)$$

em que:

$\phi(t, t_0)$  é o coeficiente de fluência

$E_{c,28}$  é o módulo de elasticidade aos 28 dias de idade

A deformação dependente da tensão  $\epsilon_{cs}(t, t_0)$  pode ser obtida por:

$$\epsilon_{cs}(t, t_0) = \sigma_c(t_0) \left[ \frac{1}{E_c(t_0)} + \frac{\phi(t, t_0)}{E_{c,28}} \right] = \sigma_c(t_0) J(t, t_0)$$

em que:

$J(t, t_0)$  é a função de fluência, representando a deformação total dependente de tensões, por unidade de tensão

$E_c(t_0)$  é o módulo de elasticidade no instante de carregamento  $t_0$

Para tensões variáveis no tempo, aceita-se o princípio da sobreposição de efeitos.

De acordo com as hipóteses de base e as definições apresentadas, as relações constitutivas do betão podem escrever-se da seguinte forma:

$$\epsilon_c(t) = \sigma_c(t_0) J(t, t_0) + \int_{t_0}^t J(t, \tau) \frac{\partial \sigma_c(\tau)}{\partial \tau} d\tau + \epsilon_{cn}(t)$$

$\epsilon_{cn}(t)$  為與應力無關之應變量：

$$\epsilon_{cn}(t) = \epsilon_{cs}(t) + \epsilon_{cT}(t)$$

二、對混凝土之蠕變及收縮模式，下列將提出對混凝土橫截面之行爲作出評估，而該適用於結構物之混凝土強度等級在 B15 至 B60 間，並且結構物於荷載作用下所承受之應力應小於相應齡期之強度平均值之 40%，以及周圍環境之相對濕度為 40%~100% 和平均溫度為 5°C~30°C 之間。

混凝土之蠕變模式雖然可由張力作用於混凝土而引起，然而也可經由有效之試驗資料建立由壓力作用所產生混凝土之蠕變量。

三、蠕變

a) 基本假設與表達式

對在混凝土中能滿足  $|\sigma_c| < 0.4 f_{cm}(t_0)$  此條件之應力，其蠕變量為正比於外加應力。

對時間  $t_0$  內不斷外加之應力，收縮應變量可按下式計算：

$$\epsilon_{cc}(t, t_0) = \frac{\sigma_c(t_0)}{E_{c,28}} \phi(t, t_0)$$

此處：

$\phi(t, t_0)$  蠕變係數

$E_{c,28}$  混凝土 28 日齡期之彈性模量

然而，當考慮與應力有關之應變量  $\epsilon_{cs}(t, t_0)$  可由下式計算：

$$\epsilon_{cs}(t, t_0) = \sigma_c(t_0) \left[ \frac{1}{E_c(t_0)} + \frac{\phi(t, t_0)}{E_{c,28}} \right] = \sigma_c(t_0) J(t, t_0)$$

此處：

$J(t, t_0)$  蠕變函數，代表由單一應力所產生與應力有關之總應變量。

$E_c(t_0)$  荷載於時間  $t_0$  作用下之瞬間彈性模量。

隨時間改變之應力，可根據重疊原理求其效應。

根據先前之基本假設及定義，混凝土蠕變之組成關係式可由下列形式表達：

$$\epsilon_c(t) = \sigma_c(t_0) J(t, t_0) + \int_{t_0}^t J(t, \tau) \frac{\partial \sigma_c(\tau)}{\partial \tau} d\tau + \epsilon_{cn}(t)$$

## b) Coeficiente de fluência

O coeficiente de fluência pode ser calculado por:

$$\phi(t, t_0) = \phi_0 \beta_c(t - t_0)$$

em que:

$\phi_0$  é o valor de referência do coeficiente de fluência

$\beta_c$  é a função que traduz o desenvolvimento da fluência ao longo do tempo

$t$  é a idade do betão em dias

$t_0$  é a idade do betão quando do carregamento, corrigida tendo em conta o tipo de cimento e a temperatura ambiente durante a cura.

O valor de referência do coeficiente de fluência pode ser obtido por:

$$\phi_0 = \phi_{RH} \beta(f_{cm}) \beta(t_0)$$

com:

$$\phi_{RH} = 1 + \frac{1 - RH/RH_0}{0,46(h/h_0)^{1/3}}$$

$$\beta(f_{cm}) = \frac{5,3}{(f_{cm}/f_{cm0})^{0,5}}$$

$$\beta(t_0) = \frac{1}{0,1 + (t_0/t_1)^{0,2}}$$

em que:

$h$  é a espessura fictícia da secção (mm) =  $2A_c/u$ , em que  $A_c$  é a área da secção transversal e  $u$  é o perímetro da secção em contacto com o ambiente;

$f_{cm}$  é a resistência média à compressão do betão aos 28 dias de idade (MPa);

$$f_{cm0} = 10 \text{ MPa};$$

$RH$  é a humidade relativa do ambiente (%);

$$RH_0 = 100\%;$$

$$h_0 = 100 \text{ mm};$$

$$t_1 = 1 \text{ dia}.$$

O desenvolvimento da fluência ao longo do tempo é dado por:

$$\beta_c(t - t_0) = \left[ \frac{(t - t_0)/t_1}{\beta_H + (t - t_0)/t_1} \right]^{0,3}$$

com:

$$\beta_H = 150 \left\{ 1 + \left[ 1,2 \frac{RH}{RH_0} \right]^{18} \right\} \frac{h}{h_0} + 250 \leq 1500$$

em que:

$$t_1 = 1 \text{ dia};$$

$$RH_0 = 100\%;$$

$$h_0 = 100 \text{ mm}.$$

## b) 蠕變係數

蠕變係數可透過下式計算：

$$\phi(t, t_0) = \phi_0 \beta_c(t - t_0)$$

此處：

$\phi_0$  蠕變係數參考值

$\beta_c$  長期作用下，蠕變生成函數式

$t$  混凝土齡期，以日數為單位

$t_0$  受荷重作用時之混凝土齡期，可根據水泥之種類及養護期間周圍環境之溫度進行修正。

蠕變係數參考值可由下列方式求得：

$$\phi_0 = \phi_{RH} \beta(f_{cm}) \beta(t_0)$$

其中：

$$\phi_{RH} = 1 + \frac{1 - RH/RH_0}{0,46(h/h_0)^{1/3}}$$

$$\beta(f_{cm}) = \frac{5,3}{(f_{cm}/f_{cm0})^{0,5}}$$

$$\beta(t_0) = \frac{1}{0,1 + (t_0/t_1)^{0,2}}$$

此處：

$h$  為斷面之假想厚度 (mm) =  $2A_c/u$ ，此處  $A_c$  為橫斷面面積及  $u$  為此橫斷面積之周長；

$f_{cm}$  為混凝土 28 日齡期之抗壓強度平均值 (MPa)；

$$f_{cm0} = 10 \text{ MPa};$$

$RH$  為周圍環境之相對濕度 (%);

$$RH_0 = 100\%;$$

$$h_0 = 100 \text{ mm};$$

$$t_1 = 1 \text{ 日}.$$

長期作用下，蠕變生成函數為：

$$\beta_c(t - t_0) = \left[ \frac{(t - t_0)/t_1}{\beta_H + (t - t_0)/t_1} \right]^{0,3}$$

其中：

$$\beta_H = 150 \left\{ 1 + \left[ 1,2 \frac{RH}{RH_0} \right]^{18} \right\} \frac{h}{h_0} + 250 \leq 1500$$

此處：

$$t_1 = 1 \text{ 日};$$

$$RH_0 = 100\%;$$

$$h_0 = 100 \text{ mm}.$$

c) Efeito do tipo de cimento e temperatura durante a cura

O efeito do tipo de cimento no coeficiente de fluência pode ser considerado por uma correcção fictícia da idade de carregamento  $t_0$ , de acordo com a seguinte expressão:

$$t_0 = t_{0,T} \left[ \frac{9}{2 + (t_{0,T} / t_{1,T})^{1.2}} + 1 \right]^\alpha \geq 0,5 \text{ dias}$$

em que:

$t_{0,T}$  é a idade do betão no carregamento;

$t_{1,T} = 1$  dia;

$\alpha$  é o expoente dependente do tipo de cimento e que toma os valores:

- 1 para cimentos de endurecimento lento;
- 0 para cimentos de endurecimento normal e rápido;
- 1 para cimentos de endurecimento rápido com elevada resistência inicial.

d) Efeito de tensões elevadas

Para tensões no betão no intervalo de 40% a 60% da tensão média de rotura na idade de aplicação das cargas a não linearidade da fluência do betão pode ser considerada pelas seguintes expressões:

$$\begin{aligned} \phi_{0,k} &= \phi_0 \exp [\alpha_\sigma (k_\sigma - 0,4)] && \text{para } 0,4 < k_\sigma \leq 0,6 \\ \phi_{0,k} &= \phi_0 && \text{para } k_\sigma \leq 0,4 \end{aligned}$$

em que:

$\phi_{0,k}$  é o valor de referência do coeficiente não linear de fluência;

$k_\sigma = |\sigma_c| / f_{cm}(t_0)$  que é a razão tensão / deformação;

$\alpha_\sigma = 1,5$ .

4. Retracção

A retracção total  $\epsilon_{cs}(t, t_s)$  pode ser obtida por:

$$\epsilon_{cs}(t, t_s) = \epsilon_{cs0} \beta_s (t - t_s)$$

em que:

$\epsilon_{cs0}$  é o valor de referência da retracção;

$\beta_s$  é a função que traduz a evolução da retracção no tempo;

$t$  é a idade do betão (dias);

$t_s$  é a idade do betão (dias) no início do intervalo de tempo de contagem da retracção.

c) 水泥品種及養護期間溫度變化之影響

由於水泥品種不同而對蠕變係數之影響，可考慮對荷載作用時之混凝土齡期  $t_0$  進行修正，其修正方法可根據以下之表達式進行：

$$t_0 = t_{0,T} \left[ \frac{9}{2 + (t_{0,T} / t_{1,T})^{1.2}} + 1 \right]^2 \geq 0.5 \text{ 日}$$

此處：

$t_{0,T}$  受荷重作用時之混凝土齡期；

$t_{1,T} = 1$  日；

$\alpha$  為指數且取決於不同種類之水泥而採用，其值可取：

- 1 水泥硬化速度較慢時採用；
- 0 水泥硬化速度為一般及迅速時採用；
- 1 水泥硬化速度迅速及有提升初始強度時採用。

d) 應力提升之影響

在荷載作用下所承受之應力為相應齡期之強度平均值之40%~60%間，則混凝土之蠕變為非線性，可以下列之表達式作考慮：

$$\phi_{0,k} = \phi_0 \exp[\alpha_\sigma (k_\sigma - 0.4)] \text{ 適用於 } 0.4 < k_\sigma \leq 0.6$$

$$\phi_{0,k} = \phi_0 \text{ 適用於 } k_\sigma \leq 0.4$$

此處：

$\phi_{0,k}$  非線性蠕變係數參考值；

$k_\sigma = |\sigma_c| / f_{cm}(t_0)$  此為應力 / 應變之比值；

$\alpha_\sigma = 1.5$ 。

四、收縮

總收縮量  $\epsilon_{cs}(t, t_s)$  可用以下式求得：

$$\epsilon_{cs}(t, t_s) = \epsilon_{cs0} \beta_s (t - t_s)$$

此處：

$\epsilon_{cs0}$  收縮參考值；

$\beta_s$  隨著時間之收縮演變函數；

$t$  混凝土齡期 (日)；

$t_s$  計算混凝土收縮之起始時間之混凝土齡期 (日)。

O valor de referência da retracção pode obter-se por:

$$\varepsilon_{cs0} = \varepsilon_s(f_{cm}) \beta_{RH}$$

com:

$$\varepsilon_s(f_{cm}) = [160 + 10 \beta_{sc} (9 - f_{cm} / (f_{cm0}))] \times 10^{-6}$$

em que:

$f_{cm}$  é a resistência média à compressão do betão aos 28 dias de idade (MPa);

$$f_{cm0} = 10 \text{ MPa};$$

$\beta_{sc}$  é um coeficiente que depende do tipo de cimento e que toma os valores:

4 para cimentos de endurecimento lento;

5 para cimentos de endurecimento normal e rápido;

8 para cimentos de endurecimento rápido com elevada resistência inicial;

$$\beta_{RH} = -1,55 \beta_{SRH} \quad \text{para} \quad 40\% \leq RH < 99\%;$$

$$\beta_{RH} = +0,25 \quad \text{para} \quad RH \geq 99\%.$$

$$\beta_{SRH} = 1 - \left( \frac{RH}{RH_0} \right)^3$$

em que:

RH é a humidade relativa do ambiente (%);

$$RH_0 = 100\%.$$

A evolução da retracção ao longo do tempo é dada por:

$$\beta_s(t - t_s) = \left[ \frac{(t - t_s) / t_1}{350(h / h_0)^2 + (t - t_s) / t_1} \right]^{0,5}$$

em que:

$h$  é a espessura fictícia da secção (mm), em que  $A_c$  é a área da secção transversal e  $u$  é o perímetro da secção em contacto com o ambiente;

$$t_1 = 1 \text{ dia};$$

$$h_0 = 100 \text{ mm}.$$

Artigo 32.º

### (Coeficiente de dilatação térmica)

Para efeitos de cálculo, quando não se disponha de informação específica do betão a utilizar, pode considerar-se este coeficiente igual a  $10 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ .

然而，收縮參考值可由下式求得：

$$\varepsilon_{cs0} = \varepsilon_s(f_{cm}) \beta_{RH}$$

其中：

$$\varepsilon_s(f_{cm}) = [160 + 10 \beta_{sc} (9 - f_{cm} / (f_{cm0}))] \times 10^{-6}$$

此處：

$f_{cm}$  混凝土 28 日齡期之平均抗壓強度 (MPa)；

$f_{cm0} = 10 \text{ MPa}$ ；

$\beta_{sc}$  取決於不同種類水泥之係數，其值可取：

4 水泥硬化速度較慢時採用；

5 水泥硬化速度為一般及迅速時採用；

8 水泥硬化速度迅速及有提升初始強度時採用；

$$\beta_{RH} = -1,55 \beta_{SRH} \quad \text{適用於} \quad 40\% \leq RH < 99\%$$

$$\beta_{RH} = +0,25 \quad \text{適用於} \quad RH \geq 99\%$$

$$\beta_{SRH} = 1 - \left[ \frac{RH}{RH_0} \right]^3$$

此處：

RH 為周圍環境之相對濕度 (%)；

$$RH_0 = 100\% ; .$$

對於長期時間下收縮演變函數可考慮為：

$$\beta_s(t - t_s) = \left[ \frac{(t - t_s) / t_1}{350(h / h_0)^2 + (t - t_s) / t_1} \right]^{0,5}$$

此處：

$h$  為斷面之假想厚度 (mm)，此處  $A_c$  為橫斷面面積及  $u$  為此橫斷面積之周長；

$$t_1 = 1 \text{ 日}；$$

$$h_0 = 100 \text{ mm} .$$

### 第三十二條

### 熱膨脹係數

倘若並無有關混凝土熱膨脹之特定資料供使用時，則在計算時可考慮熱膨脹係數為  $10 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ 。

Artigo 33.º

第三十三條

(Relações tensões-extensões de cálculo)

混凝土應力應變關係設計式

1. O diagrama tensões-extensões do betão, obtido experimentalmente, pode ser substituído por um diagrama idealizado.
2. As relações tensões-extensões de cálculo do betão à compressão, a considerar na determinação dos valores de cálculo dos esforços resistentes para a verificação da segurança de elementos em relação aos estados limites últimos de resistência e de encurvadura que não envolvam fadiga, devem em geral ser as indicadas na Figura 5.

- 一、混凝土應力應變關係圖可透過實驗求得，同時亦可由一理想關係圖代替。
- 二、在考慮構件強度或不涉及疲勞效應之挫曲極限狀態安全確定時，混凝土受壓應力應變關係設計式一般應依圖五之顯示。

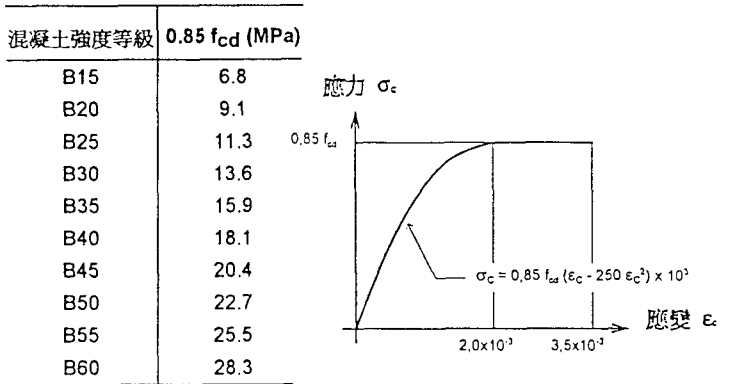
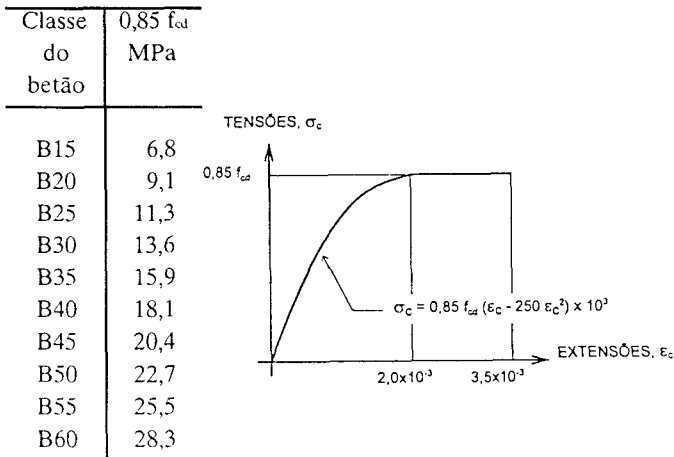


Figura 5. Relações tensões-extensões de cálculo do betão à compressão

圖五 混凝土應力應變關係

A limitação do valor máximo da tensão nas relações tensões-extensões de cálculo a 0,85 f<sub>cd</sub> pretende ter em conta uma possível diminuição da tensão de rotura do betão quando sujeito prolongadamente a tensões elevadas.

假設考慮當承受拉伸而應力提高導致混凝土強度降低時，其應力應變關係設計式中之最大應力限值為 0.85 f<sub>cd</sub>

SECÇÃO II

第二節

Armaduras ordinárias

普通鋼筋

Artigo 34.º

第三十四條

(Características gerais)

一般特性

1. Este artigo aplica-se a varões redondos, simples ou constituindo redes electrossoldadas, utilizados como armaduras em estruturas de betão.
2. Os varões redondos a utilizar devem satisfazer as condições estabelecidas na Norma de Varões de Aços para Armaduras Ordinárias (NA) e devem obedecer ao estipulado no artigo 35.º do presente regulamento.
3. As redes electrossoldadas utilizadas como armaduras devem obedecer aos requisitos dimensionais das Normas ASTM A185-85 e A497-86.
4. No caso particular de redes electrossoldadas, que podem ser simples ou duplas, consoante, em dada direcção, os varões estejam isolados ou agrupados aos pares, o diâmetro dos varões não deve exceder 12 mm nem ser inferior a 3 mm e o seu espaçamento não deve ser inferior a 50 mm.

- 一、本條適用於在一般混凝土結構使用之鋼筋，盤卷鋼筋或經焊接之鋼筋網。
- 二、盤卷鋼筋之使用應能滿足“鋼筋混凝土用熱軋鋼筋標準”(NA)，並應遵從本規章第三十五條之規定。
- 三、焊接鋼筋網所採用之鋼筋，應符合ASTM A185-85及A497-86標準之設計要求。
- 四、於某些情況中，在水平方向上鋼網可採用單層或雙層形式，而其鋼筋可採用單筋或束筋組成鋼網，鋼筋直徑則不應大於 12 mm 及不應小於 3mm，與及鋼筋間距不應小於 50 mm。

Artigo 35.º

(Classes de armaduras ordinárias)

1. As classes de armaduras ordinárias a considerar são as indicadas no Quadro 5, no qual são também especificados os mínimos a satisfazer pela resistência característica e extensão após rotura de armaduras ordinárias.

Quadro 5. Classes de armaduras ordinárias

Classe	$f_{syk}$ (MPa)	Extensão após rotura (%)
A235	235	22
A335	335	16
A400	400	14
A500	500	10

2. As armaduras devem possuir marcas indeléveis que permitam a sua fácil identificação em obra.

Artigo 36.º

(Módulo de elasticidade)

O módulo de elasticidade das armaduras ordinárias deve ser tomado igual a 200 GPa.

Artigo 37.º

(Relações tensões-extensões de cálculo)

1. As relações tensões-extensões de cálculo dos aços referidos no Quadro 5, a considerar na determinação dos valores de cálculo dos esforços resistentes para a verificação da segurança de elementos em relação aos estados limites últimos de resistência e de encurvadura que não envolvam fadiga, devem, em geral, ser as indicadas na Figura 6, em que  $f_{syd}$  é o valor de cálculo da tensão de cedência ou da tensão limite convencional de proporcionalidade a 0,2% em tracção; o valor de  $f_{syed}$  pode ser considerado igual a  $f_{syd}$ .

Os valores de cálculo  $f_{syd}$  e  $f_{syed}$  são obtidos dos correspondentes valores característicos dividindo-os por um factor parcial de segurança  $\gamma_s$  tomado igual a 1,15.

Classe	$f_{syd}$ (MPa)
A235	204
A335	291
A400	348
A500	435

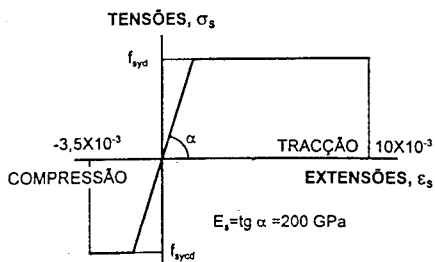


Figura 6. Relações tensões-extensões de cálculo dos aços

第三十五條

普通鋼筋之級號

一、表五指出可考慮使用之普通鋼筋級號，相應之最小強度標準值及斷裂後之總伸長率。

表五 普通鋼筋等級

等級	$f_{syk}$ (MPa)	斷裂後伸長率 (%)
A235	235	22
A335	335	16
A400	400	14
A500	500	10

二、鋼筋應標上不能消除之記號以易於工作時予以區別。

第三十六條

彈性模量

普通鋼筋之彈性模量應取值為 200 GPa。

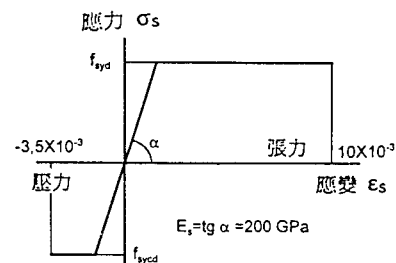
第三十七條

應力 - 應變設計關係

一、在考慮構件強度或不涉及疲勞效應之挫曲極限狀態安全確定時，表五所述之鋼筋之應力應變關係設計式一般應依圖六之顯示，此處  $f_{syd}$  為受拉屈服應力或非比例伸長應力 (0.2%) 之設計值； $f_{syed}$  值可設定與  $f_{syd}$  相同。

$f_{syd}$  及  $f_{syed}$  由相應之標準值除以分項安全係數後得出，分項安全係數  $\gamma_s$  為 1.15。

級號	$f_{syd}$ (MPa)
A235	204
A335	291
A400	348
A500	435



圖六 鋼筋應力應變關係



2. As relações tensões-extensões anteriormente estabelecidas podem ser substituídas por outras relações, desde que estas sejam convenientemente justificadas e respeitem os mesmos critérios de segurança utilizados no estabelecimento das relações definidas no n.º 1 deste artigo.

#### Artigo 38.º

##### (Aderência)

De acordo com a sua superfície, e tal como definido na NA, os varões podem ser lisos ou nervurados. Os varões nervurados são considerados de alta-aderência. Os varões lisos são considerados de aderência normal.

No artigo 76.º são indicados os valores de cálculo da tensão de aderência para varões lisos e nervurados. Para tipos de varões que não satisfaçam as exigências de geometria referidas na NA, podem utilizar-se valores da tensão de aderência baseados em ensaios e devidamente justificados.

### SECÇÃO III

#### Armaduras de pré-esforço

#### Artigo 39.º

##### (Características gerais)

1. As armaduras de pré-esforço devem ser caracterizadas pelo seu processo de fabrico, pela sua constituição e pelas suas propriedades mecânicas e de aderência.

2. A determinação das características das armaduras deve ser efectuada de acordo com as normas e recomendações da RILEM, CEB, FIP e ISO.

Quanto ao processo de fabrico, as armaduras são em geral obtidas por endurecimento a frio (nomeadamente por estiragem ou trefilagem), acompanhado habitualmente de tratamentos térmicos e mecânicos destinados a melhorar as suas propriedades.

As armaduras de pré-esforço podem ser constituídas por fios, varões ou cordões, ou por associação de fios ou cordões paralelos (cabos em feixe), ou ainda por associação de cordões dispostos em hélice em torno de um eixo longitudinal comum (cabos em cordão). A distinção entre fio e varão está ligada à possibilidade de fornecimento em rolos, e é feita habitualmente pelo diâmetro de 12 mm; por cordão entende-se um conjunto de fios enrolados em hélice em torno de um eixo longitudinal comum, podendo este eixo ser materializado por um fio.

No que se refere às propriedades mecânicas, torna-se necessário conhecer o diagrama tensões-extensões (ou forças-deformações), para o que é em geral suficiente conhecer o módulo de elasticidade, as tensões convencionais de proporcionalidade a 0,01%, 0,1% e 0,2%, a tensão de rotura e a extensão uniforme; além disso, há que determinar a extensão após rotura e o comportamento em ensaios de dobragem alternada ou de torção simples. Outra propriedade mecânica cujo conhecimento é importante é a relaxação, sendo habitual distinguir entre aços de relaxação normal e aços de baixa relaxação (obtidos estes por tratamentos especiais). Dependendo do tipo de sistema de pré-esforço pode ser necessário ter em conta outras propriedades, tais como,

二、對以上所建立之應力 - 應變關係式可以其他較為易於修正之應力 - 應變關係式代替，而該關係式應根據本條第一款所定義之安全標準而建立。

#### 第三十八條

##### 握裹力

根據 NA 標準之規定，鋼筋之表面可分為光面或帶肋。帶肋鋼筋為高握裹力鋼筋，光面圓鋼筋為普通握裹力鋼筋。

本規章第七十六條指出光面鋼筋及帶肋鋼筋之握裹計算值。不符合 NA 標準中之幾何要求之鋼筋，其握裹力可通過測試並加以適當修正來決定。

#### 第三節

##### 預應力鋼筋

#### 第三十九條

##### 一般特性

一、預應力鋼筋之特性可分為預應力鋼筋之生產程序、組成特性、力學性能以及其握裹能力等。

二、預應力鋼筋特性之決定可根據 RILEM、CEB、FIP及 ISO等標準及建議加以進行。

一般而言，預應力鋼筋之生產過程係採用冷拉碎硬法(通常係透過冷拔或冷壓方式進行)，在生產過程中通常採用熱處理程序及機械處理程序一起進行，用以提高其力學性能。

預應力鋼筋之組成通常可分為預應力鋼線、預應力鋼棒、或預應力鋼絞線，又或以多條鋼線或多條鋼絞線平行捆扎而成(即鋼索束)，又或以多條鋼絞線環繞一共同縱向軸作螺旋形捆扎而成(即鋼絞索束)。然而預應力鋼線及預應力鋼棒間之差別在於鋼線為盤卷連續式供應，以及一般採用 12 mm 直徑；鋼絞線實為採用數條鋼線捆扎一起，並以中心之一條鋼線作為共同縱向軸以螺旋形式環繞此軸絞緊而成。

要了解預應力鋼材之力學性能，應知道其應力應變關係圖(或力 - 變形關係圖)。一般而言，由該關係圖能得到彈性模量、到達 0.01%、0.1% 及 0.2% 之規定非比例伸長應力、破壞應力及伸長量；此外，還應知道其破壞後之伸長量及彎曲或純扭試驗之表現。要了解其他力學特性，較為重要者為鋼材之鬆弛，通常可區分為一般鬆弛鋼材及低鬆弛鋼材(可經由特殊處理得到)。對於不同種類之預應力系統同時亦應對某方面之鋼材特性作考慮，例如鋼材之可焊

por exemplo, a aptidão para a soldadura e a possibilidade de formação de betões ou ondulações terminais para amarração. Em alguns casos, há também que caracterizar as armaduras quanto à resistência à fadiga e quanto à sensibilidade à corrosão sob tensão.

Interessa ainda ter em conta as propriedades de aderência, não só no caso das armaduras pré-tensionadas, para transmissão do pré-esforço ao betão, como, em geral, para melhorar o comportamento face a eventual fendilhação.

#### Artigo 40.º

##### (Módulo de elasticidade)

O valor do módulo de elasticidade a adoptar para as armaduras de pré-esforço deve ser baseado em determinações experimentais. Nos casos, porém, em que não seja necessário grande rigor no conhecimento desta grandeza, pode-se tomar o valor de 200 GPa.

#### Artigo 41.º

##### (Relaxação)

A relaxação das armaduras de pré-esforço, que depende fundamentalmente da tensão inicial aplicada e da temperatura, deve ser determinada por ensaios que permitam obter os valores necessários para o dimensionamento. Em geral, os ensaios devem ser efectuados para tensões iniciais de 0,6, 0,7 e 0,8 da tensão de rotura e para a temperatura de 20°C.

A caracterização das armaduras de pré-esforço no que se refere à relaxação é frequentemente feita apenas pela indicação dos valores de relaxação até às 1 000 h.

Quando haja necessidade de estimar valores de relaxação ao fim de um tempo  $t_2$ , superior a 100 h, a partir de valores correspondentes a um tempo  $t_1$ , não menor que 1 000 h, pode-se recorrer à seguinte expressão:

$$\frac{\Delta\sigma_{pt1,r}}{\Delta\sigma_{pt2,r}} = \left(\frac{t_1}{t_2}\right)^\beta$$

em que:

$\Delta\sigma_{pt2,r}$  perda de tensão ao fim do tempo  $t_2$ ;

$\Delta\sigma_{pt1,r}$  perda de tensão ao fim do tempo  $t_1$ ;

$\beta$  expoente cujo valor depende do tipo de aço e da tensão inicial e pode situar-se entre 0,15 e 0,25; na falta de dados mais precisos é suficiente considerá-lo igual a 0,20.

Para estimar o valor da relaxação a tempo infinito, pode aplicar-se a expressão anterior considerando  $t_2 = 10^5$  h.

Quando não se disponha de resultados experimentais e não seja necessário grande rigor, poder-se-ão admitir, no caso de a tensão inicial ser igual a 0,7 da tensão de rotura, os seguintes valores de relaxação a tempo infinito, expressos em percentagem da tensão inicial:

性及混凝土硬固或鋼材錨固時起伏之可能性。於一般情況中，同時亦應了解鋼材在疲勞下之特性及在承受應力下鋼材對侵蝕之敏感性。

一般而言，為改良表面裂縫出現之情況，應考慮能將預應力傳遞到混凝土中之握裹性能。該情況不單於使用先拉法施工時考慮，並應在其他施工中考慮。

#### 第四十條

##### 彈性模量

預應力鋼筋彈性模量之採用應根據實驗決定。倘若設計時對此值並沒有太嚴格之要求，則其值可取 200 GPa。

#### 第四十一條

##### 鋼筋之鬆弛

預應力鋼筋之鬆弛應根據實驗方法，於初始應力施加及於固定溫度下，在一定時間內求取其長度方面之變化。一般而言，試驗所採用之初始應力為抗拉強度之 0.6、0.7 及 0.8 倍，而溫度則以 20°C 為準。

對預應力鋼筋頻繁性之鬆弛現象，僅需以實驗方法求取其到達 1000 小時之鬆弛量作為評估經常性鬆弛現象。

若有需要評估任何大於 100 小時 ( $t_2$ ) 之鬆弛量時，可由實驗方法得出大於 1000 小時 ( $t_1$ ) 之鬆弛量作為評估依據，並可透過以下表達式求得：

$$\frac{\Delta\sigma_{pt1,r}}{\Delta\sigma_{pt2,r}} = \left(\frac{t_1}{t_2}\right)^\beta$$

此處：

$\Delta\sigma_{pt2,r}$  於時間  $t_2$  經由鬆弛引起之應力損失（即鬆弛量）；

$\Delta\sigma_{pt1,r}$  於時間  $t_1$  經由鬆弛引起之應力損失；

$\beta$  冪，其值取決於鋼材之種類及初始應力之大小，並可採用 0.15 至 0.25 之間；然而若需要較為精確之計算時可考慮採用 0.2。

對評估時間為無窮之鬆弛量時，可以採用以上表達式並考慮  $t_2 = 10^5$  小時 (h) 作計算。

若沒有確實之實驗數據及要求並不嚴格時，對初始應力為 0.7 倍抗拉強度時，允許採用下列數值作為時間於無窮時之鬆弛量，此數值以初始應力之百分比為表達方式：

Aços de relaxação normal	15%
Aços de baixa relaxação	6%

一般鬆弛之鋼材	15%
低鬆弛之鋼材	6%

Para outros valores da tensão inicial, inferiores porém a 0,8 da tensão de rotura, pode-se ainda estimar a relaxação de modo simplificado, admitindo que esta tem uma variação linear e que se anula para uma tensão inicial igual a 0,5 da tensão de rotura.

Finalmente, convém chamar a atenção para que a relaxação aumenta significativamente com a temperatura. Quando nas aplicações a temperatura for bastante superior a 20°C (tomada como de referência nos ensaios correntes), há que ter tal facto em consideração, sendo então conveniente utilizar aços de baixa relaxação.

Artigo 42.º

#### (Relações tensões-extensões de cálculo)

1. As relações tensões-extensões de cálculo das armaduras de pré-esforço, a considerar na determinação dos valores de cálculo dos esforços resistentes para a verificação da segurança de elementos em relação aos estados limites últimos de resistência e de encurvadura que não envolvam fadiga, devem ser obtidas a partir do diagrama tensões-extensões característico por uma minoração traduzida por um factor parcial de segurança  $\gamma_s = 1,15$  aplicada segundo uma afinidade paralela à recta que define o comportamento elástico.

2. As relações tensões-extensões de cálculo definidas de acordo com o estipulado neste artigo podem ser substituídas por relações simplificadas desde que os resultados obtidos concordem satisfatoriamente com os resultados do emprego das relações indicadas e se situem do lado da segurança.

Ao contrário da orientação seguida para as armaduras ordinárias, não se fixam os diagramas de cálculo para as armaduras de pré-esforço. Este procedimento justifica-se em face da variedade de formas de diagramas tensões-extensões que estas armaduras apresentam, podendo uma tipificação geral levar a erros consideráveis nas aplicações. No entanto, e desde que seja garantida a segurança estabelecida no artigo, podem ser usados diagramas simplificados.

## TÍTULO II

### Verificação da segurança

#### CAPÍTULO I

#### Verificação da segurança em relação aos estados limites últimos de resistência

#### SECÇÃO I

#### Regras de verificação da segurança

Artigo 43.º

#### (Generalidades)

A verificação da segurança em relação aos estados limites últimos de resistência que não envolvem fadiga deve em geral ser feita em termos de esforços. No caso das lajes, quando seja utili-

對其他低於 0.8 倍抗拉強度之初始應力，仍可採用簡化方式評估鬆弛量，並且初始應力低至 0.5 倍抗拉強度之範圍內，允許考慮鬆弛量之改變為線性變化。

最後，應注意鋼材之鬆弛量會隨著溫度上升而明顯增加。故當作用之溫度大於 20°C 時 (該溫度為實驗時所採用之參考溫度)，則應視實際情況作考慮，並且最好採用低鬆弛鋼材。

## 第四十二條

### 應力應變設計關係式

一、預應力鋼筋之應力應變設計關係式，對不涉及疲勞狀態下強度及挫曲方面之承載能力極限狀態，在確定構件安全性之抵抗力設計值時可考慮該應力應變關係式。而其標準應力應變關係圖應採用一分項安全係數  $\gamma_s = 1.15$  來加以折減，並根據直線平行關係來定義彈性行爲。

二、根據本條所定義之應力應變設計關係式可用簡化關係式來代替，而該簡化式之結果不單能滿足應力應變關係之結果，亦同時為處於偏向安全之一方。

預應力鋼筋與一般鋼筋不同之處，在於預應力鋼筋並沒有一固定之應力應變關係設計圖，主要係因為該類預應力鋼筋有多種不同之形式應力應變關係圖，倘若採用固定一種應力應變作設計圖時，可能會導致於應用時出現錯誤。然而，於設計時若能保證其安全性，則可採用簡化關係圖。

## 第二編

### 安全性之確認

#### 第一章

#### 承載能力極限狀態下強度方面之安全性確定

#### 第一節

#### 安全性確定之規則

## 第四十三條

### 總則

當不考慮疲勞效應時，承載能力極限狀態下強度方面之安全性應通過內力來確定。一般而言，當板結構利用塑

zada a análise plástica, a verificação da segurança deve, em princípio, ser formulada em termos de acções.

#### Artigo 44.º

##### (Verificação da segurança em termos de esforços)

1. A verificação da segurança em termos de esforços consiste em satisfazer a condição seguinte:

$$S_d \leq R_d$$

em que:

$S_d$  valor de cálculo do esforço actuante;

$R_d$  valor de cálculo do esforço resistente.

Os valores de cálculo dos esforços actuantes devem ser determinados de acordo com os critérios estabelecidos no capítulo V e considerando as combinações de acções e os factores parciais de segurança  $\gamma_i$  especificados no RSA para os estados limites últimos que não envolvam perda de equilíbrio ou fadiga.

Porém, o factor parcial de segurança  $\gamma_g$  relativo às acções permanentes pode ser reduzido até 1,2, no caso da acção do pré-esforço, excepto se os efeitos desta acção forem os predominantes na verificação da segurança, em que deve ser tomada o valor de 1,35 especificada no RSA.

2. Os valores de cálculo dos esforços resistentes devem ser determinados de acordo com as teorias de comportamento estabelecidas no presente capítulo, onde são apresentadas regras relativas aos diversos tipos de esforço, tendo em conta os valores de cálculo das propriedades dos materiais definidos no capítulo VI.

#### Artigo 45.º

##### (Verificação da segurança em termos de acções)

No caso das lajes, quando seja utilizada análise plástica, a verificação da segurança consiste em satisfazer a condição de o valor de cálculo das acções ser inferior ao valor de cálculo da resistência expressa em termos de acções.

## SECÇÃO II

### Esforços resistentes

#### Artigo 46.º

##### (Esforços normais e de flexão)

1. A determinação do valor de cálculo dos esforços resistentes das secções de elementos sujeitos a tracção, compressão e flexão simples ou, ainda, a flexão composta ou desviada deve ser feita admitindo as seguintes hipóteses:

a) As secções mantêm-se planas na deformação;

b) O betão não resiste à tracção;

c) As relações tensões-extensões de cálculo a adoptar para o betão, armaduras ordinárias e de pré-esforço são as indicadas respectivamente nos artigos 33.º, 37.º e 42.º;

性分析時，其安全性應通過計算反求其所能承受之外加作用來確定。

#### 第四十四條

##### 以內力確定安全性

一、以內力確定安全性需滿足以下情況：

$$S_d \leq R_d$$

此處：

$S_d$  為外加作用力設計值；

$R_d$  為抵抗能力設計值。

計算外加作用力值時，應按第五章內所定立之標準及 RSA 規範，在不考慮失穩或勞損破壞之極限狀態時所用組合及分項安全系數  $\gamma_f$ 。

當考慮預應力作用時，永久作用之分項安全系數  $\gamma_g$  可減至 1.2，若其效應係作為確定安全之主要因素，該分項安全系數則應按 RSA 所規定，取為 1.35。

二、抵抗能力設計值應按本章所建立之理論進行計算，以不同內力種類作表示，並應考慮包括第六章中所述之材料性能設計值。

#### 第四十五條

##### 以作用確定安全性

當採用塑性分析板結構時，其安全確定條件應滿足以作用表示之抵抗能力設計值不少於外加作用設計值。

## 第二節

### 抵抗能力

#### 第四十六條

##### 軸心及彎矩內力

一、計算構件截面之抗拉、拉壓、抗純彎、抗復合彎曲、或抗雙向彎曲能力設計值應用下列假設：

a) 截面應變保持平面；

b) 不考慮混凝土之抗拉強度；

c) 混凝土、鋼筋、與預應力筋之應力與應變關係雙曲線分別在第三十三條、第三十七條及第四十二條中列明；

d) A extensão máxima de encurtamento no betão é limitada a  $3,5 \times 10^{-3}$ , excepto quando toda a secção estiver sujeita a tensões de compressão, situação em que tal valor limite varia gradualmente entre  $3,5 \times 10^{-3}$  e  $2 \times 10^{-3}$ , correspondendo este último valor ao caso em que as extensões são uniformes em toda a secção;

e) A extensão máxima de alongamento das armaduras é limitada a  $10 \times 10^{-3}$ , valor este que, no caso de armaduras de pré-esforço, deve ser contado a partir do valor da extensão nessas armaduras correspondente ao valor característico do pré-esforço instalado.

2. No que diz respeito à flexão desviada, simples ou composta, o problema da determinação dos esforços resistentes pode ser resolvido de modo aproximado, utilizando uma fórmula de interacção do tipo:

$$\left( \frac{M_{Rd,x}}{M_{Rd,xo}} \right)^\alpha + \left( \frac{M_{Rd,y}}{M_{Rd,yo}} \right)^\alpha = 1$$

em que:

$M_{Rd,x}$ ,  $M_{Rd,y}$  componentes, segundo 2 eixos ortogonais  $x$  e  $y$  da secção, do momento resistente de cálculo em flexão desviada, composta com um esforço normal resistente de cálculo  $N_{Rd}$ ;

$M_{Rd,xo}$ ,  $M_{Rd,yo}$  momento resistente de cálculo segundo cada um dos referidos eixos em flexão não desviada, composta com o mesmo esforço normal resistente de cálculo  $N_{Rd}$ ;

$\alpha$  expoente cujo valor depende de vários factores, nomeadamente do valor do esforço normal, da forma da secção e da percentagem de armadura; no caso de secções rectangulares com armaduras iguais nas 4 faces, pode-se tomar  $\alpha = 1,2$ ; em qualquer caso, é do lado de segurança tomar  $\alpha = 1$ .

3. Na análise de uma secção que tenha de resistir à flexão e a um pequeno esforço normal, o efeito deste pode ser desprezado se não exceder o produto de  $0,08 f_{ck}$  pela área da secção.

#### Artigo 47.º

##### (Esforço transversal)

1. O disposto neste artigo aplica-se a vigas e lajes dimensionadas à flexão de acordo com o artigo anterior, bem como a elementos pré-esforçados e pilares com esforços transversos significativos dimensionados com o artigo anterior e o artigo 51.º

2. Em geral, deve utilizar-se uma armadura mínima de esforço transversal, mesmo nos casos em que os cálculos indiquem que tal armadura não é necessária. Este mínimo pode ser omitido em elementos, tais como lajes, (maciças, nervuradas, vazadas), que tenham suficiente capacidade de distribuição transversal de cargas e que não estejam sujeitos a forças de tracção significativas. A armadura de esforço transversal mínima também pode ser omitida em elementos de pequena importância (por exemplo, um lintel

d) 混凝土受壓之極限應變為  $3.5 \times 10^{-3}$ ，對整個截面非均勻受壓時，其極限應變應逐漸從  $3.5 \times 10^{-3}$  至  $2.0 \times 10^{-3}$  變化，後者之數值相等於均勻受壓構件之極限應變；

e) 鋼筋受拉極限應變為  $10 \times 10^{-3}$ ，用於預應力筋時，應採用所施之預應力標準值相應產生在該筋上之應變。

二、有關雙向彎曲、純彎曲、或復合彎曲之計算截面抗彎強度之問題可用近似方法，採用下列類型之互動方程式：

$$\left( \frac{M_{Rd,x}}{M_{Rd,xo}} \right)^\alpha + \left( \frac{M_{Rd,y}}{M_{Rd,yo}} \right)^\alpha = 1$$

此處：

$M_{Rd,x}$ ,  $M_{Rd,y}$  雙向彎曲或與一正向力  $N_{Rd}$  之復合彎曲之設計抗彎強度，分成  $x$ ,  $y$  正交軸之分量；

$M_{Rd,xo}$ ,  $M_{Rd,yo}$  非雙向彎曲或非與一正向力  $N_{Rd}$  之復合彎曲之設計抗彎強度，分成  $x$ ,  $y$  正交軸之分量；

$\alpha$  冪，其值隨不同因數而定，一般包括正向力值，截面幾何形狀及配筋率；當在矩形截面四邊之配筋相同時， $\alpha$ 可取為 1.2；其它情況為安全起見， $\alpha$ 可取為 1.0。

三、在分析截面承受彎矩及一細小正向力時，如正向力少於  $0.08 f_{ck}$  乘以截面面積，其效應可以不加理會。

#### 第四十七條

##### 剪力

一、本條適用於按上條所作抗彎設計之樑及板，同時亦適用於按上條及第五十一條所設計承受大剪力之預制構件及柱。

二、當計算剪力時顯示不需配筋，一般應採用最小配筋。當構件有足夠能力將荷載橫向地分配及其所受之拉力不大時，該最小配筋則可免除，例如用於板構件上(實心

com um vão inferior a 2 m), que não contribuam significativamente para a resistência e para a estabilidade globais da estrutura.

3. O método de cálculo correspondente ao esforço transversal baseia-se em três valores do esforço transversal resistente:

$V_{Rd1}$  valor de cálculo do esforço transversal resistente do elemento sem armadura de esforço transversal;

$V_{Rd2}$  valor máximo do esforço transversal que pode ser suportado sem esmagamento das bielas fictícias de compressão do betão;

$V_{Rd3}$  valor de cálculo do esforço transversal que pode ser suportado por um elemento com armadura de esforço transversal.

4. O valor de cálculo do esforço transversal resistente do elemento sem armadura de esforço transversal,  $V_{Rd1}$ , é dado por:

$$V_{Rd1} = [\tau_{Rd} k (1,2 + 40 \rho_1) + 0,15 \sigma_{cp}] b_w d$$

em que:

$\tau_{Rd}$  valor de referência para cálculo do esforço transversal resistente, indicado no Quadro 6, e igual a  $0,25 f_{ctd}$ ;

$k$  1 para elementos em que mais de 50% da armadura inferior é interrompida no vão; no caso contrário:  $k = 1,6 - d$  ( $d$  em metros);

$$\rho_1 = A_{s1} / (b_w d) \leq 0,02$$

$A_{s1}$  área da armadura de tracção prolongando-se não menos do que  $d + l_{b,net}$ , para além da secção considerada (ver a Figura 7);

$l_{b,net}$  é definido no artigo 77.º e na Figura 14;

$b_w$  largura mínima da secção ao longo da altura útil;

$d$  altura útil da secção;

$$\sigma_{cp} = N_{sd} / A_c;$$

$N_{sd}$  esforço normal na secção devido às cargas aplicadas ou ao pré-esforço (compressão positiva).

Quadro 6. Valores de  $\tau_{Rd}$  para diferentes classes de betão

Classe do betão	B15	B20	B25	B30	B35	B40	B45	B50	B55	B60
$\tau_{Rd}$	0,18	0,22	0,25	0,30	0,33	0,35	0,38	0,42	0,45	0,48

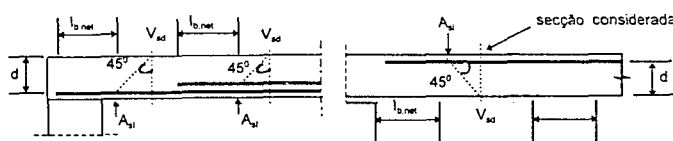


Figura 7. Definição de  $A_{s1}$

5. O valor máximo do esforço transversal que pode ser suportado sem esmagamento das bielas fictícias de compressão do betão,  $V_{Rd2}$ , é dado por:

$$V_{Rd2} = \tau_{Rd2} b_w d$$

板, 肋板, 空心板)。當對承載力及穩定性無大影響之非重要構件 (例如跨度小於 2 m 之過樑), 該最小配筋亦可免除。

三、剪力計算方法基於三種抗剪力值：

$V_{Rd1}$  不配置剪力筋構件之抗剪力設計值；

$V_{Rd2}$  假設混凝土受壓桿所能承受之最大抗剪力設計值；

$V_{Rd3}$  配有剪力筋構件之最大抗剪力設計值。

四、不配置剪力筋構件之抗剪力設計值  $V_{Rd1}$  計算如下：

$$V_{Rd1} = [\tau_{Rd} k (1,2 + 40 \rho_1) + 0,15 \sigma_{cp}] b_w d$$

此處：

$\tau_{Rd}$  計算抗剪力之參考值，其值等於  $0,25 f_{ctd}$ ，詳見表六；

$k$  當構件中超過 50% 之底筋被削減時，其值等於 1；其他情況： $k = 1,6 - d$  ( $d$  值以米為單位)；

$$\rho_1 = A_{s1} / (b_w d) \leq 0,02;$$

$A_{s1}$  受拉鋼筋面積，在所考慮之截面後延長不少於  $d + l_{b,net}$  之長度 (見圖七)；

$l_{b,net}$  在第七十七條及圖十四中解釋；

$b_w$  截面之最細寬度；

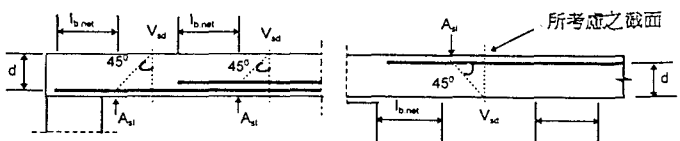
$d$  截面之有效深度；

$$\sigma_{cp} = N_{sd} / A_c;$$

$N_{sd}$  由荷載或預應力所產生之軸向力 (受壓為正值)。

表六 各種混凝土等級之  $\tau_{Rd}$  值

混凝土級別	B15	B20	B25	B30	B35	B40	B45	B50	B55	B60
$\tau_{Rd}$	0,18	0,22	0,25	0,30	0,33	0,35	0,38	0,42	0,45	0,48



圖七：  $A_{s1}$  之定義

五、假設混凝土受壓桿所能承之最大抗剪力值， $V_{Rd2}$ ，計算如下：

$$V_{Rd2} = \tau_{Rd2} b_w d$$

em que  $\tau_{Rd2}$  é uma tensão cujo valor é indicado no Quadro 7, obtida por:

$$\tau_{Rd2} = 0,45 v_v f_{cd}$$

$$v_v = 0,7 - f_{ck} / 200 \geq 0,5$$

Quadro 7. Valores de  $\tau_{Rd2}$  para diferentes classes de betão

Classe do betão	B15	B20	B25	B30	B35	B40	B45	B50	B55	B60
$\tau_{Rd2}$	2.3	3.0	3.6	4.2	4.7	5.2	5.6	6.0	6.6	7.2

6. O valor de cálculo do esforço transverso que pode ser suportado por um elemento com armadura de esforço transverso,  $V_{Rd3}$ , é dado por:

$$V_{Rd3} = V_{cd} + V_{wd}$$

em que  $V_{cd}$  é a contribuição do betão, igual a  $V_{Rd1}$ , e  $V_{wd}$  é a contribuição da armadura de esforço transverso.

No caso de elementos sujeitos a esforços de tracção significativos, o termo  $V_{cd}$  deve ser tomado igual a 0.

7. O valor de  $V_{wd}$  deve ser determinado pela expressão:

$$V_{wd} = 0,9 d (A_{sw}/s) f_{syd} (1 + \cotg \alpha) \sin \alpha$$

em que:

d altura útil da secção;

$A_{sw}$  área da secção da armadura de esforço transverso (no caso de estribos, compreende os vários ramos do estribo);

s espaçamento das armaduras de esforço transverso;

$f_{syd}$  valor de cálculo da tensão de cedência ou da tensão limite convencional de proporcionalidade a 0,2 % do aço das armaduras de esforço transverso;

$\alpha$  ângulo formado pelas armaduras de esforço transverso com o eixo do elemento ( $45^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$ ).

8. As secções em que o valor de cálculo do esforço transverso actuante,  $V_{sd}$ , seja inferior a  $V_{Rd1}$ , não necessitam de armadura de esforço transverso, embora se devam prever as armaduras mínimas de acordo com o artigo 87.º

9. Para as secções em que  $V_{sd}$  seja superior a  $V_{Rd1}$ , deve utilizar-se uma armadura de esforço transverso que permita a verificação da condição:

$$V_{sd} \leq V_{Rd3}$$

10. O valor de cálculo do esforço transverso nunca deve ser superior a  $V_{Rd2}$  em qualquer secção ou elemento. Quando o elemento esteja sujeito a esforços normais de compressão,  $V_{Rd2}$  deve ser reduzido de acordo com a expressão:

$$V_{Rd2,red} = 1,67 V_{Rd2} (1 - \sigma_{cp,ef} / f_{cd}) \leq V_{Rd2}$$

此處  $\tau_{Rd2}$  係一應力，其值示於表七。

注意：  
 $\tau_{Rd2} = 0.45 v_v f_{cd}$   
 $v_v = 0.7 - f_{ck} / 200 \geq 0.5$

表七  $\tau_{Rd2}$  應力值

混凝土級別	B15	B20	B25	B30	B35	B40	B45	B50	B55	B60
$\tau_{Rd2}$	2.3	3.0	3.6	4.2	4.7	5.2	5.6	6.0	6.6	7.2

六、配有剪力筋構件之最大抗剪力設計值， $V_{Rd3}$  計算如下：

$$V_{Rd3} = V_{cd} + V_{wd}$$

此處  $V_{cd}$  指混凝土抗剪力，相等  $V_{Rd1}$ ，而  $V_{wd}$  指配筋抗剪力。

當構件係受一相當大拉力時， $V_{cd}$  應取為 0。

七、 $V_{wd}$  之值應由以下公式計算：

$$V_{wd} = 0.9 d (A_{sw}/s) f_{syd} (1 + \cotg \alpha) \sin \alpha$$

此處：

d 有效高度；

$A_{sw}$  剪力筋截面積(用箍筋時，應包括所有不同肢數)；

s 剪力筋之間距；

$f_{syd}$  剪力筋之設計屈服強度或 0.2% 規定非比例伸長強度；

$\alpha$  剪力筋與構件軸所形成之角度( $45^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$ )。

八、當截面外加剪力設計值  $V_{sd}$  少於  $V_{Rd1}$  時，不需配置剪力筋，但不包括第八十七條所指之最小配筋。

九、當截面  $V_{sd}$  大於  $V_{Rd1}$  時，應配置剪力筋以確保以下情況：

$$V_{sd} \leq V_{Rd3}$$

十、在任何構件及截面，剪力設計值應不大於  $V_{Rd2}$ 。當構件承受縱向壓力時， $V_{Rd2}$  應按以下程式折減：

$$V_{Rd2,red} = 1.67 V_{Rd2} (1 - \sigma_{cp,ef} / f_{cd}) \leq V_{Rd2}$$

em que:

$V_{Rd2,red}$  valor reduzido de  $V_{Rd2}$ ;

$\sigma_{cp,ef}$  tensão média efectiva no betão devida ao esforço normal, dada pela expressão:

$$\sigma_{cp,ef} = (N_{Sd} - f_{syd} A_{s2}) / A_c;$$

$N_{Sd}$  valor de cálculo do esforço normal;

$A_{s2}$  área da armadura na zona de compressão;

$A_c$  área total da secção de betão.

11. Relativamente aos elementos sem armadura de esforço transverso, e aos elementos com armadura específica de esforço transverso e em que as condições estabelecidas no número seguinte sejam satisfeitas, permite-se uma majoração da resistência ao esforço transverso, mas apenas para cargas concentradas situadas a uma distância  $x \leq 2,5 d$  da face do apoio. Neste caso, pode multiplicar-se o valor  $\tau_{Rd}$  por um coeficiente  $\beta_v$ , ao calcular  $V_{Rd1}$ , em que:

$$\beta_v = 2,5 d / x, \text{ com } 1,0 \leq \beta_v \leq 5,0$$

Quando se considera esta majoração,  $V_{Rd1}$ , e a armadura de esforço transverso devem ser calculados para todas as secções críticas ao longo do comprimento  $2,5 d$  a partir da face do apoio, com  $\beta_v = 1,0$  do lado do vão correspondente às cargas concentradas em causa; a armadura de esforço transverso máxima, obtida desta forma, deve ser utilizada ao longo de todo este comprimento.

Nos casos em que a carga predominante numa viga seja uma carga concentrada junto a um apoio, o método anterior pode conduzir à utilização de uma armadura mínima em toda a viga. Estes casos exigem cuidado especial, podendo o projectista basear a resistência no valor não majorado de  $V_{Rd1}$ .

12. Devido ao aumento de resistência resultante da transmissão directa das cargas junto dos apoios, normalmente é conservativo calcular  $V_{Sd}$  a uma distância  $d$  a partir da face do apoio directo de vigas e lajes sujeitas a cargas distribuídas.

Ao considerar o aumento da resistência ao esforço transverso junto dos apoios definido no número anterior, devem satisfazer-se as seguintes condições:

a) as cargas e as reacções do apoio provocam compressão diagonal no elemento;

b) num apoio extremo, toda a armadura de tracção necessária a uma distância  $2,5 d$  contada a partir do apoio deve ser amarrada no apoio;

c) num apoio intermédio, a armadura de tracção necessária à face do apoio deve prolongar-se no vão dum comprimento pelo menos igual a  $2,5 d + l_{h,net}$ .

13. Para o cômputo do valor de  $b_w$ , no caso da alma da secção conter, a dado nível, varões ou cabos com diâmetro superior a um oitavo da largura da secção a esse nível, deve considerar-se a largura, a esse nível, reduzida de metade da soma dos diâmetros de tais armaduras.

14. No caso de elementos pré-esforçados com cabos inclinados ou de elementos de altura variável, há que ter em consideração os efeitos daí resultantes, corrigindo o valor do esforço trans-

versão:

$V_{Rd2,red}$  折減後之  $V_{Rd2}$  值;

$\sigma_{cp,ef}$  由縱向力所產生之有效平均應力，按以下公式計算：

$$\sigma_{cp,ef} = (N_{Sd} - f_{syd} A_{s2}) / A_c;$$

$N_{Sd}$  縱向力設計值；

$A_{s2}$  受壓區內配筋面積；

$A_c$  混凝土截面總面積。

十一、對沒配剪力筋之構件及配有剪力筋而又滿足前款情況之構件，可允許增加其抗剪強度。但只適用於距離支承面  $x \leq 2.5 d$  範圍內之集中荷載。為此，在計算  $V_{Rd1}$  時可在  $\tau_{Rd}$  乘上一係數  $\beta_v$  如下：

$$\beta_v = 2.5 d/x \quad \text{而} \quad 1.0 \leq \beta_v \leq 5.0$$

當採用此增值時，由支承面開始一段  $2.5 d$  長定範圍內，應對所有臨限截面之  $V_{Rd1}$  及剪力筋進行計算，在雙關集中荷載之跨邊則用  $\beta_v = 1.0$ ；從所得之最大配筋應用於整段長度內。

當樑上主要荷載係一接近支承之集中荷載時，上述方法可能導致採用最低配筋於整條樑上。這情況需小心處理，設計者可選擇以未增值之  $V_{Rd1}$  來計抵抗力。

十二、因為接近支承而能直接傳送荷載，抵抗力有所增強，用於均佈荷載之樑或板時，一般在距離支承面  $d$  之位置所計算之設計剪力值  $V_{Sd}$  為較保守。

當採用按上款對接近支承所增加之抗剪強度時，應滿足下列條件：

a) 荷載與支承反力應對構件成斜向壓力；

b) 在外支承端，位於距離支承  $2.5d$  範圍內之所需受拉筋應錨固於支承內；

c) 在內支承端，位於支承面所需受拉筋應延伸入連接跨一長度不少於  $2.5 d + l_{b,net}$ 。

十三、在計算  $b_w$  時，樑腹截面同一水平上，若鋼筋或鋼絞之直徑大於該水平截面寬度八分之一時，計算寬度則應減去該截面水平所有鋼筋直徑總和之半。

十四、有斜鋼絞之預應力構件或變截面構件應考慮合力效應，外加橫向力校正為預應力之橫向分量或桁架水平力。



verso actuante atendendo às componentes transversais do pré-esforço ou das forças desenvolvidas nos banzos da treliça.

Artigo 48.º

(Punçoamento)

1. As regras indicadas neste artigo respeitam à verificação da resistência ao punçoamento em lajes dispostas de armadura de flexão determinada de acordo com o artigo 46.º Aplicam-se também ao punçoamento em lajes de fundação e em lajes aligeiradas com uma secção maciça em torno da área carregada. O punçoamento pode resultar de uma carga concentrada ou de uma reacção actuando numa área relativamente pequena de uma laje ou de uma sapata de fundação (área carregada).

2. A resistência ao punçoamento deve ser verificada ao longo de um contorno crítico definido.

Fora do contorno crítico, a laje tem de satisfazer os requisitos estipulados no artigo 47.º Se a espessura de uma laje não for suficiente para assegurar uma adequada resistência ao punçoamento, devem utilizar-se, por exemplo, armaduras de esforço transversal ou capitéis.

3. Designa-se por área crítica a que é delimitada pelo contorno crítico. A secção crítica é a secção que acompanha o contorno crítico e se estende ao longo da altura útil, d.

4. As regras indicadas neste artigo aplicam-se também a lajes nervuradas com uma secção maciça em torno da área carregada, desde que a área carregada se prolongue, pelo menos, 1,5 d para além do contorno crítico.

5. O disposto neste artigo aplica-se aos seguintes tipos de área carregada, admitindo que esta área não está tão próxima de outras forças concentradas que os seus contornos críticos se intersectem, nem se encontra numa zona sujeita a esforços transversos significativos de origem diferente:

- circular, com diâmetro não superior a 3,5 d;
- rectangular, com perímetro não superior a 11 d e com a relação entre o comprimento e a largura não superior a 2;
- qualquer, sendo as dimensões limite fixadas por analogia com as formas precedentes.

Nota: d indica a altura útil média do elemento estrutural sujeito a punçoamento.

6. Se as condições estipuladas sobre a forma da área carregada não forem satisfeitas no caso de apoios de paredes ou pilares rectangulares, uma vez que o esforço transversal em apoios deste tipo se concentra nos cantos, só devem tomar-se em consideração os contornos críticos definidos na Figura 8, a menos de uma análise mais rigorosa.

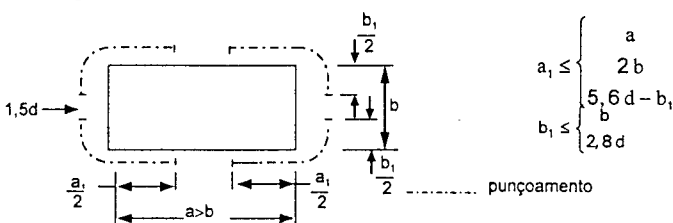


Figura 8. Aplicação das disposições sobre punçoamento em casos não normalizados

第四十八條

沖切力

一、本條之規則係對按第四十六條彎矩要求而配筋之板構件作沖切承載力確定。亦同時適用於地板及於荷載範圍有實心截面之格子板上。沖切力可由一集中荷載所產生，或由與板面積或承台面積相比下很細之反力面積所致。

二、沖切承載力應沿一定義之臨界輪廓線上作確定。在該臨界面外圍，板件要合乎第四十七條所定之要求。若板厚不能確保有足夠之沖切承載力時，應用如橫向鋼筋或柱冠等。

三、臨界面積係指臨界輪廓線內之面積。臨界面積沿臨界輪廓線延伸至有效深度 d 之範圍。

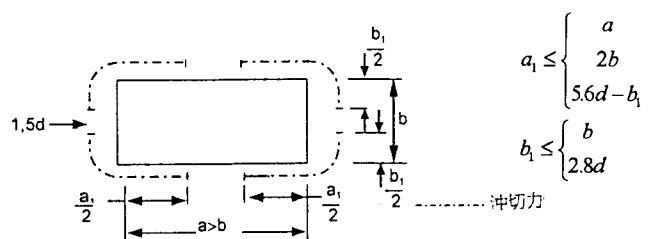
四、本條所述之規則適用於荷載範圍有實心截面之格子板上，但該實心截面需在臨界輪廓線外延伸不少於 1.5 d。

五、本條之規定適用於以下種類之受荷面積容許受荷面積不太接近其他集中力而令臨界輪廓線相交及不位於受不同成因之重要剪力影響範圍之內。

- 圓形，直徑不大於 3.5 d；
- 長方形，其周界不大於 11 d 及長與寬之比例不大於 2；
- 任何形狀，其界限尺寸按模擬上面所述之形狀來制定。

註：d 指受貫穿剪力之構件之平均有效高度。

六、若牆或方樁不能滿足 1(a) 之條件時，因牆形支承之剪力集中於角隅，當無進行更詳細分析，其臨界輪廓線可按圖八作考慮。



圖八：非標準情況下沖切力配置之應用

7. O contorno crítico de uma área carregada de forma circular ou rectangular, afastada de bordos livres, é definido como o contorno envolvendo a área carregada e afastado desta de uma distância igual a 1,5d. Ver a Figura 9.

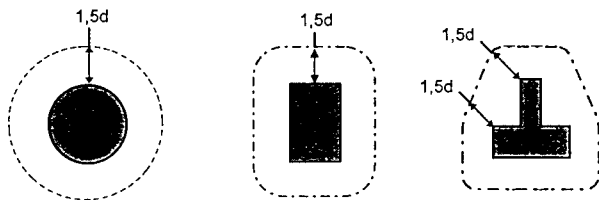


Figura 9. Contorno crítico de áreas carregadas afastadas de bordos livres

8. Para áreas carregadas localizadas junto de aberturas, se a distância mais curta entre o contorno da área carregada e o bordo da abertura não for superior a 6d, a parte do contorno crítico que está contida entre duas tangentes traçadas desde o centro da área carregada até ao contorno da abertura é considerada como não efectiva. Ver a Figura 10.

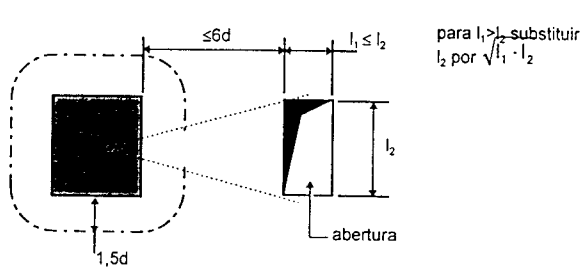


Figura 10. Contorno crítico de uma área carregada localizada junto de uma abertura

9. Para uma área carregada localizada junto de um bordo livre ou de um canto, o contorno crítico deve ser considerado conforme ilustrado na Figura 11, se daí resultar um contorno (excluindo os bordos livres) inferior ao obtido a partir dos n.ºs 4 e 5 deste artigo.

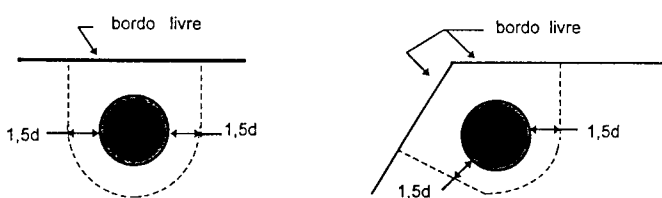


Figura 11. Contornos críticos junto de bordos livres

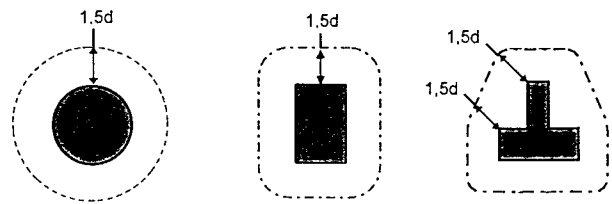
10. O método de verificação ao punçoamento definido nos números seguintes baseia-se em três valores do esforço transversal resistente no contorno crítico:

$V_{Rd1}$  valor de cálculo do esforço transversal resistente por unidade de comprimento do contorno crítico, para uma laje sem armadura de esforço transversal;

$V_{Rd2}$  valor de cálculo máximo do esforço transversal resistente por unidade de comprimento do contorno crítico, para uma laje com armadura de esforço transversal;

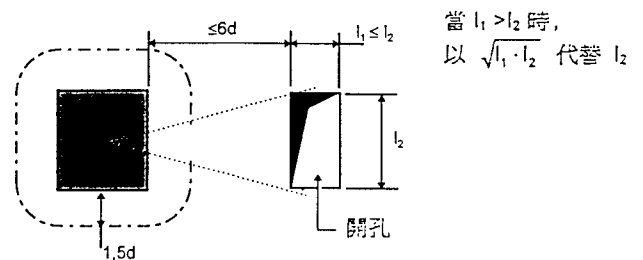
$V_{Rd3}$  valor de cálculo do esforço transversal resistente por unidade de comprimento do contorno crítico, para uma laje com armadura de esforço transversal.

七、遠離非支承邊圓形或方形荷載之臨界輪廓線周長係指距離荷載面外 1.5 d 範圍之周長。見圖九。



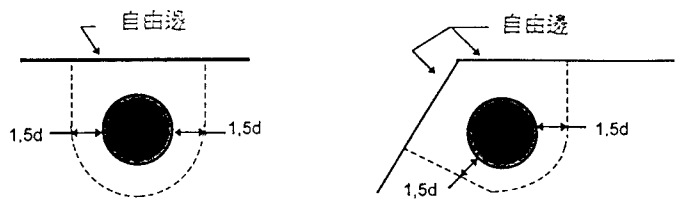
圖九：遠離自由邊之荷載臨界輪廓線周長

八、當荷載面接近開孔時，即荷載面與開孔最短距離不大於 6 d，其臨界輪廓線周長與從開孔外形和荷載面中心所劃出兩條切線範圍內相交之一斷長度作為無效。見圖十。



圖十：接近開孔之臨界輪廓線周長

九、當荷載面接近一非支承邊或角隅時，其臨界輪廓線周長應按圖十一取用，但所得之周長 (不包括非支承邊之一段) 應少於本條第四款及第五款制定之周長。



圖十一：自由邊旁之臨界輪廓線周長

十、以下幾款有關沖切力確定方法基於三種沖切力值：

$V_{Rd1}$  不配置橫向筋板上臨界輪廓線每單位長度之沖切承載力設計值；

$V_{Rd2}$  配有橫向筋板上臨界輪廓線每單位長度之最大沖切承載力設計值；

$V_{Rd3}$  配有橫向筋板上臨界輪廓線每單位長度之沖切承載力設計值。

11. Não é necessária armadura de esforço transverso se  $v_{sd} \leq v_{Rd1}$ . No caso de  $V_{sd}$  ser superior a  $v_{Rd1}$ , deve utilizar-se uma armadura de esforço transverso de modo que  $v_{sd} \leq v_{Rd3}$

12. No caso de uma carga concentrada ou de uma reacção de apoio, o esforço transverso aplicado por unidade de comprimento é:

$$v_{sd} = V_{sd} \beta_p / u$$

em que:

$V_{sd}$  valor de cálculo total do esforço transverso actuante (numa laje este valor é calculado ao longo do perímetro  $u$ ; numa sapata de fundação este valor é calculado ao longo do contorno da base do tronco de cone de punçoamento, considerando que se forma a 33,7°, desde que esteja contido na fundação);

$u$  perímetro do contorno crítico;

$\beta_p$  coeficiente que tem em conta os efeitos de excentricidade das cargas (nos casos em que não existe excentricidade de cargas  $\beta_p$  pode ser considerado igual a 1,0) podendo adoptar os seguintes valores:

a) para área carregada de contorno circular (ou assimilável):

$$\beta_p = 1 + \frac{2e}{d_o}$$

em que :

$e$  excentricidade de  $V_{sd}$  ( $e_x$  e  $e_y$  são as componentes segundo as direcções  $x$  e  $y$ );

$d_o$  diâmetro do contorno crítico;

b) para área carregada de contorno rectangular:

$$\beta_p = 1 + 1,5 \frac{e_x + e_y}{\sqrt{b_x b_y}}$$

em que:

$b_x, b_y$  dimensões do contorno crítico medidas segundo as direcções  $x$  e  $y$  paralelas aos lados da área carregada.

c) em alternativa podem tomar-se os seguintes valores para  $\beta_p$ :

$\beta_p = 1,50$  para pilar de canto

$\beta_p = 1,40$  para pilar de bordo

$\beta_p = 1,15$  para pilar interior

13. O valor de cálculo do esforço transverso resistente por unidade de comprimento do contorno crítico, para lajes não pré-esforçadas sem armadura de punçoamento,  $v_{Rd1}$ , é dado por:

$$v_{Rd1} = \tau_{Rd} k (1,2 + 40 \rho_l) d$$

em que:

$\tau_{Rd}$  tensão cujo valor é indicado no Quadro 6;

$k = 1,6 - d \geq 1,0$  ( $d$  em metros);

$\rho_l = \sqrt{\rho_{lx} \rho_{ly}} \leq 0,015$ ;

十一、若  $V_{sd} \leq V_{Rd1}$  時，不需配置橫向筋。當  $V_{sd}$  大於  $V_{Rd1}$  時，應採用一橫向配筋，但保持  $V_{sd} \leq V_{Rd3}$ 。

十二、在一集中荷載或支承反力，所施加之每單位長度沖切力為

$$V_{sd} = V_{sd} \beta_p / u$$

此處：

$V_{sd}$  總外加沖切力設計值（對板構件，該值沿周界  $u$  計算；對承台，該值沿沖切錐底所劃出之周界計算，錐斜邊為 33.7°C）；

$u$  臨界輪廓線周界；

$\beta_p$  考慮荷載偏心效應之系數（若無偏心情況， $\beta_p$  可設為 1.0），採用以下數值：

a) 圓形荷載面 (或類似形狀)：

$$\beta_p = 1 + \frac{2e}{d_o}$$

其中：

$e$   $V_{sd}$  之偏心距 ( $e_x$  及  $e_y$  係  $x$  與  $y$  分量)；

$d_o$  臨界輪廓線直徑；

b) 方形荷載面：

$$\beta_p = 1 + 1,5 \frac{e_x + e_y}{\sqrt{b_x b_y}}$$

其中：

$b_x, b_y$  臨界輪廓線平衡荷載  $x$  及  $y$  邊之長度。

c)  $\beta_p$  亦可取以下數值作為另一選擇：

$\beta_p = 1.50$  角柱

$\beta_p = 1.40$  邊柱

$\beta_p = 1.15$  內柱

十三、不配置橫向筋非預應力板上臨界輪廓線每單位長度之沖切承載力設計值， $V_{Rd1}$ ，計算如下：

$$V_{Rd1} = \tau_{Rd} k (1,2 + 40 \rho_l) d$$

此處：

$\tau_{Rd}$  表六所示之應力值；

$k = 1,6 - d \geq 1,0$  ( $d$  值以米計算)；

$\rho_l = \sqrt{\rho_{lx} \rho_{ly}} \leq 0,015$ ；

$\rho_{lx}$  e  $\rho_{ly}$  armadura de tracção nas direcções x e y, respectivamente;

$$d = (d_x + d_y) / 2;$$

$d_x$  e  $d_y$  alturas úteis da laje nos pontos de intersecção da superfície de rotura de cálculo com a armadura longitudinal, nas direcções x e y, respectivamente.

14. O valor de cálculo do esforço transverso resistente por unidade de comprimento do contorno crítico, para lajes pré-esforçadas sem armadura de punçoamento,  $v_{Rd1}$ , obtém-se pela expressão anterior, tendo em conta que:

$$\rho_l = \sqrt{\rho_{lx} \rho_{ly}} + \frac{\sigma_{cpo}}{f_{syd}} \leq 0,015;$$

$$\sigma_{cpo} = N_{pd} / A_c;$$

$N_{pd}$  força de pré-esforço correspondente ao valor inicial sem perdas (se a força de pré-esforço for diferente nas direcções de pré-esforço utiliza-se o seu valor médio).

15. No caso da existência de armaduras específicas de punçoamento, que devem respeitar as disposições construtivas indicadas no artigo 100.º, os esforços resistentes de punçoamento são dados por:

$$V_{Rd2} = 1,6 V_{Rd1}$$

$$V_{Rd3} = V_{Rd1} + \sum A_{sw} f_{syd} \sin \alpha / u$$

A soma das componentes das forças de cálculo na armadura de esforço transverso na direcção da força aplicada é representada por  $\sum A_{sw} f_{syd} \sin \alpha$  sendo  $\alpha$  o ângulo entre a armadura e o plano da laje.

16. Para assegurar que a resistência ao punçoamento se pode desenvolver, a laje deve ser dimensionada para valores mínimos de momentos flectores por unidade de largura,  $m_{sdx}$  e  $m_{sdy}$ , nas direcções x e y, a não ser que a análise estrutural conduza a valores mais elevados (ver Figura 12). Na ausência de outras disposições, deve satisfazer-se:

$$m_{sdx} \text{ (ou } m_{sdy}) \geq n V_{Sd}$$

em que:

$V_{Sd}$  esforço transverso actuante;

n coeficiente de momentos, indicado no Quadro 8.

Quadro 8. Coeficiente de momentos n

Posição do pilar	n para $m_{sdx}$			n para $m_{sdy}$		
	Face superior	Face inferior	Largura efectiva	Face superior	Face inferior	Largura efectiva
Pilar interior	-0,125	0	0,3 $l_x$	-0,125	0	0,3 $l_y$
Pilares de bordo, bordo da laje paralelo ao eixo x	-0,25	0	0,15 $l_x$	-0,125	+0,125	(por m)
Pilares de bordo, bordo da laje paralelo ao eixo y	-0,125	+0,125	(por m)	-0,25	0	0,15 $l_y$
Pilar de canto	-0,5	+0,5	(por m)	+0,5	-0,5	(por m)

$\rho_{lx}$  及  $\rho_{ly}$  x 及 y 方向之拉力鋼筋;

$$d = (d_x + d_y) / 2;$$

$d_x$  及  $d_y$  x 及 y 方向破壞面與縱向鋼筋相交之有效深度。

十四、不配置橫向筋預應力板上臨界輪廓線每單位長度之沖切承載力設計值  $V_{Rd1}$ ，從前面一點所得，應包括考慮以下：

$$\rho_l = \sqrt{\rho_{lx} \rho_{ly}} + \frac{\sigma_{cpo}}{f_{syd}} \leq 0.015;$$

$$\sigma_{cpo} = N_{pd} / A_c;$$

$N_{pd}$  未有損失之初始預應力，若不同方向之預應力不相等時，應採其平均值。

十五、當配有抗沖切力筋時，應遵照第一百條所制定之配置要求，沖切力承載力按以下計算：

$$V_{Rd2} = 1.6 V_{Rd1}$$

$$V_{Rd3} = V_{Rd1} + \sum A_{sw} f_{syd} \sin \alpha / u$$

施加力方向之橫向筋提供分力總和由  $\sum A_{sw} f_{syd} \sin \alpha$  代表， $\alpha$  指板平面及鋼筋所成之角。

十六、為確保能產生沖切抗力，板構件應在 x 及 y 方向設計以每單位長度之最低彎矩值  $m_{sdx}$  及  $m_{sdy}$ ；除非由結構分析中獲得更高之值（見圖十二）。若無其他設施，應滿足以下：

$$m_{sdx} \text{ (或 } m_{sdy}) \geq n V_{Sd}$$

此處：

$V_{Sd}$  外加沖切力；

n 示於表八之彎矩係數。

表八 彎矩係數 n

柱位置	$M_{sdx}$ 之 n			$M_{sdy}$ 之 n		
	面	底	有效寬度	面	底	有效寬度
內柱	-0.125	0	0.3 $l_y$	-0.125	0	0.3 $l_x$
外柱·板邊 x 軸平行	-0.25	0	0.15 $l_y$	-0.125	+0.125	(每米)
外柱·板邊 y 軸平行	-0.125	+0.125	(每米)	-0.25	0	0.15 $l_x$
角柱	-0.5	+0.5	(每米)	+0.5	-0.5	(每米)

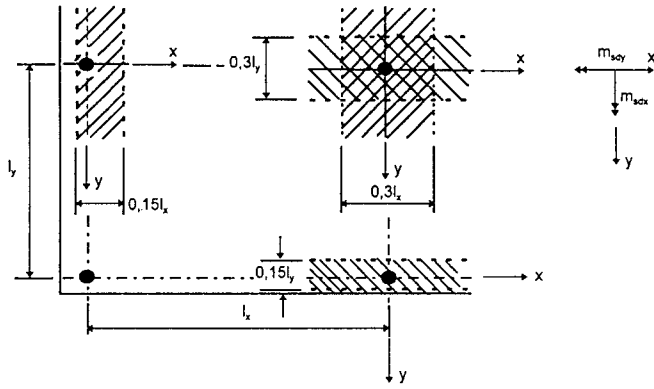
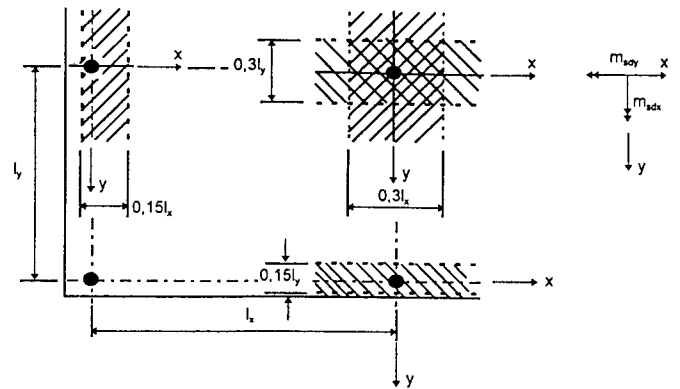


Figura 12. Momentos flectores e larguras efectivas



圖十二：彎曲矩及有效寬度

Artigo 49.º

(Esforço de torção)

第四十九條

扭力

1. Quando o equilíbrio estático de uma estrutura depende da resistência à torção de elementos dessa estrutura, é necessário o dimensionamento à torção. Em estruturas hiperestáticas, quando os esforços de torção resultem apenas de considerações de compatibilidade, e em que a estabilidade da estrutura não dependa da resistência à torção, não é necessário considerar o estado limite último, havendo que limitar a fendilhação excessiva no estado limite de utilização.

一、當一結構體之靜力平衡係受該結構構件之抗扭能力影響時，需要對扭力進行設計。在靜定結構體，扭力只由相容性所引起，而當結構體之穩定性並非視乎其抗扭能力時，在極限狀態時不需作考慮，但需對使用極限狀態中之開裂作限制。

2. A determinação do valor de cálculo do momento torsor resistente de secções, cheias ou vazadas, de elementos sujeitos a torção circular, deve ser efectuada com base na consideração de uma treliça tubular formada por bielas de betão comprimidas e por armaduras traccionadas transversais e longitudinais situadas na periferia da secção.

二、受扭構件之實心或空心截面抗扭能力設計值計算應以受壓混凝土桿、截面周圍受拉橫向及縱向鋼筋所組成之管狀桁架為基本。

O valor de cálculo do momento torsor actuante deve satisfazer as duas condições seguintes:

外加扭矩設計值  $T_{Sd}$  應滿足下面兩個條件：

$$T_{Sd} \leq T_{Rd1}$$

$$T_{Sd} \leq T_{Rd1}$$

$$T_{Sd} \leq T_{Rd2}$$

$$T_{Sd} \leq T_{Rd2}$$

em que:

此處：

$T_{Rd1}$  momento torsor máximo que pode ser suportado pelas bielas comprimidas de betão;

$T_{Rd1}$  混凝土受壓桿所能承受之最大扭矩；

$T_{Rd2}$  momento torsor máximo que pode ser suportado pelas armaduras.

$T_{Rd2}$  鋼筋所能承受之最大扭矩。

3. O valor de cálculo do momento torsor máximo que pode ser suportado pelas bielas comprimidas de betão,  $T_{Rd1}$ , é dado por:

下：

$$T_{Rd1} = v_t f_{cd} t A_k = 1,56 \tau_{Rd} t A_k$$

$$T_{Rd1} = v_t f_{cd} t A_k = 1.56 \tau_{Rd} t A_k$$

em que:

此處：

t espessura da parede de uma secção oca eficaz, fictícia, contida na secção real, ( $t \leq A/u$ , não inferior ao dobro do recobrimento dos varões longitudinais e não superior à espessura real da parede);

t 原截面之假設薄壁截面之壁厚 ( $t \leq A/u$ , 不少於縱向鋼筋保護層度兩倍及不大於真正之壁厚)；

u perímetro do contorno exterior;

u 外輪廓周長；

A área total da secção transversal definida pelo contorno exterior;

A 外輪廓所定義之橫向截面總面積；

$A_k$  área limitada pela linha média de uma secção oca eficaz, fictícia, contida na secção real;

$\tau_{Rd}$  definido no Quadro 6;

$$v_t = 0,7 \times (0,7 - f_{ck} / 200) \geq 0,35$$

4. O valor de cálculo do momento torsor máximo que pode ser suportado pelas armaduras,  $T_{Rd2}$ , é dado por:

$$T_{Rd2} = 2 A_k f_{syd} A_{sw} / s$$

em que:

$A_{sw}$  área da secção transversal dos varões utilizados como estribos;

$s$  espaçamento dos estribos;

$f_{syd}$  valor de cálculo da tensão de cedência ou da tensão limite convencional de proporcionalidade a 0,2% do aço da armadura transversal de torção.

5. A área adicional de armadura longitudinal de torção,  $A_{sl}$ , é dada por:

$$A_{sl} = [T_{Rd2} - u_k / (2 A_k)] / f_{syd}$$

em que:

$u_k$  perímetro da área  $A_k$

Artigo 50.º

#### (Esforço de torção associado a flexão ou a esforço transversal)

1. No caso de secções sujeitas a torção circular associada a flexão, simples ou composta, a determinação dos esforços resistentes deve ser feita independentemente para cada um dos esforços, considerando separadamente as armaduras longitudinais de torção e de flexão.

2. No caso de secções sujeitas a torção circular associada a esforço transversal, os valores de cálculo do esforço transversal e do momento torsor actuantes,  $V_{Sd}$  e  $T_{Sd}$ , devem satisfazer a seguinte condição:

$$\left(\frac{V_{Sd}}{V_{Rd2}}\right)^2 + \left(\frac{T_{Sd}}{T_{Rd1}}\right)^2 \leq 1$$

em que:

$V_{Rd2}$ ,  $T_{Rd1}$  valores máximos do esforço transversal e momento torsor resistentes, quando esses esforços são considerados separadamente, obtidos pelas seguintes expressões:

$$V_{Rd2} = 0,45 v_v f_{cd} b_w d = \tau_{Rd} b_w d$$

$$T_{Rd1} = v_t f_{cd} t A_k = 1,56 \tau_{Rd} t A_k$$

$\tau_{Rd}$ ,  $v_v$ ,  $v_t$ ,  $t$ ,  $A_k$  têm os significados atribuídos nos artigos 47.º e 49.º

O cálculo dos estribos pode ser feito separadamente para cada um dos esforços, pelas regras indicadas nos artigos 47.º e 49.º, considerando separadamente as armaduras transversais de esforço transversal e de torção.

$A_k$  原截面之假設薄壁截面中線內所包括之面積;

$\tau_{Rd}$  表六定義之值;

$$v_t = 0,7 \times (0,7 - f_{ck} / 200) \geq 0,35$$

四、鋼筋所能承受之最大扭矩設計值  $T_{Rd2}$  計算如下:

$$T_{Rd2} = 2 A_k f_{syd} A_{sw} / s$$

此處:

$A_{sw}$  所採用之箍筋之橫向截面面積;

$s$  箍筋間距;

$f_{syd}$  扭力橫向鋼筋之屈服強度或0.2%非比例伸長強度。

五、附加扭力縱向鋼筋面積  $A_{sl}$  計算如下:

$$A_{sl} = [T_{Rd2} - u_k / (2 A_k)] / f_{syd}$$

此處:

$u_k$   $A_k$  之周長。

#### 第五十條

#### 扭力加彎矩力或剪力

一、當截面承受扭力加純彎矩或復合彎矩時，其抗力應由每一外力獨立計算，扭力及彎矩之縱向鋼筋亦分開考慮。

二、當截面承受扭力加剪力時，外加剪力及扭矩設計值  $V_{Sd}$  及  $T_{Sd}$  應滿足以下條件:

$$\left(\frac{V_{Sd}}{V_{Rd2}}\right)^2 + \left(\frac{T_{Sd}}{T_{Rd1}}\right)^2 \leq 1$$

此處:

$V_{Rd2}$ ,  $T_{Rd1}$  剪抗力及扭矩抗力當單獨計算時之最大値，從下列公式求得:

$$V_{Rd2} = 0,45 V_v f_{cd} b_w d = \tau_{Rd} b_w d$$

$$T_{Rd1} = v_t f_{cd} t A_k = 1,56 \tau_{Rd} t A_k$$

$\tau_{Rd}$ ,  $v_v$ ,  $v_t$ ,  $t$ ,  $A_k$  在第四十七條及第四十九條中說明。

剪力及扭矩之橫向配筋所用之箍筋可逐一按第四十七條及第四十九條指示之規則分別地計算。

## CAPÍTULO II

## 第二章

## Verificação da segurança em relação ao estado limite último de encurvadura

## 有關挫曲極限狀態之安全確認

## SECÇÃO I

## 第一節

## Disposições gerais

## 一般規定

## Artigo 51.º

## 第五十一條

## (Generalidades)

## 總則

As regras contidas no presente capítulo referem-se à verificação da segurança em relação à encurvadura de estruturas reticuladas constituídas por vigas e pilares, de nós fixos ou de nós móveis, de acordo com o n.º 8 do artigo 15.º, para as quais os efeitos de 2.ª ordem não possam ser desprezados.

本章之規則係有關挫曲極限狀態之安全確認，對按第十五條第八款所定由樑及柱所組成之非擺動或擺動桁架結構中不能被忽視之二階效應作考慮。

## Artigo 52.º

## 第五十二條

## 柱之細長度，挫曲等效長度

## (Esbelteza dos pilares. Comprimento efectivo de encurvadura)

1. A esbelteza,  $\lambda$ , de um pilar de secção constante é definida, para uma dada direcção, pela expressão:

$$\lambda = l_0 / i$$

em que:

$l_0$  comprimento efectivo de encurvadura na direcção considerada;

$i$  raio de giração da secção transversal do pilar na direcção considerada, supondo-a constituída apenas por betão.

Os pilares não devem, em caso algum, ter esbelteza  $\lambda$  superior a 140.

2. O comprimento efectivo de encurvadura,  $l_0$ , é definido pela distância entre os pontos de momento nulo da distribuição final de momentos ao longo do pilar.

A determinação de  $l_0$  para os pilares de estruturas reticuladas deve ser efectuada tendo em consideração as não linearidades físicas e geométricas. Nos casos correntes, poder-se-á, porém, por simplificação, definir  $l_0$  do modo seguinte:

$$l_0 = \eta l$$

em que  $l$  é o comprimento livre do elemento e  $\eta$  é um factor que depende das condições de ligação das suas extremidades e que pode considerar-se com os seguintes valores:

Pilares de estruturas de nós fixos: o menor dos valores dados por:

$$\eta = 0,7 + 0,05 (\alpha_1 + \alpha_2) \leq 1$$

$$\eta = 0,85 + 0,05 \alpha_{min} \leq 1$$

Pilares de estruturas de nós móveis: o menor dos valores dados por:

$$\eta = 1,0 + 0,15 (\alpha_1 + \alpha_2)$$

$$\eta = 2,0 + 0,3 \alpha_{min}$$

em que:

$\alpha_1$  parâmetro relativo a uma das extremidades do pilar, dado pela relação entre a soma das rigidezes de flexão dos pilares que

一、固定截面柱構件之細長度， $\lambda$ ，在每一方向可作以下解釋：

$$\lambda = l_0 / i$$

此處：

$l_0$  在考慮之方向之挫曲等效長度；

$i$  在考慮之方向單由混凝土組成之橫向截面回轉半徑。

在一些情況下，細長度  $\lambda$  應不大於 140。

二、柱之挫曲等效長度  $l_0$  係指柱最終彎矩分佈中兩點零值之距離。

計算桁架結構中柱之等效長度  $l_0$  須考慮物理及幾何非線性。一般情況， $l_0$  可用以下簡化定義：

$$l_0 = \eta l$$

此處  $l$  指構件之自由長度， $\eta$  係根據兩端支承狀況所設之系數且可採用以下數值：

非擺動結構之柱：採以下之較小值：

$$\eta = 0.7 + 0.05 (\alpha_1 + \alpha_2) \leq 1$$

$$\eta = 0.85 + 0.05 \alpha_{min} \leq 1$$

擺動結構之柱：採以下之較小值：

$$\eta = 1.0 + 0.15 (\alpha_1 + \alpha_2)$$

$$\eta = 2.0 + 0.3 \alpha_{min}$$

concorrem no nó e a soma das rigidezes de flexão das vigas que aí também concorrem;

$\alpha_2$  parâmetro idêntico a  $\alpha_1$ , relativo à outra extremidade do pilar;

$\alpha_{\min}$  o menor dos valores de  $\alpha$ .

Nas extremidades de pilares ligadas a elementos de fundação devem considerar-se os seguintes valores de  $\alpha$ :

no caso de sapatas que confirmam ao pilar encastramento parcial:  $\alpha = 1$ ;

no caso de sapatas que confirmam ao pilar encastramento perfeito (por exemplo, maciços de grandes dimensões):  $\alpha = 0$ ;

no caso de sapatas cuja ligação ao pilar não assegure transmissão de momentos:  $\alpha = 10$ .

#### Artigo 53.º

##### (Verificação da segurança das estruturas)

1. A verificação da segurança das estruturas relativamente ao estado limite último de encurvadura deve ser efectuada adoptando os mesmos factores parciais de segurança estabelecidos no artigo 44.º para os estados limites últimos de resistência, e tendo em conta as não linearidades físicas e geométricas do comportamento da estrutura.

2. No caso de estruturas de nós fixos poder-se-á em geral reduzir o problema à verificação da segurança de cada um dos pilares, efectuada de modo indicado na parte B do presente capítulo, atribuindo-lhes comprimentos efectivos de encurvadura determinados de acordo com o artigo 52.º e considerando-os solicitados nas suas extremidades pelos esforços resultantes de uma análise linear da estrutura, efectuada segundo os critérios estabelecidos no artigo 17.º

3. No caso de estruturas de nós móveis, se não for de temer instabilidade de conjunto, poder-se-á proceder de modo análogo ao indicado no n.º 2 deste artigo, considerando para esbelteza de cada pilar de um dado andar o valor médio das esbeltezas dos pilares desse andar, não se podendo, porém, relativamente a cada pilar, ser conduzido a uma capacidade resistente superior à que se obteria considerando o pilar como pertencendo a uma estrutura de nós fixos.

O problema da verificação da segurança das estruturas relativamente à encurvadura é bastante complexo, pois implica o conhecimento da deformada final da estrutura no seu conjunto, entrando em consideração com a modificação dos efeitos das acções devida à deformação (não linearidade geométrica) e com a alteração das características de rigidez dos elementos em função dos esforços desenvolvidos (não linearidade física).

No entanto, para as estruturas correntes, e dentro de certos limites, são aceitáveis processos simplificados, tais como os preconizados neste artigo. Chama-se no entanto à atenção para que no caso de estruturas de nós móveis com pilares muito esbeltos, apresentando grande deformabilidade horizontal, a aplicação de tais processos pode conduzir a resultados pouco realistas e por vezes inseguros; nestes casos deverá, conseqüentemente, proceder-se a uma análise mais rigorosa.

此處：

$\alpha_1$  柱一端之參數，由連接該端之柱剛度總和與樑剛度總和之關係而獲得；

$\alpha_2$  跟  $\alpha_1$  定義相同，但指柱之另一端；

$\alpha_{\min}$   $\alpha$  中之較小值。

當柱之一端連接基礎時，須考慮以下之  $\alpha$  值：

柱與基腳成半剛性結點： $\alpha = 1$ ；

柱與基腳成剛性結點：(例如 大型樁帽)： $\alpha = 0$ ；

柱與基腳結點不允許傳送彎矩： $\alpha = 10$ 。

#### 第五十三條

##### 結構安全確定

一、有關結構挫曲極限狀態之安全確定應採用第四十四條承載力極限狀態中之分項安全系數，亦應考慮結構之物理及幾何非線性表現。

二、考慮非擺動結構時，其安全問題可簡略為確定每一根柱之安全，採用本章 B 部分所指之方法，按第五十二條計算等效長度及按符合第十七條要求之結構線性分析中獲取柱兩端上之力。

三、考慮擺動結構時，若結點不怕失穩，得按類似本條第二款之方法進行，每一層之每一柱之細長度取用該層所有柱之細長度之平均值，但每一柱之承載力不可大於該柱在非擺動結構情況下之承載力。

有關結構之挫曲安全確定係相當複雜，亦包含要對相連在結點上之構件之最終變形有認識，加入考慮因變形而對荷載所產生之影響(幾何非線性)及因應力而導致構件剛度特性之改變(物理非線性)。

但在一般符合某些限定之結構，可採用本條所述之簡化方法。此處說明應注意有十分細長柱之擺動結構，會產生大水平方向變形，上述之方法可導致缺乏真實性及安全性之結果；這類情形須用較精確之分析方法。



## SECÇÃO II

## Verificação da segurança dos pilares

Artigo 54.º

## (Critérios de verificação da segurança)

1. A verificação da segurança dos pilares relativamente à encurvadura pode em geral ser reduzida à verificação de estados limites últimos de resistência por flexão com compressão em certas secções críticas do pilar. Tal verificação deve ser efectuada separadamente em relação a cada uma das direcções principais de inércia da secção do pilar, e ser complementada por uma verificação interessando simultaneamente ambas as direcções referidas. Esta verificação complementar pode ser dispensada nos casos em que, por motivo da existência de diferentes condições de ligação do pilar, as suas secções críticas, numa e noutra das direcções principais de inércia, não se situem na mesma zona do pilar.

No caso, porém, dos pilares que satisfaçam as condições indicadas no n.º 4 deste artigo não se torna necessário proceder à verificação da segurança em relação à encurvadura.

2. A verificação da segurança segundo uma dada direcção deve ser efectuada considerando que o valor de cálculo do momento flector actuante,  $M_{Sd}$  (definido no artigo 55.º) na secção crítica e na direcção em causa é acrescido do momento definido pela expressão:

$$N_{Sd} (e_a + e_2 + e_c)$$

em que  $N_{Sd}$  é o valor de cálculo do esforço normal actuante e os restantes símbolos representam excentricidades adicionais definidas no artigo 56.º e correspondentes à direcção considerada; nesta verificação não é necessário ter em conta a flexão desviada resultante da existência de momento na outra direcção.

A verificação complementar referida no n.º 1 deste artigo é uma verificação em flexão desviada que, de modo simplificado, pode ser efectuada admitindo uma interacção linear expressa por:

$$\frac{M'_{Sd,x}}{M_{Rd,xo}} + \frac{M'_{Sd,y}}{M_{Rd,yo}} \leq 1$$

em que:

$$M'_{Sd,x} = M_{Sd,x} + N_{Sd} (e_{a,x} + e_{2,x} + e_{c,x})$$

$$M'_{Sd,y} = M_{Sd,y} + N_{Sd} (e_{a,y} + e_{2,y} + e_{c,y})$$

e  $M_{Rd,xo}$  e  $M_{Rd,yo}$  são os valores de cálculo dos momentos resistentes segundo cada um dos eixos principais de inércia da secção em flexão não desviada, composta com um esforço normal de valor igual a  $N_{Sd}$ .

A verificação da segurança em relação à encurvadura pode ser dispensada nos casos em que se verifique uma das seguintes condições:

as relações entre os valores de cálculo dos momentos flectores e esforços normais actuantes,  $M_{Sd}$  e  $N_{Sd}$  sejam as seguintes:

$$M_{Sd}/N_{Sd} > 3,5 h \quad \text{para } \lambda < 70$$

$$M_{Sd}/N_{Sd} > 3,5 h (\lambda/70) \quad \text{para } \lambda > 70$$

em que  $h$  representa a altura da secção;

第二節  
柱之安全確定第五十四條  
安全確定標準

一、柱之挫曲安全確定一般得簡化為壓力復合彎曲下之承載能力極限狀態確定。該確定應逐一考慮柱截面慣性之每一主要方向，亦要附加確定同時發生在兩個方向之效應。當因不同接連情況下令柱之任何一慣性主要方向之臨界截面不出現在柱之同一位置上時，即可省略這附加確定。

但當滿足本條第四款所指之情況時，可以不進行柱之挫曲安全確定。

二、每一方向之安全確定應考慮於臨界截面該方向之外加設計彎矩  $M_{Sd}$  (定義見第五十五條)，再增加以下公式顯示之彎矩：

$$N_{Sd} (e_a + e_2 + e_c)$$

此處  $N_{Sd}$  指外加設計縱向力，而其它代號代表於第五十六條定義在考慮方向上之附加偏心距；上面之確定不需考慮在另一方向之彎矩所產生之雙向彎曲作用。

本條第一款所述之附加確定係一雙向彎曲確定，為求簡化，可採用一線性相交作用表示如下：

$$\frac{M'_{Sd,x}}{M_{Rd,xo}} + \frac{M'_{Sd,y}}{M_{Rd,yo}} \leq 1$$

此處：

$$M'_{Sd,x} = M_{Sd,x} + N_{Sd} (e_{a,x} + e_{2,x} + e_{c,x})$$

$$M'_{Sd,y} = M_{Sd,y} + N_{Sd} (e_{a,y} + e_{2,y} + e_{c,y})$$

及  $M_{Rd,xo}$  與  $M_{Rd,yo}$  係慣性之兩主要方向在非雙彎曲情況下與一縱向力  $N_{Sd}$  之復合彎矩承載能力。

在出現以下任何一種條件之情況中，挫曲安全確定可被免除：

當外加彎矩及縱向力， $M_{Sd}$  與  $N_{Sd}$  之關係如下：

$$M_{Sd}/N_{Sd} > 3.5 h \quad \text{若 } \lambda < 70$$

$$M_{Sd}/N_{Sd} > 3.5 h (\lambda/70) \quad \text{若 } \lambda > 70$$

此處  $h$  代表截面高度；

a esbelteza seja inferior ou igual a 35 no caso de estruturas de nós móveis e, no caso de estruturas de nós fixos, satisfaça a condição:

$$\lambda \leq 50 - 15 M_{Sd,b} / M_{Sd,a}$$

em que  $M_{Sd,b}$  e  $M_{Sd,a}$  têm o significado e os sinais indicados no n.º 2 do artigo 55.º e  $\lambda$  é a esbelteza definida no n.º 1 do artigo 52.º

Note-se que as regras dadas para a verificação da segurança em relação à encurvadura de pilares são também aplicáveis, naturalmente, a outros elementos comprimidos, tais como escoras, vigas sujeitas a esforços de compressão, paredes, etc. A razão de se ter referenciado as regras em causa aos pilares deve-se ao facto de ser para estes elementos que, na grande maioria dos casos, o fenómeno tem maior acuidade.

#### Artigo 55.º

##### (Momentos actuantes nas secções críticas)

1. Nos pilares pertencentes a estruturas de nós móveis, pode considerar-se que as secções críticas se localizam junto das extremidades dos pilares, sendo, portanto, em relação aos valores de cálculo dos momentos flectores  $M_{Sd}$ , aí actuantes, que deve proceder-se à verificação da segurança de acordo com os critérios estabelecidos no artigo 54.º

2. Nos pilares pertencentes a estruturas de nós fixos, a secção crítica não se localiza em geral junto das extremidades dos pilares (mas antes numa zona intermédia), e o valor de cálculo do momento  $M_{Sd}$  a considerar deve ser o maior dos valores obtidos pelas seguintes expressões:

$$M_{Sd} = 0,6 M_{Sd,a} + 0,4 M_{Sd,b}$$

$$M_{Sd} = 0,4 M_{Sd,a}$$

em que  $M_{Sd,a}$  e  $M_{Sd,b}$  são os valores de cálculo dos momentos actuantes nas extremidades do pilar, supondo-se  $|M_{Sd,a}| \geq |M_{Sd,b}|$  e atribuindo-lhes o mesmo sinal ou sinais contrários consoante determinam uma deformada do pilar com simples ou com dupla curvatura, respectivamente.

#### Artigo 56.º

##### (Excentricidades adicionais)

1. As excentricidades adicionais  $e_a$ ,  $e_2$  e  $e_c$ , referidas no artigo 54.º, designadas respectivamente excentricidade accidental, excentricidade de 2.ª ordem e excentricidade de fluência, devem ser quantificadas de acordo com os números seguintes e ser tomadas com o sentido mais desfavorável no plano de encurvadura em consideração.

2. A excentricidade accidental,  $e_a$ , que se destina a ter em conta os efeitos das imperfeições geométricas da execução dos pilares ou da deficiente avaliação da posição da resultante das forças neles actuantes, deve ser quantificada em face das condições particulares de cada caso.

在擺動結構上，當柱之細長度不大於 35，及在非擺動結構上，滿足下面要求：

$$\lambda \leq 50 - 15 M_{Sd,b} / M_{Sd,a}$$

此處  $M_{Sd,b}$  與  $M_{Sd,a}$  具重要性及其正負值在第五十五條第二款說明，而  $\lambda$  則指第五十二條第一款所述之細長度。

注意上面各有關柱挫曲安全確定方式亦自然地用在其他受壓構件上，如支撐柱，受壓力影響之樑，牆等等。上述之規例只把柱歸類，原因係在大多情況下，發生在柱上之挫曲現象較為顯著。

#### 第五十五條

##### 臨界截面之外加彎矩

一、對屬於擺動結構之柱，其臨界截面位置可定為柱之兩端，因此，其設計彎矩  $M_{Sd}$  取用於該位置上之外加彎矩，而其安全確定應按第五十四條所建立之標準進行。

二、對屬於非擺動結構之柱，其臨界截面一般不位於柱之兩端 (而是在柱身)，設計彎矩需取以下兩公式較大之值：

$$M_{Sd} = 0.6 M_{Sd,a} + 0.4 M_{Sd,b}$$

$$M_{Sd} = 0.4 M_{Sd,a}$$

此處  $M_{Sd,a}$  及  $M_{Sd,b}$  係兩端之設計外加彎矩，假設  $|M_{Sd,a}| \geq |M_{Sd,b}|$ ，當導致柱單曲變形，兩數之正負值相同，而當導致柱雙曲變形，則兩數之正負值相反。

#### 第五十六條

##### 附加偏心距

一、第五十四條所述之附加偏心值  $e_a$ ,  $e_2$  及  $e_c$  分別指偶然偏心距，二階偏心距，及混凝土蠕變偏心距，應按以下幾款來制定其值，及取用時意會到在所考慮之彎曲面上之最不利情況。

二、偶然偏心距  $e_a$  目的係包括柱施工時幾何誤差或外加合力缺乏所需位置之效應，制定其值時應按個別情況進行。在普通情況下， $e_a$  可取相等於  $l_0/300$ ，但不少於 20 mm， $l_0$  指第五十二條所定義之等效長度。

Nos casos correntes, porém, pode tomar-se para  $e_a$  um valor igual a  $l_0/300$ , com o mínimo de 20 mm, sendo  $l_0$  o comprimento efectivo de encurvadura definido no artigo 52.º

3. A excentricidade de 2.ª ordem,  $e_2$ , corresponde à flecha do pilar, relativa à secção crítica, que torna máxima, nesta secção, a diferença ( $M'_{Rd} - N_{Sd} e_2$ ), em que  $M'_{Rd}$  é um momento resistente que, sob a acção de  $N_{Sd}$  e satisfazendo as hipóteses do artigo 46.º, é compatível com  $e_2$ .

Pode admitir-se que a relação entre a excentricidade  $e_2$  e a curvatura do pilar na secção crítica,  $1/r$ , é expressa por:

$$e_2 = \frac{1}{r} \frac{l_0^2}{10}$$

Nos casos correntes, e de modo simplificado, poder-se-á adaptar para  $1/r$  o valor dado pela seguinte expressão:

$$\frac{1}{r} = \frac{5}{h} \times 10^{-3} \eta$$

em que  $h$  representa a altura da secção no plano de encurvadura considerado e  $\eta$  é um coeficiente dado pela expressão:

$$\eta = \frac{0,4 f_{cd} A_c}{N_{Sd}}$$

cujo valor, porém, não deve ser considerado superior à unidade; nesta expressão,  $A_c$  representa a área da secção transversal do pilar.

4. A excentricidade de fluência,  $e_c$ , que se destina a ter em conta o acréscimo de deformação do pilar devido aos efeitos da fluência, deve ser quantificada em face dos esforços actuantes e das propriedades reológicas do betão. Nos casos correntes, pode considerar-se para esta excentricidade o valor dado pela expressão:

$$e_c = \left( \frac{M_{Sg}}{N_{Sg}} + e_a \right) \left[ \exp \left( \frac{\varphi_c(t_\infty, t_0) N_{Sg}}{N_E - N_{Sg}} \right) - 1 \right]$$

em que:

$M_{Sg}, N_{Sg}$  esforços devidos às acções com carácter de permanência (que provocam fluência), não afectadas do factor parcial de segurança  $\gamma_f$ ;

$e_a$  excentricidade accidental, definida no n.º 2 deste artigo;

$\varphi_c(t_\infty, t_0)$  coeficiente de fluência que poderá, em geral, tomar o valor 2,5;

$N_E$  carga crítica de Euler, definida por  $10 E_{c,28} I_c / l_0^2$ , em que  $E_{c,28}$  é o modulo de elasticidade do betão,  $I_c$  é o momento de inércia da secção transversal do pilar, na direcção considerada e referido à área de betão, e  $l_0$  é o comprimento efectivo de encurvadura.

A excentricidade de fluência poderá, no entanto, deixar de ser considerada nos casos em que se verifique uma das seguintes condições:

$$\begin{aligned} M_{Sd}/N_{Sd} &\geq 2,0 h \\ \lambda &\leq 70 \end{aligned}$$

三、二階偏心距  $e_2$  相應於柱彎曲所導致在臨界截面上 ( $M'_{Rd} - N_{Sd} e_2$ ) 有最大之差, 此處  $M'_{Rd}$  係與  $e_2$  相容之彎矩抵抗力, 單由  $N_{Sd}$  所影響同時符合第四十六條中之假設。

可允許設定偏心距  $e_2$  與柱臨界截面彎曲  $1/r$  之關係如下:

$$e_2 = \frac{1}{r} \frac{l_0^2}{10}$$

在普通情況下, 為簡化起見,  $1/r$  值可用以下公式計算:

$$\frac{1}{r} = \frac{5}{h} \times 10^{-3} \eta$$

此處  $h$  指所考慮中彎曲截面之高度而  $\eta$  係一係數, 從以下公式求得:

$$\eta = \frac{0,4 f_{cd} A_c}{N_{Sd}}$$

其值應不能大於1.0; 該公式中  $A_c$  代表柱之橫截面面積。

四、混凝土蠕變偏心距目的係包括因蠕變效應所導致之增大變形, 制定其值時應按外加力及混凝土之流變特性來進行。

在普通情況, 該偏心距可從以下公式求得:

$$e_c = \left( \frac{M_{Sg}}{N_{Sg}} + e_a \right) \left[ \exp \left( \frac{\varphi_c(t_\infty, t_0) N_{Sg}}{N_E - N_{Sg}} \right) - 1 \right]$$

此處:

$M_{Sg}, N_{Sg}$  永久作用下之外加力(因而產生蠕變), 計算時不用分項安全係數  $\gamma_f$ ;

$e_a$  意外偏心值, 在第五十六條第二款內定義;

$\varphi_c(t_\infty, t_0)$  蠕變係數, 一般設為 2.5;

$N_E$  Euler 臨界壓力, 定為  $10 E_{c,28} I_c / l_0^2$ , 此處  $E_{c,28}$  指混凝土彈性模量,  $I_c$  指柱截面混凝土面積在所考慮方向之慣性矩, 而  $l_0$  則指等效長度。

當確定以下其中之一條件時, 混凝土蠕變偏心值即可省略:

$$\begin{aligned} M_{Sd}/N_{Sd} &\geq 2,0 h \\ \lambda &\leq 70 \end{aligned}$$

Note-se que, no caso de pilares pré-esforçados, os valores de  $N_{sd}$ ,  $N_{sg}$  e  $M_{sg}$  que figuram nas expressões apresentadas para o cálculo de  $\eta$  e  $e_c$ , devem incluir, além dos efeitos hiperestáticos do pré-esforço, os efeitos isostáticos devidos ao pré-esforço instalado nesses pilares.

### CAPÍTULO III

#### Verificação da segurança em relação aos estados limites de utilização

#### SECÇÃO I

#### Disposições gerais

Artigo 57.º

#### (Generalidades)

Para a verificação da segurança em relação aos estados limites de utilização (fendilhação e deformação) interessa considerar, de acordo com o RSA, estados limites de muito curta duração, de curta duração e de longa duração. A estes tipos de estados limites correspondem, respectivamente, os seguintes tipos de combinações de acções: combinações raras, combinações frequentes e combinações quase-permanentes.

Artigo 58.º

#### (Regras de verificação da segurança)

1. A verificação da segurança em relação aos estados limites de utilização deve em geral ser efectuada em termos dos parâmetros que definem esses estados limites, devendo os valores atribuídos a tais parâmetros ser iguais ou superiores aos valores que eles assumem devido às acções, combinadas e quantificadas segundo as regras estipuladas pelo RSA.

2. Os valores dos parâmetros que definem os estados limites, bem como as teorias de comportamento a utilizar, constam das partes B e C do presente capítulo, respectivamente para a fendilhação e para a deformação.

3. Observe-se que, de acordo com o RSA, para os estados limites de utilização os coeficientes de segurança  $\gamma_r$ , relativos às acções (permanentes e variáveis), e os coeficientes de segurança  $\gamma_m$ , relativos às propriedades dos materiais, devem ser considerados iguais à unidade.

#### SECÇÃO II

#### Fendilhação

Artigo 59.º

#### (Generalidades)

A fendilhação deve ser limitada a um nível que não afecte o funcionamento correcto da estrutura, nem torne o seu aspecto inaceitável.

A fendilhação é praticamente inevitável em estruturas de betão armado sujeitas a flexão, esforço transversal, torção ou tracção, resultantes de acções directas ou de impedimentos às deformações impostas.

注意當用於預應力柱時，出現在計算  $\eta$  及  $e_c$  之  $N_{sd}$ ,  $N_{sg}$  及  $M_{sg}$  應不單包括預應力之超靜定效應，同時亦需考慮由柱預應力所導致之靜定效應。

### 第三章

#### 正常使用極限狀態之安全確定

#### 第一節

#### 一般規定

#### 第五十七條

#### 總則

按照 RSA，有關正常使用狀態之確定 (開裂及變形) 需考慮極短期極限狀態，短期極限狀態及長期極限狀態。該等狀態分別相應以下不同作用組合：稀有組合、頻繁組合、及準永久組合。

#### 第五十八條

#### 安全確定規則

一、正常使用極限狀態之安全確定一般應以定義該極限狀態之參數為依據，而所引用之參數值亦應大於或相等於從作用、組合及 RSA 內制定值規則中所得之值。

二、本章 B 及 C 部分包含極限狀態定義參數及正常使用表現之理論，兩部分分別序述有關開裂及變形。

三、按 RSA，正常使用極限狀態中之作用 (永久或可變) 分項安全係數  $\gamma_f$  及材料分項安全係數  $\gamma_m$ ，應設為 1.0。

#### 第二節

#### 開裂

#### 第五十九條

#### 總則

結構開裂應限制在一不影響其正常運作或出現不可接受情況之水平內。

結構體當受直接荷載或防礙應有之變形而產生之彎矩、剪力、扭矩、或拉力時，實際上出現開裂係不可避免。

As fendas também podem ser provocadas por outras causas, como retracção plástica, reacções químicas de expansão interna do betão endurecido.

Para limitar as larguras das fendas a valores aceitáveis deve garantir-se uma percentagem mínima de armadura aderente, bem como o afastamento e o diâmetro dos varões.

#### Artigo 60.º

##### (Armaduras mínimas)

1. Para efeito do disposto neste artigo, entende-se por zona traccionada a parte de uma secção que tem tracções imediatamente antes da formação da primeira fenda.

2. As áreas mínimas de armadura necessárias para assegurar o controlo da fendilhação, num elemento ou parte do elemento que possa estar sujeito a tensões de tracção devidas ao impedimento das deformações impostas, podem ser calculadas a partir da relação:

$$A_s = k_c k f_{ct,ef} A_{ct} / \sigma_s$$

em que:

$A_s$  área da armadura na zona traccionada;

$A_{ct}$  área de betão na zona traccionada;

$\sigma_s$  tensão máxima admissível na armadura, imediatamente antes da formação da fenda ( $f_{syk}$  ou um valor inferior, de acordo com o Quadro 9);

$f_{ct,ef}$  resistência do betão à tracção, quando da primeira formação de fendas;

$k_c$  coeficiente que tem em conta a natureza da distribuição de tensões na secção, imediatamente antes da fendilhação;

= 1,0 para tracção simples

= 0,4 para flexão simples

= 0,2 para flexão com compressão

$k$  coeficiente que considera o efeito de tensões auto-equilibradas não uniformes.

= 0,8 para tensões de tracção devidas a impedimentos a deformações intrínsecas em geral (por exemplo, a retracção do betão)

= 1,0 para tensões devidas a impedimentos a deformações extrínsecas (por exemplo, assentamentos de apoio).

#### Artigo 61.º

##### (Controlo da fendilhação sem cálculo directo)

1. Para lajes armadas ou pré-esforçadas de edifícios sujeitas a flexão sem tracção axial significativa, quando a sua altura total não seja superior a 200 mm, e se respeite o disposto nos artigos 93.º a 108.º, não são necessárias outras medidas para controlar a fendilhação.

2. Quando se respeite a armadura mínima indicada no artigo anterior e as disposições construtivas aplicáveis do capítulo II do

abrir-se também podem ser provocadas por outras causas, como retracção plástica, reacções químicas de expansão interna do betão endurecido.

Para limitar as larguras das fendas a valores aceitáveis deve garantir-se uma percentagem mínima de armadura aderente, bem como o afastamento e o diâmetro dos varões.

#### 第六十條

##### 最少配筋

一、為着本條之效力，所指受拉區為未出現第一條裂縫前受拉應力之那部分截面。

二、對防礙應有變形時在構件或其部分所導致之拉應力，為確保開裂之控制所需之最細鋼筋面積可用以下關係式計算：

$$A_s = k_c k f_{ct,ef} A_{ct} / \sigma_s$$

此處：

$A_s$  受拉區內之鋼筋；

$A_{ct}$  受拉區內之混凝土；

$\sigma_s$  鋼筋所允許之最大應力，出現於剛開裂前（ $f_{syk}$ 或一較少值，按表九取用）；

$f_{ct,ef}$  當首次出現裂縫時，混凝土之抗拉強度；

$k_c$  剛開裂前截面應力分佈系數；

= 1.0 純拉

= 0.4 純彎矩

= 0.2 複合彎矩

$k$  應力不均勻分佈自動調平衡效應系數

= 0.8 一般本身內部防礙應有變形而導致拉應力（例如混凝土收縮）

= 1.0 外間防礙應有形而導致拉應力（例如支承沉降）

#### 第六十一條

##### 不需作直接計算之開裂控制

一、受彎矩而不受拉力之樓宇鋼筋加固或預應力板，當其總厚度不超過200mm及遵照第九十三至一百零八條之規定時，不需作其它控制開裂設施。

二、當遵照上條所述之最小配筋及第三編第二章之施工規定時，而周圍環境屬下條所定之外界環境級別一或

título III, em ambientes das classes de exposição 1 e 2 de acordo com a classificação do artigo seguinte, basta verificar os valores dos diâmetros máximos dos varões e o seu espaçamento máximo, definidos no Quadro 9 e no Quadro 10.

Quadro 9. Diâmetros máximos dos varões

Tensão da armadura (MPa)	Diâmetros máximos dos varões (mm)	
	Secções armadas	Secções pré-esforçadas
160	32	25
200	25	16
240	20	12
280	16	8
320	12	6
360	10	5
400	8	4
450	6	-

Quadro 10. Espaçamento máximo dos varões

Tensão da armadura (MPa)	Espaçamento máximo dos varões (mm)		
	Flexão simples	Tracção simples	Secções pré-esforçadas (flexão)
160	300	200	200
200	250	150	150
240	200	125	100
280	150	75	50
320	100	-	-
360	50	-	-

Artigo 62.º

**(Agressividade do ambiente e sensibilidade das armaduras à corrosão)**

1. Para a escolha dos estados limites de fendilhação em relação aos quais há que verificar a segurança, interessa considerar a agressividade do ambiente e a sensibilidade das armaduras à corrosão.

2. As classes de exposição, correspondentes aos diferentes tipos de ambientes em Macau a que o betão pode ficar exposto, de acordo com a NB, são as seguintes:

Classe 1: betão sem contacto directo com águas ou solos;

Classe 2: betão exposto ao ar, a águas ou solos não agressivos;

Classe 3: betão em contacto com água do mar ou solos agressivos.

3. Do ponto de vista da sensibilidade à corrosão, e para efeitos de aplicação do presente regulamento, consideram-se como muito sensíveis as armaduras de pré-esforço e as armaduras ordinárias com diâmetro inferior a 3 mm e como pouco sensíveis as armaduras ordinárias.

Artigo 63.º

**(Estados limites de fendilhação a considerar)**

1. Os estados limites de fendilhação a considerar para assegurar a conveniente durabilidade das estruturas devem ser escolhi-

do, e, para a escolha dos estados limites de fendilhação, de acordo com o artigo seguinte, basta verificar os valores dos diâmetros máximos dos varões e o seu espaçamento máximo, definidos no Quadro 9 e no Quadro 10.

表九 鋼筋之最大直徑

鋼筋應力 (MPa)	鋼筋之最大直徑	
	鋼筋加固載面	預應力載面
160	32	25
200	25	16
240	20	12
280	16	8
320	12	6
360	10	5
400	8	4
450	6	-

表十 鋼筋之最大間距

鋼筋應力 (MPa)	鋼筋之最大間距		
	純彎矩	純拉	預應力載面 (彎矩)
160	300	200	200
200	250	150	150
240	200	125	100
280	150	75	50
320	100	-	-
360	50	-	-

第六十二條

**外界環境侵蝕性與鋼筋腐蝕敏感度**

一、選擇開裂極限狀態之安全確定，應留意考慮外界環境侵蝕性與鋼筋腐蝕敏感度。

二、外界環境級別係以混凝土在本澳所接觸之不同環境，按 **NB** 標準制定如下：

一級 混凝土不直接與水或泥土接觸；

二級 混凝土暴露於非侵蝕性空氣、水或泥土；

三級 混凝土與侵蝕性空氣、水或泥土接觸。

三、從腐蝕敏感度觀點上，及應用本規章時，預應力鋼筋及直徑少於 3 mm 之普通鋼筋當作高敏感，而其它普通鋼筋則當作低敏感。

第六十三條

**考慮之開裂極限狀態**

一、考慮開裂極限狀態以確保結構應有之耐久性應選

dos em relação a cada tipo de combinação de acções referidas no artigo 57.º, tendo em conta a agressividade do ambiente e a sensibilidade das armaduras à corrosão.

De acordo com o disposto no artigo 7.º, os estados limites de fendilhação a considerar podem ser o de descompressão e o de largura de fendas.

2. No caso de armaduras de pré-esforço, os estados limites a considerar são o de descompressão e o de largura de fendas, nas condições indicadas no Quadro 11.

Quadro 11. Estados limites de fendilhação — Armaduras de pré-esforço

Classe de exposição ambiental	Combinações de acções	Estado limite
Classes 1 e 2	Frequentes	Largura de fendas, $w = 0.2 \text{ mm}$
	Quase permanentes	Descompressão
Classe 3	Raras	Largura de fendas, $w = 0.2 \text{ mm}$
	Frequentes	Descompressão

Além da quantificação dos estados limites, outras exigências devem também ser respeitadas, tais como a espessura dos recobrimentos e a composição do betão.

Tem interesse ainda chamar à atenção para que o problema da fendilhação pode estar ligado apenas ao tipo de utilização que vai ser dada à estrutura; é o caso, por exemplo, dos depósitos, em que a estanquidade exige a não existência de fendas. Trata-se, porém, de situações particulares, que como tal devem ser encaradas.

3. Note-se que os estados limites de fendilhação considerados dizem fundamentalmente respeito a fendilhação transversal às armaduras de elementos sujeitos a esforços normais e de flexão. A limitação da fendilhação de outros tipos, como, por exemplo, a devida a esforços transversos e de torção, e a que se desenvolve paralelamente às armaduras longitudinais, é assegurada por disposições construtivas apropriadas, indicadas no presente regulamento.

Artigo 64.º

(Estado limite de descompressão)

A segurança em relação ao estado limite de descompressão considera-se satisfeita se não existirem, nas secções do elemento, tracções ao nível da fibra extrema que ficaria mais traccionada (ou menos comprimida) por efeito dos esforços actuantes, com exclusão do pré-esforço.

A determinação de tensões necessária à verificação desta condição deve ser feita considerando as secções em fase não fendilhada, descontando os vazios correspondentes à eventual existência de armaduras ainda não aderentes e admitindo comportamento elástico perfeito dos materiais.

No caso de se pretender ter em conta a contribuição de armaduras aderentes, o valor do coeficiente de homogeneização  $\alpha = E_s / E_c$  a considerar deve reflectir a influência da duração das acções sobre o valor do módulo de elasticidade do betão; nos casos correntes pode considerar-se  $\alpha = 18$  para acções com carácter

em Fifth十七條所述之每一類作用組合，亦包括外界環境侵蝕性及鋼筋腐蝕敏感度。

按第七條，考慮開裂極限狀態可分作減壓及開裂寬度。

二、在預應力鋼筋構件，考慮之極限狀態係指減壓及開裂寬度，有關情況顯示於表十一。

表十一 預應力鋼筋之開裂極限狀態

外界環境級別	作用組合	極限狀態
一級及二級	頻繁	裂縫寬度 $w = 0.2 \text{ mm}$
	準永久	減壓
三級	稀有	裂縫寬度 $w = 0.2 \text{ mm}$
	準永久	減壓

除制定極限狀態之值外，亦應遵守其它要求，如保護層厚度及混凝土配比。

此處要提醒開裂問題可能單與每一結構件之正常使用相連，以水箱為例，其密封要求不得有任何開裂。處理時應面對之特別情況。

三、注意考慮之開裂極限狀態基本上說由縱向外力及彎矩力所導致與構件鋼筋成橫向之裂縫。其他類別如因剪力及扭力以及平行縱向鋼筋方向之裂縫，應採用本規章所指示之適當構造配置以確保安全。

第六十四條

減壓極限狀態

減壓極限狀態可視為安全，若在構件截面最端之纖維上不出現，因外加力效應所引起之拉應力增加 (或壓應力減少)，預應力效應不計算在內。

用作確定以上情形所需之應力計算應考慮未開裂之截面，減去最終放置仍未黏着之鋼筋之空間，並接納材料之完全彈性行爲。

如欲計算已黏着之鋼筋之貢獻，同質性係數  $\alpha = E_s / E_c$  應反映出作用期間對混凝土彈性模量之影響；普通情況

de permanência (que provocam fluência) e pode tomar-se  $\alpha = 6$  nas restantes situações.

### Artigo 65.º

#### (Estado limite de largura de fendas)

1. A segurança em relação ao estado limite de largura de fendas considera-se satisfeita se o valor de cálculo da largura das fendas, ao nível das armaduras mais traccionadas, não exceder o valor de  $w$  especificado no artigo 63.º

A determinação do valor de cálculo da largura das fendas,  $w_k$ , pode ser efectuada pela expressão seguinte:

$$w_k = \beta s_{rm} \varepsilon_{sm}$$

em que:

$s_{rm}$  distância média final entre fendas;

$\varepsilon_{sm}$  extensão média tendo em conta, para a combinação de acções apropriada, os efeitos da rigidez da zona traccionada;

$\beta$  coeficiente relacionando a largura média das fendas com o valor de cálculo

= 1,7 para fendilhação devida às acções aplicadas e para fendilhação devida a deformações impedidas em secções com uma dimensão mínima superior a 800 mm;

= 1,3 para fendilhação devida a deformações impedidas em secções cuja dimensão mínima (altura, largura, ou espessura) seja igual ou inferior a 300 mm;

para secções com dimensões intermédias os valores podem ser interpolados;

2. No caso de elementos sujeitos a tracção ou a flexão, simples ou composta, a distância média final entre fendas e a extensão média da armadura podem ser calculadas do modo a seguir indicado:

a) Distância média entre fendas:

$$s_{rm} = 50 + 0,25 k_1 k_2 \frac{\phi}{\rho_r}$$

em que:

$\phi$  diâmetro dos varões da armadura em mm (no caso de se utilizarem varões de diâmetros diferentes pode considerar-se um diâmetro médio);

$k_1$  coeficiente dependente das características de aderência dos varões, que deve ser tomado igual a 0,8 para varões de alta aderência e igual a 1,6 para varões de aderência normal;

$k_2$  coeficiente dependente da distribuição de tensões de tracção na secção, dado por:

$$k_2 = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2}{2\varepsilon_1}$$

可採用  $\alpha = 18$  於永久作用 (可導致蠕變) 及  $\alpha = 6$  於其他情況。

### 第六十五條

#### 裂縫寬度極限狀態

一、裂縫寬度極限狀態可視為安全，若在受拉力最大之鋼筋之位置出現開裂，而其寬度之設計值不大於第六十三條中注明之  $w$  值。

計算該設計值  $w_k$  可按以下公式：

$$w_k = \beta s_{rm} \varepsilon_{sm}$$

此處：

$s_{rm}$  裂縫之間最終之平均距離；

$\varepsilon_{sm}$  平均增長率，以適當之作用組合計算。

$\beta$  以平均裂縫寬度為設計值之係數

= 1.7 當因外加作用而開裂或當最小尺寸大於 800mm 之截面因應有變形受阻而開裂；

= 1.3 當小尺寸（長、寬、或厚）以於 300mm 之截面因應有變形受阻而開裂；

對 300mm 至 800mm 之間之尺寸截面，所選之值可用內插法。

二、當構件係受拉，純彎曲或復合彎曲，裂縫之間距離與鋼筋平均增長率可照以下方法計算：

a) 裂縫之間距離：

$$s_{rm} = 50 + 0.25 k_1 k_2 \frac{\phi}{\rho_r}$$

此處：

$\phi$  鋼筋以 mm 為單位之直徑（若採用不同直徑鋼筋時，可取其平均值）；

$k_1$  受鋼筋握裹力影響之係數；高握裹力鋼筋應用 0.8；普通握裹力鋼筋應用 1.6；

$k_2$  受截面拉應力分佈影響之係數；計算如下：

$$k_2 = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2}{2\varepsilon_1}$$



em que  $\epsilon_1$  e  $\epsilon_2$  são, respectivamente, a maior e a menor extensão de tracção nas fibras extremas da secção considerada, calculadas em secção fendilhada (pode-se tomar  $k_2 = 0,5$  para flexão simples e  $k_2 = 1,0$  para tracção simples);

$\rho_r$  percentagem efectiva de armadura,  $A_s/A_{c,ef}$  em que  $A_s$  é a área de armadura contida na área traccionada efectiva,  $A_{c,ef}$ ; a área traccionada efectiva é geralmente a área de betão que rodeia a armadura de tracção, com uma altura igual a 2,5 vezes a distância da face traccionada da secção ao baricentro da armadura. (Figura 13); para lajes ou para elementos pré-esforçados em que a altura da zona de tracção pode ser pequena, a altura da área efectiva não deve ser considerada maior do que  $(h-x)/3$ .

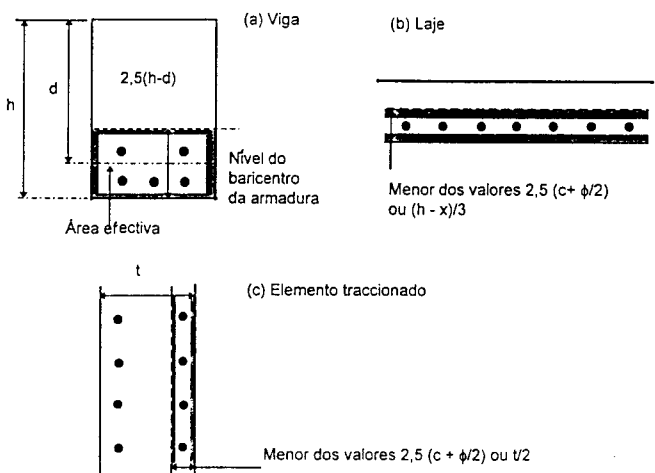


Figura 13. Área efectiva (casos típicos)

b) Extensão média das armaduras traccionadas:

$$\epsilon_{sm} = \frac{\sigma_s}{E_s} \left[ 1 - \beta_1 \beta_2 \left( \frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2 \right]$$

em que:

$\sigma_s$  tensão de tracção na armadura (ou variação de tensão no caso de armaduras de pré-esforço), correspondente ao esforço resultante da combinação de acções em causa; esta tensão deve ser calculada em secção fendilhada;

$\sigma_{sr}$  tensão de tracção na armadura (ou variação de tensão no caso de armadura de pré-esforço), calculada em secção fendilhada, correspondente ao esforço que provoca o início da fendilhação; este esforço é o que, em secção não fendilhada, conduz a uma tensão de tracção máxima no betão de valor  $f_{ctm}$ ;

$E_s$  módulo de elasticidade do aço;

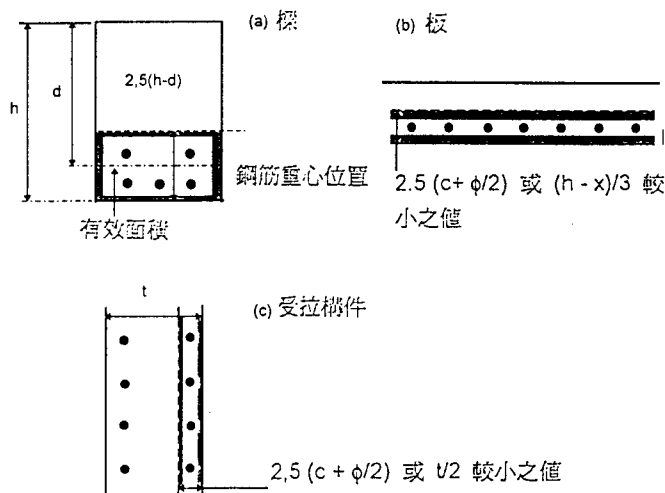
$\beta_1$  coeficiente dependente das características de aderência dos varões da armadura, que deve ser tomado igual a 1,0 para varões de alta aderência e igual a 0,5 para varões de aderência normal;

$\beta_2$  coeficiente dependente da permanência ou da repetição das acções, que deve ser tomado igual a 0,5 no caso de combinações frequentes ou quase permanentes e igual a 1,0 no caso de combinações raras de acções.

No caso de armaduras pré-esforçadas, as variações de tensão  $\sigma_s$  e  $\sigma_{sr}$  devem ser calculadas a partir do estado correspondente ao anulamento das tensões de compressão induzidas pelo pré-esforço no betão envolvente da armadura.

此處  $\epsilon_1$  及  $\epsilon_2$  分別指在考慮截面最極兩端纖維之最大及最小拉應變量; 利用開裂後之截面進行計算 (可在純彎矩時取  $k_2 = 0.5$  及在純拉時取  $k_2 = 1.0$ ) ;

Pr 鋼筋有效比率,  $A_s / A_{c,ef}$ , 此處  $A_s$  指在有效受拉區面積,  $A_{c,ef}$  其高度相等於 2.5 倍由截面受拉邊與鋼筋重心之距離; (見圖十三) 對受拉區高度可以係很小之板或預應力構件, 有效面之高度不能設為大於  $(h-x) / 3$ 。



圖十三：有效面積（典型情況）

b) 受拉鋼筋平均增長率:

$$\epsilon_{sm} = \frac{\sigma_s}{E_s} \left[ 1 - \beta_1 \beta_2 \left( \frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2 \right]$$

此處:

$\sigma_s$  鋼筋拉應力 (或預應力鋼筋之應力變化), 由所受之作用組合之合力而產生; 該應力應以開裂後之截面進行計算;

$\sigma_{sr}$  鋼筋拉應力 (或預應力鋼筋之應力變化), 以開裂後之截面進行計算, 所受之外力係剛導致開裂之外力; 用在未開裂之截面時, 該外力將令混凝土達到其最大之拉應力  $f_{ctm}$ ;

$E_s$  鋼筋彈性模量;

$\beta_1$  鋼筋握裹特性係數; 高握裹力鋼筋應用 1.0; 普通握裹力鋼筋應用 0.5;

$\beta_2$  永久性或循環性作用係數; 頻繁組合或準永久組合應用 0.5, 而稀有組合應用 1.0。

對預應力鋼筋而言, 應力變化  $\sigma_s$  及  $\sigma_{sr}$  應由預應力對鋼筋混凝土所產生之壓應力減弱計算。

3. O valor da extensão média das armaduras não pode, em caso algum, ser considerado inferior a  $0,4 \sigma_s / E_s$ .

4. Para a determinação das tensões nas armaduras em secção fendilhada pode admitir-se comportamento elástico perfeito dos materiais com um coeficiente de homogeneização adequado à natureza (duração) das acções; no entanto, pode, por simplificação, adoptar-se para tal coeficiente o valor de  $\alpha = 15$ .

#### Artigo 66.º

##### (Verificação da tensão máxima de compressão)

A verificação da segurança em relação aos estados limites de fendilhação deve ser complementada por uma verificação de tensão máxima de compressão no betão, efectuada para as combinações raras de acções.

O valor desta tensão é limitado em geral a  $f_{ck}$ , valor de cálculo da tensão de rotura à compressão. No caso, porém, de o betão não ter atingido a idade de 28 dias, o valor limite da tensão deve ser  $f_{ck,j} / \gamma_c$ , em que  $f_{ck,j}$  é o valor característico da tensão de rotura do betão à compressão, referido a provetes cilíndricos, determinado para a idade  $j$  em consideração e  $\gamma_c$  é o factor parcial de segurança cujo valor é 1,5.

A verificação em causa deve ser feita admitindo comportamento elástico perfeito dos materiais e considerando a secção fendilhada ou não fendilhada consoante existam ou não tensões de tracção (calculadas em secção não fendilhada) de valor superior ao valor  $f_{ctm}$ , definido no artigo 28.º

#### SECÇÃO III

##### Deformação

#### Artigo 67.º

##### (Estados limites de deformação a considerar)

1. Os valores limites das deformações (flechas, rotações, deslocamentos) a considerar em correspondência com as combinações de acções referidas no artigo 57.º, com vista à verificação da segurança em relação ao estado limite de deformação, dependem do tipo de estrutura e das condições da sua utilização, devendo, portanto, ser convenientemente estabelecidos em cada caso.

2. Os valores limites das flechas indicados nos n.ºs 3 e 4 deste artigo constam da ISO 4356 e permitem garantir em geral um desempenho adequado de edifícios de habitação e de escritórios, edifícios públicos ou fábricas. É necessário tomar cuidado para assegurar que não há circunstâncias especiais que os tornem inadequados para a estrutura considerada. Outras informações relativas a problemas de flechas e dos seus valores limites podem ser obtidas na ISO 4356.

3. O aspecto e as condições de utilização da estrutura podem ser afectados quando a flecha calculada para uma viga, laje ou consola sujeitas a acções quase permanentes for superior ao valor  $vão/250$ . A flecha é calculada em relação aos apoios. Pode utilizar-se uma contraflecha para compensar alguns ou todos os deslocamentos, mas em geral qualquer contraflecha na cofragem não deve ser superior ao valor  $vão/250$ .

三、在某些情況下，鋼筋平均增長率不可少於  $0.4 \sigma_s / E_s$ 。

四、計算在開裂截面上鋼筋之應力可採用材料之完全彈性表現，取一適合作用特性(期間)之同質性係數，為簡化起見，該係數可定為  $\alpha = 15$ 。

#### 第六十六條

##### 最大壓應力之確定

開裂極限狀態之安全確定應附帶按稀有組合作用來確定混凝土最大壓應力。

一般該應力界限係抗壓設計強度  $f_{cd}$ 。當混凝土未達到 28 日齡期時，該界限應力值須用  $f_{ck,j} / \gamma_c$ ；此處  $f_{ck,j}$  係混凝土柱體試件在  $j$  日齡期之抗壓標稱強度， $\gamma_c$  則係分項安全係數，其值為 1.5。

上述之確定應允許材料之完全彈性表現及考慮是否開裂之截面，開裂與否視乎拉應力是否超出第二十八條所定義之  $f_{ctm}$  值(該拉應力按未開裂截面進行計算)。

#### 第三節

##### 變形

#### 第六十七條

##### 考慮之變形極限狀態

一、從確定變形極限狀態之觀點，相應第五十七條所述之作用組合時，考慮之變形(變形、旋轉、位移)之界限值取決於結構類型及使用情況，因此應實際地作個別處理。

二、本條第三款及第四款之撓度界限值取自 ISO 4356，一般能保證居住或商用樓宇、公共樓宇或廠房之足夠功用。需要小心確定不會有特別情況而令所考慮之結構出現不足之處。其它與撓度問題及其界限值之相關資料可從 ISO 4356 獲得。

三、當準永久作用樑、板或懸臂樑之撓度大於  $跨度/250$  時，結構之使用狀況可能受到影響。撓度之計算係相對結構之支承點。可採用反向撓度以抵消部分或全部之撓度，但一般模板之反向撓度應不大於  $跨度/250$ 。

4. As flechas podem danificar as divisórias, os elementos ligados ou em contacto com o elemento considerado, e os equipamentos ou acabamentos, se o seu valor calculado, que ocorra depois da construção dos elementos susceptíveis de serem danificados, for excessivo. O limite apropriado depende da natureza dos elementos susceptíveis de serem danificados mas, a título de orientação, considera-se que um limite igual a  $vão/500$  é razoável na maioria das circunstâncias. Este limite pode ser reduzido quando os elementos susceptíveis de serem danificados tenham sido dimensionados para suportar grandes deslocamentos, ou quando se saiba que são capazes de suportar deformações superiores sem sofrerem danos.

Artigo 68.º

(Dispensa de cálculo de flechas)

1. Em geral, não é necessário calcular explicitamente as flechas, pois que regras simples, tais como limites para a relação  $vão/altura$ , são adequados para evitar problemas de deslocamentos nos casos correntes. É necessário fazer verificações mais rigorosas no que respeita aos elementos que não respeitam esses limites ou nos casos em que sejam apropriados outros limites, que não os implícitos nos métodos simplificados.

2. Desde que as vigas ou lajes de betão armado de edifícios sejam dimensionadas de forma a satisfazerem os limites da relação  $vão/altura$  indicados neste artigo, os seus deslocamentos não excedem normalmente os limites estabelecidos no n.º 3 e n.º 4 do artigo 67.º A relação limite  $vão/altura$  obtém-se considerando uma relação de base indicada no Quadro 12 e multiplicando-a por factores de correcção de forma a ter em conta o tipo de armadura utilizada e outras variáveis. Na elaboração deste quadro não foi tida em conta qualquer contraflecha.

Quadro 12. Relações de base  $vão/altura$  útil para elementos de betão armado sem esforço normal de compressão

Sistema estrutural	Betão fortemente solicitado	Betão fracamente solicitado
Viga simplesmente apoiada, laje simplesmente apoiada armada numa ou em duas direcções	18	25
Vão extremo de uma viga contínua; laje contínua armada numa direcção ou laje armada em duas direcções, contínuas sobre o lado maior	23	32
Vão interior de viga ou de laje armada numa ou em duas direcções	25	35
Laje apoiada em pilares sem vigas (laje fungiforme) (referência ao maior vão)	21	30
Consola	7	10

3. O valor obtido no Quadro 12 pode ser reduzido nos seguintes casos:

a) Para secções em T em que a relação entre a largura do banzo e a largura da nervura seja superior a 3, os valores podem ser multiplicados por 0,8;

b) No caso de elementos com vãos superiores a 7 m, com excepção de lajes fungiformes suportando divisórias que possam ser danificadas por deformações excessivas, o valor pode ser multiplicado por  $7/l_{cr}$  ( $l_{cr}$  em metros);

四、若易受撓度破壞之構件如間牆、與在考慮中之構件接連或接觸之其他構件、設備或裝飾在建成後其計算撓度值過高時，該類構件便能受到破壞。適當之界限值隨易受破壞之構件之性質而定，但在大部分情況下，可合理地取向一界限值相等於  $跨度/500$  作考。若易受破壞之構件有被設計承受大位移或確實知道該構件能承受更大變形而不受破壞，該界限值可以放寬。

第六十八條

可省卻計算之情況

一、通常撓度係不需明顯計算，因為簡單之規則如限制跨度與截面高度之關係，係足夠防止普通之位移問題。當構件不遵照這類界限，或在某些情況下取用其他不在簡易方法內所制定之適當界限時，便需要進行更精確之計算。

二、當鋼筋混凝土樓宇之樑或板係按滿足本條跨度與截面高度關係之界限來進行設計時，通常所得出之撓度不會超過第六十七條第三款及第四款制定之界限。以跨度與截面高度為基本考慮之關係與因鋼筋類別及其他因數而乘上之修正系數，在表十二列明。加深說明，該表不包括反向撓度作用。

表十二

無縱向壓力下鋼筋混凝土構件之基本跨度與有效高度比例

結構系統	嚴重受應力混凝土	輕微受應力混凝土
簡支樑或簡支單、雙向板。	18	25
最終一跨之連續樑、連續單向板、或表邊連續之雙向板。	23	32
內跨樑或單、雙向板。	25	35
只用柱而不用樑支承之板(平板)。(基於長跨)	21	30
懸臂	7	10

三、用在以下情況，表十二所得之值可以減小:

a) 在T截面，當樑翼與樑腹之比例大於 3 時，所得值可乘 0.8;

b) 當構件跨度大於 7 m 時，所得值可乘  $7/l_{ef}$  ( $l_{ef}$  以米計算)，平板承載著可能因大變形而破壞之間牆除外;

c) No caso de lajes fungiformes em que o vão maior,  $l_{ef}$ , é superior a 8,5 m, os valores podem ser multiplicados por  $8,5/l_{ef}$  ( $l_{ef}$  em metros).

4. Os valores indicados no Quadro 12 foram obtidos admitindo que a tensão na armadura, para o valor de cálculo da carga de utilização, numa secção fendilhada a meio-vão de uma viga ou laje ou no apoio de uma consola, é igual a 250 MPa (o que corresponde aproximadamente a  $f_{syk} = 400$  MPa). Nos casos em que se utilizem outros níveis de tensões, os valores indicados no Quadro 12 devem ser multiplicados por  $250/\sigma_s$ , em que  $\sigma_s$  é a tensão na secção acima indicada para a combinação frequente de acções. Normalmente é conservativo admitir que:

$$250 / \sigma_s = 400 / (f_{syk} A_{s,cal} / A_{s,ef})$$

em que:

$A_{s,ef}$  área de armadura utilizada na secção considerada;

$A_{s,cal}$  área de armadura necessária na secção para garantir o valor de cálculo do momento de resistência último.

5. Ao interpretar o Quadro 12, deve ter-se em conta o seguinte:

a) em geral, os valores indicados são conservativos, podendo os cálculos revelar frequentemente que é possível utilizar elementos menos espessos;

b) os elementos em que o betão é fracamente solicitado são aqueles em que  $\rho < 0,5\%$  ( $\rho = A_s / bd$ ). Normalmente pode admitir-se que as lajes são fracamente solicitadas;

c) se a percentagem de armadura for conhecida, podem obter-se por interpolação os valores intermédios entre os relativos ao betão fortemente solicitado (correspondente a  $\rho = 1,5\%$ ) e ao betão fracamente solicitado (correspondente a  $\rho = 0,5\%$ );

d) para lajes armadas em duas direcções, a verificação deve ser efectuada em relação ao menor vão. Para lajes fungiformes deve considerar-se o maior vão;

e) os limites indicados para lajes fungiformes correspondem a uma limitação menos exigente do que uma flecha a meio vão igual a vão/250 relativa aos pilares. A experiência demonstrou que este valor é satisfatório.

Artigo 69.º

#### (Verificação das flechas por meio de cálculo)

1. Nos casos em que se considere necessário efectuar o cálculo, as flechas devem ser calculadas para as condições de carregamento que sejam apropriadas ao objectivo da verificação.

2. O método de cálculo adoptado deve representar o comportamento real da estrutura sob as acções correspondentes, com um grau de precisão adequado para os objectivos do cálculo. A deformação de elementos de betão armado ou pré-esforçado é influenciada por numerosos factores que não se conhecem com rigor. Os valores obtidos por cálculo não podem ser considerados como uma previsão precisa de flechas que se espera venham a ocorrer. Por este motivo, é de evitar a utilização de métodos de cálculo excessivamente elaborados.

c) 當平板長邊跨度大於 8.5 m 時，所得值可乘上  $8.5 / l_{ef}$  ( $l_{ef}$  以米計算)。

四、表十二所列出之數值係由一假設 250 MPa 之鋼筋應力 (相應大約  $f_{syk} = 400$  MPa) 所得，該應力係以設計外加荷載放在樑或板跨中或懸臂樑支承端，按已開裂之截面計算。當用其它應力計時，表十二之值應添上  $250 / \sigma_s$ ，此處  $\sigma_s$  係截面在頻繁組合荷載。通常以下係保守之假設：

$$250 / \sigma_s = 400 / (f_{syk} A_{s,cal} / A_{s,ef})$$

此處：

$A_{s,ef}$  配置之鋼筋面積；

$A_{s,cal}$  極限狀態下截面計算所需之鋼筋面積。

五、在解釋表十二時，要注意以下附加點：

a) 通常所指示之值均較為保守，從計算中經常表示可取更薄之構件；

b) 混凝土輕微受應力之構件指  $\rho < 0.5\%$  ( $\rho = A_s / b d$ )。通常板構件假設為輕微受應力；

c) 若知道所用配筋率時，處於輕微受應力 ( $\rho = 0.5\%$ ) 及嚴重受應力 ( $\rho = 1.5\%$ ) 之間之配筋率，其相對之值可以內插法計算；

d) 雙向板之核查應以短跨為基本。平板則用長跨；

e) 平板所取之界限，相對起根據柱支承在跨中計算之跨度/250 撓度值，係較為寬容之界限。經驗顯示該做法為滿意。

#### 第六十九條

#### 以驗算方法作撓度確定

一、當有需要時，撓度驗算應按適合確定用之荷載情況進行。

二、所採用之驗算方法應能代表結構物在有關作用下之真實表現，亦應符合驗算所要求之適當精確性。鋼筋混凝土與預應力混凝土之變形係受很多因素影響，沒有一種因素係肯定地知道。計算出之結果並不視為對預定撓度之一個準確估計。因此，要避免採用太過複雜之驗算方法。

3. Admite-se que existem duas condições limites em relação à deformação das secções de betão.

— condição não fendilhada:

neste estado, o aço e o betão actuam elasticamente em conjunto quer em tracção quer em compressão;

— condição totalmente fendilhada:

neste estado, despreza-se a influência do betão traccionado.

Considerar-se-ão não fendilhados os elementos para os quais não se prevê que venham a estar solicitados acima do nível que levaria a que a resistência do betão à tracção fosse ultrapassada em qualquer ponto do elemento. Os elementos que possam vir a fendilhar comportar-se-ão de uma maneira intermédia entre as condições não fendilhadas e totalmente fendilhadas e, no caso de elementos predominantemente sujeitos a flexão, pode fazer-se uma previsão adequada do comportamento através da expressão fundamental:

$$\alpha = \zeta \alpha_{II} + (1 - \zeta) \alpha_I$$

em que:

$\alpha$  parâmetro considerado que pode ser, por exemplo, uma extensão, uma curvatura ou uma rotação (como simplificação,  $\alpha$  também pode ser considerado como uma flecha);

$\alpha_I, \alpha_{II}$  valores do parâmetro calculado, respectivamente, para as condições não fendilhada e totalmente fendilhada;

$\zeta$  coeficiente de distribuição igual a zero para secções não fendilhadas e dado pela seguinte expressão em secções fendilhadas:

$$\zeta = 1 - \beta_1 \beta_2 \left( \frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2$$

$\sigma_s, \sigma_{sr}, \beta_1, \beta_2$  têm o mesmo significado definido no artigo 65.º

( $\sigma_s / \sigma_{sr}$  pode ser substituído por  $M / M_{cr}$  para a flexão ou  $N / N_{cr}$  para a tracção pura).

As propriedades críticas dos materiais necessárias para permitir a determinação das deformações devidas ao carregamento são a resistência à tracção e o módulo de elasticidade efectivo do betão.

No Quadro 2 apresenta-se a gama de valores prováveis da resistência à tracção. De um modo geral, obter-se-á uma estimativa melhor do comportamento utilizando  $f_{ctm}$ .

Pode obter-se uma estimativa do módulo de elasticidade do betão a partir do Quadro 4. A fluência pode ser considerada utilizando um módulo efectivo:

$$E_{c,ef} = E_c / (1 + \phi)$$

em que  $\phi$  é o coeficiente de fluência.

As curvaturas de retracção podem ser calculadas por:

$$1/r_{cs} = \epsilon_{cs} \alpha_{\theta} S / I$$

三、兩種限制情況出現在混凝土截面之變形:

- 非開裂之情況;

在這情況下, 混凝土與鋼筋在拉力及壓力下一起彈性地運作。

- 完全開裂情況;

在這情況下, 在受昇時, 不考慮混凝土之功能。

構件預料不在本身任何位置出現荷載水平超出混凝土抗拉強度時應視為非開裂。開裂構件之表現界乎於非開裂與完全開裂之間, 當構件主要係叛變曲時, 下面之基本公式提供對構件表現足夠之估計:

$$\alpha = \zeta \alpha_{II} + (1 - \zeta) \alpha_I$$

此處:

$\alpha$  考慮中之參數, 如應力、變曲度、旋轉角。

(為簡化起見,  $\alpha$  也可定為撓度);

$\alpha_I, \alpha_{II}$  分別指非開裂與完全開裂情況所得之參數值;

$\zeta$  分佈系數, 非開裂時相等 0, 開裂截面可用以下公式:

$$\zeta = 1 - \beta_1 \beta_2 \left( \frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2$$

$\sigma_s, \sigma_{sr}, \beta_1, \beta_2$ , 可見第六十五條。

(注意  $\sigma_s / \sigma_{sr}$  在變曲時, 得用  $M / M_{cr}$  代替, 或在純拉時, 得用  $N / N_{cr}$  代替)。

允許因荷載而變形, 材料要評定之臨界特性係混凝土抗拉強度及彈性模量。

表二列出一般可能之抗拉強度。通常若採用  $f_{ctm}$ , 對表現可得最佳之估計。

混凝土彈性模量可從表四取得。蠕變之影響可用有效彈性模量考慮:

$$E_{c,ef} = E_c / (1 + \phi)$$

此處  $\phi$  係蠕變系數。

收縮曲率可用以下計算:

$$1/r_{cs} = \epsilon_{cs} \alpha_{\theta} S / I$$

em que:

$1/r_{cs}$  curvatura devida à retracção;

$\epsilon_{cs}$  extensão de retracção livre;

S momento estático da área da armadura em relação ao baricentro da secção;

I momento de inércia da secção;

$\alpha_{\theta}$  coeficiente de homogeneização efectivo ( $\alpha_{\theta} = E_s / E_{c,ef}$ ).

S e I devem ser calculados para a condição não fendilhada e para a condição totalmente fendilhada, sendo a curvatura final avaliada por meio da expressão fundamental.

O método mais rigoroso para determinação das flechas consiste em calcular as curvaturas em várias secções ao longo do elemento e determinar em seguida as flechas por integração numérica. Esta técnica é laboriosa e normalmente não se justifica, sendo aceitável calcular apenas dois valores para as flechas, admitindo, primeiro, que todo o elemento se encontra na condição não fendilhada e, depois, na condição totalmente fendilhada e utilizando em seguida a expressão fundamental. A abordagem indicada não é directamente aplicável a secções fendilhadas sujeitas a esforço normal significativo.

### TÍTULO III

#### Disposições de projecto e disposições construtivas

#### CAPÍTULO I

#### Disposições gerais relativas a armaduras

#### Artigo 70.º

#### (Armaduras principais e secundárias)

1. Nas estruturas de betão armado e pré-esforçado devem dispor-se, além das armaduras principais dimensionadas de acordo com as regras estabelecidas no presente regulamento, armaduras secundárias que garantam a eficiência do funcionamento daquelas armaduras, assegurem a ligação entre partes dos elementos que tenham tendência a destacar-se, e limitem o alargamento da fendilhação localizada.

2. Em muitos casos a determinação das armaduras secundárias pode ser efectuada a partir da consideração de adequados equilíbrios de forças nas zonas de perturbação em causa; algumas das disposições construtivas constantes desta terceira parte do regulamento têm como base análises deste tipo.

#### Artigo 71.º

#### (Utilização conjunta de aços de tipos diferentes)

A utilização conjunta de aços de tipos diferentes exige que tal facto seja devidamente considerado no dimensionamento e que na obra se tomem precauções que evitem erros resultantes de incorrecta identificação dos aços.

此處：

$1/r_{cs}$  收縮導致之曲率；

$\epsilon_{cs}$  自由收縮應變；

S 鋼筋面積於截面重心之一次力矩；

I 截面慣性矩；

$\alpha_{\theta}$  有效同質性系數 ( $\alpha_{\theta} = E_s / E_{c,ef}$ )。

S 及 I 應以非開裂及完全開裂情況計算，最終曲率由基本公式評定。

評定撓度最精確之方法係在構件多個截面計算其曲率，然後再用數值積分方法計算撓度，通常該方法所花之工作並不認為應當，而可接受取計算撓度兩次，以整個構件非開裂及完全開裂情況進行，然後再運用基本公式。以上之方法並不直接適用於受有大影響縱向力之開裂截面上。

### 第三編

#### 構造配置及設計規定

#### 第一章

#### 鋼筋之一般規定

#### 第七十條

#### 主筋及副筋

一、鋼筋混凝土及預應力混凝土除主筋之排置應根據本規章所建立之規則而設計外，副筋之排置應確保能發揮其功能方面之效能，並應保證其與構件各部分間之連接，以及限制局部裂縫之擴大。

二、於很多情況中，副鋼筋之採用可於擾動區中適當考慮力平衡，作為此類問題之分析可根據本規章第三部分之構造規定進行。

#### 第七十一條

#### 不同類型鋼筋之組合應用

不同類型鋼筋之組合應用僅要求適當考慮其設計及於工地中小心避免由於鋼筋錯誤標示而導致之錯誤發生。

## Artigo 72.º

## (Agrupamento de armaduras)

1. No caso de armaduras ordinárias os agrupamentos de varões que haja necessidade de utilizar não devem ser constituídos por mais de 3 varões; admite-se porém que, para armaduras verticais sempre comprimidas, este número possa aumentar para 4. Além disso, os varões de um agrupamento devem ser dispostos de tal modo que, numa dada direcção, não existam mais de 2 varões em contacto.

Em qualquer caso, porém, o diâmetro equivalente do agrupamento,  $\Phi_n$  definido pela expressão:

$$\phi_n = \sqrt{\sum_i \phi_i^2}$$

não deve ser superior a 55 mm; nesta expressão,  $\Phi_i$  é o diâmetro de cada um dos n varões do agrupamento.

Para observância das regras do presente regulamento em que o diâmetro dos varões seja parâmetro condicionante, deve considerar-se para os agrupamentos o seu diâmetro equivalente.

2. No caso de armaduras pós-tensionadas com bainhas cujo diâmetro não exceda 50 mm, cada agrupamento pode comportar, no máximo, 4 bainhas, dispostas de tal modo que, numa dada direcção, não haja mais de 2 bainhas em contacto. No caso de bainhas com diâmetro superior a 50 mm, só é permitido o agrupamento de 2 bainhas e, no caso de vigas e lajes, apenas na direcção vertical.

3. No caso de armaduras pré-tensionadas, cada agrupamento só pode comportar 2 armaduras.

## Artigo 73.º

## (Distância mínima entre armaduras)

1. A distância livre entre armaduras ou bainhas ou entre agrupamentos destes elementos deve ser suficiente para permitir realizar a betonagem em boas condições, assegurando-lhes desta forma um bom envolvimento pelo betão e as necessárias condições de aderência.

2. No caso de armaduras ordinárias a distância livre entre varões não deve ser inferior ao maior diâmetro dos varões em causa (ou ao diâmetro equivalente dos seus agrupamentos), com o mínimo de 20 mm.

3. No caso de armaduras pós-tensionadas, a distância livre entre bainhas ou entre agrupamentos não deve ser inferior ao maior diâmetro das bainhas em causa nem a 40 mm e 50 mm, respectivamente nas direcções vertical e horizontal; no entanto, no caso de um agrupamento na horizontal, as distâncias às bainhas mais próximas não devem ainda ser inferiores a 1,2 e 1,5 vezes o maior diâmetro das bainhas, respectivamente nas direcções vertical e horizontal.

## 第七十二條

## 束筋

一、對由普通鋼筋所組成之束筋，在使用上每組束筋不得超過三根鋼筋，但對能緊密捆扎且垂直使用之束筋，其數量最多可使用四根鋼筋。除此以外，束筋之排放在每一方向上應不出現超過兩根接觸之鋼筋。

於各種情況中，束筋之等效直徑  $\Phi_n$  可由下式定義：

$$\Phi_n = \sqrt{\sum_i \phi_i^2}$$

上式中  $\phi_i$  為束筋中所使用 n 根鋼筋之直徑， $\Phi_i$  值不應大於 55 mm。

為遵守本規章對束筋之規定，於設計時束筋直徑應考慮其等效直徑。

二、對使用後張法施工之預應力鋼筋，當其套管直徑不超過 50 mm 時，每束筋最多可以四個套管作為一束使用，並且在每一方向之排放上不超過兩根接觸之鋼筋。然而對套管大於 50 mm 時，僅允許用兩根套管組成之束筋，及當用於樑和板時，只能在垂直方向使用。

三、對使用先張法施工之預應力鋼筋，每組束筋僅能以兩根預力鋼筋組成。

## 第七十三條

## 鋼筋之最小間距

一、鋼筋或預應力套管或束筋間之淨距，應能滿足混凝土澆置時所需之條件，即保證鋼筋能完全地被混凝土包封及確保能達到良好握裹之所需條件。

二、普通鋼筋之淨間距不應小於最大鋼筋之直徑 (或束筋之有效直徑) 及以 20 mm 作為最小值。

三、使用後張法施工之預應力鋼筋，單一套管淨間距或束筋淨間距應不小於最大套管直徑，同時亦不應小於 40 mm (斷面垂直方向) 及 50 mm (斷面水平方向)。然而，對於一水平套管束，套管束到最接近之套管間之淨距離，除滿足上列要求外，亦應不小於最大套管直徑之 1.2 倍 (斷面垂直方向) 及 1.5 倍 (斷面水平方向)。

4. No caso de armaduras pré-tensionadas, as distâncias livres não devem ser inferiores ao maior dos diâmetros das armaduras em causa nem a 10 mm e 20 mm, respectivamente nas direcções vertical e horizontal.

No caso de um agrupamento na vertical, as distâncias às armaduras mais próximas não devem ser inferiores a 1,5 vezes o maior diâmetro das armaduras em causa nem a 10 mm e 25 mm, respectivamente nas direcções vertical e horizontal.

No caso de um agrupamento na horizontal, as distâncias às armaduras mais próximas não devem ser inferiores a 2 vezes o maior diâmetro das armaduras em causa nem a 30 mm, quer na direcção vertical quer na direcção horizontal.

5. As distâncias entre armaduras, além de obedecerem aos mínimos indicados neste artigo, devem ainda ser compatibilizadas com a máxima dimensão do inerte utilizado ( $d_g$ ) ou 20 mm, com vista a assegurar um eficaz envolvimento das armaduras pelo betão. Além disso, nos casos em que  $d_g > 32$  mm, essas distâncias não devem ser inferiores a  $d_g + 5$  mm.

Nos casos em que haja grande densidade de armaduras, os valores das diferentes camadas devem ficar alinhados em planos verticais, com reserva de espaço para passagem de uma agulha de vibração.

6. A exigência de distâncias mínimas especificadas neste artigo não se aplica ao cruzamento ou à emenda por sobreposição de armaduras.

#### Artigo 74.º

##### (Recobrimento mínimo das armaduras)

1. O recobrimento das armaduras ou bainhas (ou dos agrupamentos destes elementos) deve permitir realizar a betonagem em boas condições e assegurar não só a necessária protecção contra a corrosão mas também a eficiente transmissão das forças entre as armaduras e o betão.

2. Os recobrimentos mínimos a adoptar em elementos não laminares em que se utilize betão de classe inferior a B30 e armaduras ordinárias devem ser os seguintes, de acordo com a classe de exposição ambiental:

classe 1	20 mm
classe 2	30 mm
classe 3	40 mm

havendo que aumentar em 10 mm estes valores no caso de armaduras de pré-esforço.

Os valores referidos podem, no entanto, ser diminuídos de:

- 5 mm, no caso de elementos laminares;
- 5 mm, para betões das classes B30, B35 e B40;
- 10 mm, para betões de classes superiores a B40.

四、使用先張法施工之預應力鋼筋，鋼筋間之淨距離不能小於最大鋼筋直徑，同時亦不應小於 10 mm (斷面垂直方向間距) 及 20 mm (斷面水平方向間距)。

垂直組成之束筋與最接近之鋼筋間之淨距離不能小於最大鋼筋直徑之 1.5 倍，同時亦不應小於 10 mm (斷面垂直方向間距) 及 25 mm (斷面水平方向間距)。

水平組成之束筋與最接近之鋼筋間之淨距離不能小於最大鋼筋直徑之兩倍，同時亦不應小於 30 mm (斷面垂直方向間距及斷面水平方向間距)。

五、鋼筋淨間距除了依從本條之最低規定外，同時亦應不小於最大骨料粒徑  $d_g$  或 20 mm，並應保證鋼筋能被混凝土有效包封著。除此以外，若最大骨料粒徑  $d_g > 32$  mm，則此淨間距應不小於  $d_g + 5$  mm。

當鋼筋排置之密度較大時，各層鋼筋應於其垂直面上排成直線以存有適當之空間讓插入式震動棒通過。

六、本條中對鋼筋最小間距之要求並不適用於鋼筋交接或鋼筋疊接之情況。

#### 第七十四條

##### 鋼筋之最小保護層

一、鋼筋保護層或預應力套管保護層 (或其束筋保護層) 應足夠且能供給混凝土有較好之澆注條件，該保護層不單要保證能保護鋼筋足以抵抗侵蝕，並且能於鋼筋與混凝土間有效傳遞外力。

二、當採用普通鋼筋及混凝土等級小於 B30 時，除了板結構外，按環境級別，一般構件所需之最小保護層厚度如下：

一級	20 mm
二級	30 mm
三級	40 mm

對預應力鋼筋混凝土，以上之保護層最低要求應增加 10 mm。

若為下列情況時，保護層厚度可減少：

- 5 mm，於板結構時；
- 5 mm，當混凝土等級為 B30，B35，B40時；
- 10 mm，當混凝土等級大於 B40時。



Estas diminuições são cumulativas, não se devendo, porém, em caso algum, adoptar recobrimento inferior a 15 mm.

Além de satisfazer as condições anteriormente estabelecidas, o recobrimento mínimo não deve ser inferior ao diâmetro das armaduras ordinárias (ou ao diâmetro equivalente dos seus agrupamentos). No caso de armaduras pré-esforçadas, o recobrimento mínimo não deve também, para as armaduras pós-tensionadas, ser inferior ao diâmetro das bainhas com o mínimo de 40 mm e, para as armaduras pré-tensionadas, ser inferior a 2 vezes o diâmetro das armaduras com o mínimo de 20 mm; em agrupamentos na horizontal de armaduras pós-tensionadas, o recobrimento lateral não deve ainda ser inferior a 2 vezes o maior diâmetro das bainhas.

Artigo 75.º

(Curvatura máxima das armaduras)

1. A curvatura máxima que pode ser imposta a uma armadura deve ser tal que não afecte a resistência desta e não provoque o esmagamento ou fendimento do betão por efeito da pressão que se exerce na zona da curva.

2. No caso de armaduras ordinárias as dobragens dos varões devem ser executadas com diâmetros não inferiores aos indicados no Quadro 13.

Quadro 13. Diâmetros interiores mínimos de dobragem de armaduras ordinárias

	Ganchos, cotovelos, laços (ver Figura 14)		Varões inclinados ou outros varões dobrados		
	Diâmetro dos varões		Valor do recobrimento mínimo das armaduras, perpendicular ao plano da curvatura		
	$\phi < 20 \text{ mm}$	$\phi \geq 20 \text{ mm}$	$> 100 \text{ mm}$ $e > 7\phi$	$> 50 \text{ mm}$ $e > 3\phi$	$\leq 50 \text{ mm}$ $\leq 3\phi$
Varões lisos A235	2,5 $\phi$	5 $\phi$	10 $\phi$	10 $\phi$	15 $\phi$
Varões de alta aderência A335, A400, A500	4 $\phi$	7 $\phi$	10 $\phi$	15 $\phi$	20 $\phi$

3. No caso de armaduras ordinárias formando laço, o diâmetro de dobragem não deve ser inferior ao dado pela expressão:

$$\left(0,7 + 1,4 \frac{\phi}{a}\right) \frac{\sigma_{sSd}}{1,5f_{cd}} \phi$$

em que  $\sigma_{sSd}$  é a tensão na armadura no início da dobra, correspondente ao valor de cálculo do esforço actuante, e  $a$  é a menor das duas quantidades seguintes: distância entre o plano do laço e a face da peça; distância entre o plano do laço e o plano do laço vizinho.

Artigo 76.º

(Aderência das armaduras ao betão)

1. A aderência das armaduras ao betão, propriedade que interessa não apenas ao problema do funcionamento conjunto dos dois materiais, mas também à definição dos critérios de amarra-

以上保護層厚度之減小可累積考慮，但在一些情況下，保護層厚度之採用絕不能小於 15mm。

保護層之最小厚度除了滿足以上所定立之條件外，同時亦應不小於主筋直徑 (或其束筋之等效直徑)。在預應力鋼筋混凝土中，對使用後張法施工之鋼筋最小保護層亦應不小於預應力套管直徑及以 40 mm 作為最小值，然而對使用先張法施工之鋼筋最小保護層厚度應不小於主筋直徑之兩倍及以 20 mm 作為最小值。對以後張法施工之水平束筋，其側向保護層厚度不應小於最大套管直徑之兩倍。

第七十五條

鋼筋之最大曲率

一、鋼筋被彎曲至最大曲率時，該彎曲應不影響其強度，而於彎曲區間內之壓力不應造成混凝土之壓碎或斷裂。

二、普通鋼筋之彎曲直徑應不低於表十三所定之值。

表十三 普通鋼筋彎曲之最小內徑

	彎鉤、彎曲筋、套桿 (見圖十四)		彎起鋼筋或曲桿		
	鋼筋直徑		鋼筋之最小保護層，垂直於平面之曲率。		
	$\phi < 20 \text{ mm}$	$\phi \geq 20 \text{ mm}$	$> 10 \text{ mm}$ $e > 7\phi$	$> 50 \text{ mm}$ $e > 3\phi$	$\leq 50 \text{ mm}$ $\leq 3\phi$
光面圓鋼筋 A235	2.5 $\phi$	5 $\phi$	10 $\phi$	10 $\phi$	15 $\phi$
高握裹力鋼筋 A335, A400, A500	4 $\phi$	7 $\phi$	10 $\phi$	15 $\phi$	20 $\phi$

三、若普通鋼筋彎成套桿之形式，其彎曲直徑應不低於以下表達式之數值：

$$\left(0.7 + 1.4 \frac{\phi}{a}\right) \frac{\sigma_{sSd}}{1.5f_{cd}} \phi$$

此處  $\sigma_{sSd}$  為鋼筋受彎時之起始應力，係對應於作用效應組合設計值。 $a$  則取以下兩數值之小者：彎套平面與構件表面間之距離；彎套平面與其臨近之彎套平面間之距離。

第七十六條

鋼筋與混凝土間之握裹力

一、鋼筋與混凝土間之握裹力特性，不單係兩種材料一起相互作用之問題，同時亦係鋼筋拼接與錨固形式所成

ção e de emenda das armaduras, é quantificada basicamente através de uma tensão de rotura de aderência, cujos valores dependem das características de aderência das armaduras, da classe do betão e das condições de envolvimento das armaduras pelo betão.

2. Do ponto de vista da aderência, as armaduras ordinárias classificam-se em armaduras de aderência normal e armaduras de alta aderência. Quanto às condições dependentes do envolvimento dos varões pelo betão, considera-se que estes se encontram em condições de boa aderência quando, na ocasião da betonagem, formem com a horizontal um ângulo compreendido entre 45° e 90°, ou quando os varões estejam integrados em elementos cuja espessura, na direcção da betonagem, não exceda 250 mm; no caso de esta espessura exceder 250 mm, considera-se que os varões estão ainda em condições de boa aderência se se situarem na metade inferior do elemento (ou na metade inferior da parte betonada numa mesma fase de betonagem) ou a mais de 300 mm da sua face superior.

Os valores de cálculo da tensão de rotura da aderência,  $f_{bd}$ , das armaduras ordinárias são indicadas no Quadro 14.

Quadro 14. Valores de cálculo da tensão de rotura da aderência,  $f_{bd}$ , de armaduras ordinárias<sup>(1)</sup> (MPa)

Características de aderência dos varões	Classe de betão									
	B15	B20	B25	B30	B35	B40	B45	B50	B55	B60
Aderência normal	0,8	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,6	1,7
Alta aderência	1,6	2,0	2,3	2,7	3,0	3,2	3,4	3,8	4,1	4,3

<sup>(1)</sup> Os valores indicados referem-se a varões betonados em condições de boa aderência; para outras condições de aderência, estes valores devem ser multiplicados por 0,7.

Os valores de cálculo da tensão de rotura da aderência especificados no Quadro 14 resultam da aplicação das seguintes expressões:

varões de aderência normal:  $f_{bd} = 0,30 \sqrt{f_{cd}}$  ( $f_{cd}$  em MPa);

varões de alta aderência:  $f_{bd} = 2,25 f_{ctd}$

3. Nos casos em que as armaduras estejam submetidas a elevados gradientes de tensão, particularmente se forem de grande diâmetro, deve proceder-se a uma verificação local da aderência, que consiste em satisfazer a condição:

$$\tau_{bSd} = \frac{\Delta F_{sSd}}{u \Delta x} \leq f_{bd}$$

em que:

$\tau_{bSd}$  tensão de aderência correspondente ao valor de cálculo do esforço actuante;

之問題，其中握裹力基本上可透過握裹強度來定義，然而該強度之數值大小係取決於鋼筋之握裹特性、混凝土等級以及混凝土與鋼筋之包裹情況等。

二、從握裹之觀點而言，普通鋼筋可分類為普通握裹力鋼筋及高握裹力鋼筋。而握裹力之大小則有賴於混凝土與鋼筋間包裹之好壞。欲使混凝土澆注時能產生優良之握裹條件，則可將鋼筋彎曲至與水平面成 45° 及 90° 之角度，或於澆注方向上構件厚度不超過 250 mm 並與鋼筋澆注成一整體者均可視作優良握裹。當厚度大於 250 mm，則只能對位於構件之下半部分 (或於同一階段澆注時之下半部分厚度) 考慮為優良之握裹能力，又或從表面以下大於 300 mm 以外之位置均可考慮視作優良握裹。

普通鋼筋之握裹強度設計值  $f_{bd}$  為表十四中所示。

表十四 普通鋼筋握裹強度設計值  $f_{bd}$ <sup>(1)</sup> (MPa)

鋼筋握裹特性	混凝土等級									
	B15	B20	B25	B30	B35	B40	B45	B50	B55	B60
普通握裹鋼筋	0,8	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,6	1,7
高握裹鋼筋	1,6	2,0	2,3	2,7	3,0	3,2	3,4	3,8	4,1	4,3

(1) 表中所定之數值僅適用於以上所述混凝土澆注下之優良握裹條件，對於其他握裹條件，以上數值應乘以 0.7 予以折減。

表十四中所採用之握裹強度設計值係根據下列表式求得：

一般握裹鋼筋： $f_{bd} = 0.3 \sqrt{f_{cd}}$  ( $f_{cd}$  以 MPa 表示)

高握裹鋼筋： $f_{bd} = 2.25 f_{ctd}$

三、當鋼筋承受高應力變化時，特別係較大直徑之鋼筋，應滿足下列條件進行一握裹之局部檢核。

$$\tau_{bSd} = \frac{\Delta F_{sSd}}{u \Delta x} \leq f_{bd}$$

此處：

$\tau_{bSd}$  相應於作用效應組合設計值之握裹應力；

$\Delta F_{sSd}$  diferença entre as forças na armadura em 2 secções distantes de  $\Delta x$ , sendo  $\Delta x \leq \phi$  (correspondente ao valor de cálculo do esforço actuante);

$u$  perímetro da secção da armadura; no caso de agrupamentos, é o perímetro da secção de diâmetro equivalente definido no n.º 1 do artigo 72.º;

$f_{bd}$  valor de cálculo da tensão de rotura da aderência.

4. No caso de elementos sujeitos predominantemente a acções variáveis que determinem variações de tensão muito repetidas e de grande amplitude nas armaduras, é prudente reduzir estes valores, considerando as suas consequências nas condições de amarração e de emenda das armaduras.

#### Artigo 77.º

##### (Amarração de varões de armaduras ordinárias)

1. As extremidades dos varões das armaduras ordinárias devem ser fixadas ao betão por amarrações, que podem ser realizadas por prolongamento recto ou curvo dos varões, por laços ou por dispositivos mecânicos especiais.

2. A utilização das amarrações por prolongamento dos varões, que, quando curvo, pode incluir gancho ou cotovelo com as características geométricas indicadas na Figura 14, depende da capacidade de aderência dos varões ao betão e do tipo de esforços a que estes estão submetidos. Assim, tratando-se de varões de aderência normal devem utilizar-se apenas amarrações com ganchos, excepto se os varões estiverem sempre sujeitos à compressão, caso em que convém usar amarrações rectas. Para os varões de alta aderência devem utilizar-se amarrações rectas, excepto se os varões estiverem sempre sujeitos a tracção, caso em que se permite a utilização de ganchos ou cotovelos.

3. Nas zonas de amarração de varões, o betão deve ser cintado por uma armadura transversal (estribos ou cintas) distribuída ao longo da zona de amarração, no caso de varões traccionados com amarrações rectas, e concentrada junto aos extremos dos varões, nos restantes casos; em particular, nas amarrações de varões comprimidos, a armadura de cintagem deve ainda abranger uma zona que se estenda, para além da amarração, de um comprimento igual a 4 vezes o diâmetro dos varões amarrados.

A área total mínima das armaduras transversais ao longo do comprimento de amarração deve corresponder a 25 por cento da área de um varão amarrado.

A exigência desta armadura pode ser dispensada no caso de amarrações de varões traccionados em zonas dos elementos sujeitas a compressão transversal à direcção dos varões (devida, por exemplo, a uma reacção de apoio) e no caso de varões cuja distância à face do elemento ou a outros varões seja relativamente grande.

$\Delta F_{sSd}$  於鋼筋  $\Delta x$  距離之兩截面上兩力值之差，而採用  $\Delta x \leq 10\phi$ ；

(此為相應於作用效應組合設計值)；

$u$  鋼筋截面周長，當在束筋情況時，則為第七十二條第一款所定之等效截面直徑之周長；

$f_{bd}$  握裹強度設計值。

四、當構件顯著地承受可變作用，而該可變作用引起鋼筋內有反覆應力及有較大幅度之應力變化時，則應考慮鋼筋錨固情況及鋼筋拼接情況所成之結果，對握裹強度謹慎地予以降低。

#### 第七十七條

##### 普通鋼筋之錨固

一、普通鋼筋之端部應以錨固形式被固定於混凝土中，而該錨固可由鋼筋之直線延伸或彎曲延伸組成，或以套桿形式、或採用特殊機械方式達到錨固作用。

二、利用鋼筋之延伸可作為錨固使用，當鋼筋以彎曲延伸時可採用彎鉤或彎曲筋作錨固，而其幾何特性則列示於圖十四中，其使用為取決於鋼筋在混凝土中之握裹能力及外力形式等。此外，對一般握裹鋼筋僅能採用彎鉤作錨固，除此以外，倘若該類鋼筋經常承受壓力，則可採用錨固直筋作錨固。對高握裹鋼筋則應採用錨固直筋作錨固，倘若該類鋼筋經常承受拉力，則允許使用彎鉤或彎曲筋作錨固。

三、於鋼筋錨固範圍內，應繫上剪力鋼筋(箍筋或聯繫筋)並沿著錨固區內均勻地分佈。當採用錨固直筋作為承受拉力之錨固時，剪力鋼筋應集中放置於靠近錨固筋之末端位置。在其餘情況中，當承受壓力之錨固時，對剪力箍筋排放位置應圍繞錨固區開始放置，並同時向外延伸超過錨固區直到4倍錨固筋直徑之位置。

沿著錨固筋方向所排放之剪力箍筋之最小鋼筋總面積為單一錨固筋面積之25%。

若受拉錨固鋼筋位於構件承受橫向壓力之區間內(例如，由支點反力所致)，與及錨固鋼筋與構件表面之距離夠大或錨固鋼筋與其他鋼筋間之距離夠大等情況下，對於以上剪力箍筋之要求則可以予以豁免。

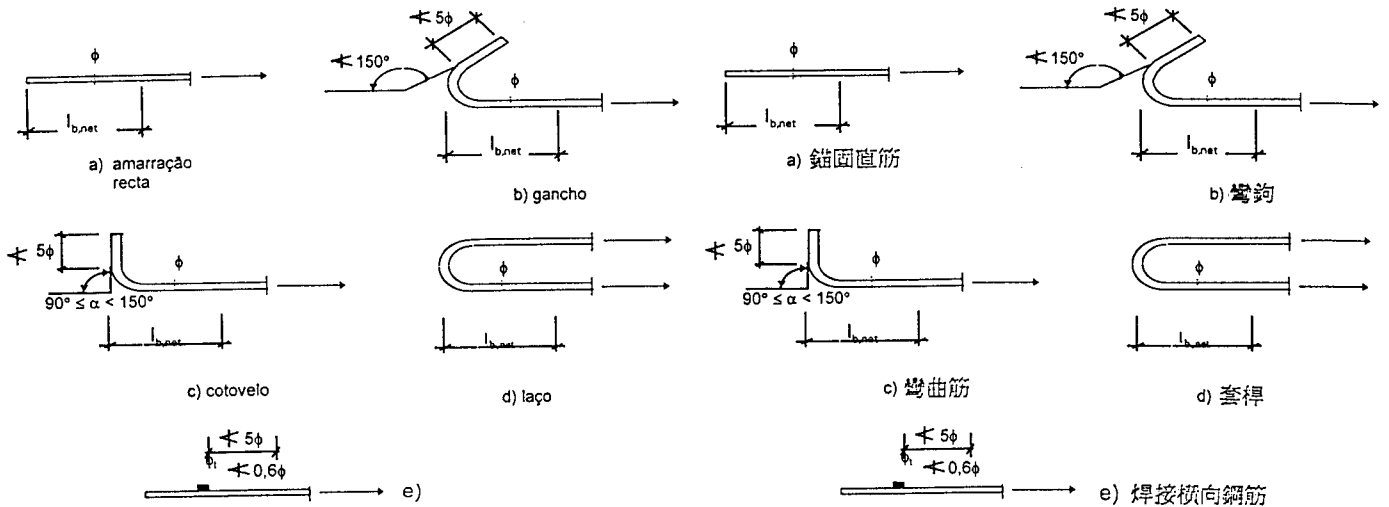


Figura 14. Comprimento de amarração necessário

圖十四：錨固鋼筋所需長度

4. Os comprimentos da amarração,  $l_{b,net}$  (Figura 14), são definidos pela expressão:

$$l_{b,net} = l_b \frac{A_{s,cal}}{A_{s,ef}} \alpha_1$$

em que:

$$l_b = \frac{\Phi f_{syd}}{4 f_{bd}}$$

não devendo, porém, em caso algum, ser tomados inferiores a qualquer dos seguintes valores:  $10 \Phi$ ; 100 mm;  $0,3 l_b$ , no caso de varões traccionados;  $0,6 l_b$ , no caso de varões comprimidos.

Os símbolos utilizados têm o seguinte significado:

$A_{s,cal}$  secção da armadura requerida pelo cálculo;

$A_{s,ef}$  secção da armadura efectivamente adoptada

$\alpha_1$  coeficiente que toma o valor de 0,7, no caso de amarrações curvas em tracção, e é igual à unidade nos restantes casos;

$\Phi$  diâmetro do varão ou diâmetro equivalente do agrupamento;

$f_{syd}$  valor de cálculo da tensão de cedência ou da tensão limite convencional de proporcionalidade a 0,2% do aço;

$f_{bd}$  valor de cálculo da tensão de rotura da aderência, definido no artigo 76.º

5. No caso de agrupamentos de varões, cada varão deve ser amarrado individualmente com o comprimento de amarração correspondente ao varão isolado, mas as extremidades das amarrações resultantes devem ficar separadas entre si de, pelo menos, 1,3 vezes o comprimento de amarração; no caso, porém, de agrupamentos que terminem em apoios, poder-se-á fazer a amarração conjunta de todos os varões, mas com o comprimento de amarração correspondente ao diâmetro equivalente do agrupamento.

6. No caso de se utilizarem amarrações com laços, considera-se assegurada a amarração a uma distância da tangente exterior do laço igual a metade do diâmetro interior do laço acrescido de 3 vezes o diâmetro do varão.

四、鋼筋錨固長度  $l_{b,net}$  (圖十四) 可由下式定義：

$$l_{b,net} = l_b \frac{A_{s,cal}}{A_{s,ef}} \alpha_1$$

其中：

$$l_b = \frac{\Phi f_{syd}}{4 f_{bd}}$$

於某些情況中，最小鋼筋錨固長度應不少於以下任一數值之最小者： $10\Phi$ ；100 mm；拉力錨固筋取  $0.3 l_b$ ；壓力錨固筋取  $0.6 l_b$ 。

鋼筋錨固長度公式所採用之符號意義如下：

$A_{s,cal}$  設計所要求之錨固筋斷面積；

$A_{s,ef}$  實際採用之錨固筋斷面積；

$\alpha_1$  若為承受拉力之曲線錨固筋採用 0.7，其餘情況該係數均採用 1；

$\Phi$  鋼筋直徑或束筋等效直徑；

$f_{syd}$  鋼筋之屈服應力設計值或鋼筋之 0.2% 規定非比例伸長應力值；

$f_{bd}$  為第七十六條中所定義之握裹強度設計值。

五、為束筋錨固情況時，每組束筋應以每根鋼筋之錨固長度作個別地錨固，但各組束筋之錨固端部間隔距離至少應為 1.3 倍錨固距離。然而，當束筋被終止於支承中之情況時，其錨固可與其他鋼筋一起並應以相應之束筋等效直徑計算錨固長度。

六、當採用套桿作錨固時，應確保套桿之外切線距離等於套桿內徑之半與 3 倍套桿鋼筋直徑之和。

Para atenuar o risco de fendimento do betão, deve dispor-se, em direcção perpendicular ao plano do laço, uma armadura adequada, que pode, porém, ser dispensada nas mesmas condições enunciadas em 3 relativamente à dispensa de armadura aí referida.

7. A utilização de dispositivos mecânicos especiais para a realização de amarrações necessita de adequada justificação.

Artigo 78.º

(Amarração de cintas e de armaduras de esforço transverso)

A amarração de cintas e de armaduras de esforço transverso é normalmente efectuada por meio de ganchos, ou de armaduras transversais soldadas. Os varões e fios de alta aderência também podem ser amarrados por meio de cotovelos. Deve colocar-se um varão no interior do gancho ou cotovelo. Considera-se que a amarração no seu conjunto é satisfatória:

— se a curva de um gancho ou cotovelo é prolongada por um comprimento recto que não seja inferior a:

5  $\phi$  ou 50 mm se for a continuação de um arco de 135º ou mais (Figura 15a);

10  $\phi$  ou 70 mm se for a continuação de um arco de 90º (Figura 15b);

— quando existirem próximo da extremidade de um varão recto:

dois varões transversais soldados (Figura 15c);

ou um único varão transversal soldado cujo diâmetro não seja inferior a 1,4 vezes o diâmetro do varão (Figura 15d).

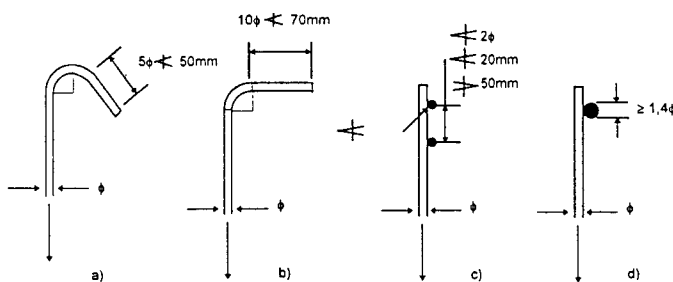


Figura 15. Amarração de cintas

Artigo 79.º

(Amarração de redes electrossoldadas)

1. As extremidades dos varões longitudinais das redes electrossoldadas devem ser fixadas ao betão por amarrações rectas.

Estas amarrações, a menos do caso referido no n.º 3 deste artigo, devem em geral ter um comprimento superior a 350 mm e incluir o número mínimo de varões transversais a seguir indicado:

為減輕混凝土裂縫之出現，應於套桿平面之垂直方向上排放剪力鋼筋，而鋼筋之排放應參照第三款所闡述之情況予以實行。

七、對採用特別之機械式裝置進行錨固時應有適當之證明其合理性。

第七十八條  
箍筋及剪力鋼筋之錨固

箍筋及剪力鋼筋一般係採用彎鉤或焊接剪力鋼筋之形式作錨固，而對高握裹預力鋼線及高握裹鋼筋之箍筋均可採用彎曲筋形式作錨固。此外在彎鉤或彎曲筋之彎曲內部應置有一根鋼筋。該類箍筋及剪力鋼筋作為錨固之整體考慮時應滿足：

— 彎鉤或彎曲筋之彎曲部分應以直線延伸且其長度不能小於：

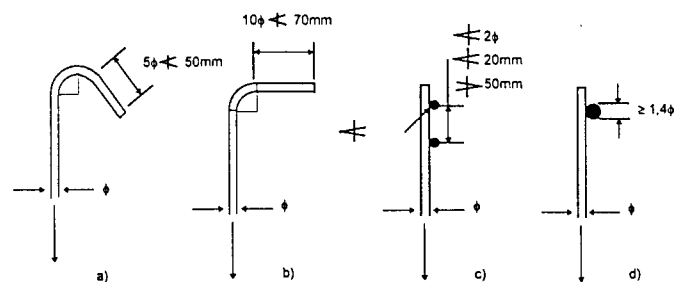
5φ 或 50 mm，當角度為 135º 或大於 135º 之彎曲度 (見圖十五a)；

10φ 或 70 mm，當角度為 90º 之彎曲度 (見圖十五b)。

— 錨固直筋於其接近末端部分應：

採用兩根焊接剪力鋼筋 (見圖十五c)

或採用壹根焊接剪力鋼筋，但其直徑不應小於 1.4 倍主筋直徑 (見圖十五d)。



圖十五：箍筋之錨固

第七十九條  
焊接鋼筋網之錨固

一、焊接鋼筋網之縱向鋼筋端部應以錨固直筋之形式固定於混凝土中。

除本條第三款所述之情況外，一般該類縱向錨固筋之錨固長度應大於 350mm，並包括以下所定之最小橫向剪力鋼筋數量：

Redes simples; redes duplas com varões longitudinais de diâmetro igual ou inferior a 8,5 mm:

Varões de aderência normal — 3 varões transversais;

Varões de alta aderência — 2 varões transversais;

Redes duplas com varões longitudinais de diâmetro superior a 8,5 mm:

Varões de aderência normal — 4 varões transversais;

Varões de alta aderência — 3 varões transversais.

O número de varões transversais e o comprimento mínimo indicados anteriormente podem ser reduzidos na proporção da relação  $A_{s,cal}/A_{s,ef}$  entre a secção de armadura requerida pelo cálculo e a secção de armadura efectivamente adoptada, devendo o número de varões ser obtido por arredondamento ao inteiro superior e o comprimento a utilizar não ser inferior a 100 mm.

2. No caso de elementos sujeitos a acções que determinem variações de tensão de grande amplitude e muito frequentes, o número mínimo de varões transversais indicado no n.º 1 deste artigo deve ser aumentado de uma unidade.

3. No caso de redes constituídas por varões de alta aderência em que não se possa contar com a contribuição dos varões transversais, as amarrações devem ser estabelecidas adoptando as regras indicadas no artigo 78.º para as amarrações rectas de varões.

No caso de redes duplas em que os varões constituam agrupamentos, poder-se-á porém efectuar sempre a amarração conjunta dos varões de cada agrupamento, mas com o comprimento de amarração correspondente ao seu diâmetro equivalente.

4. No caso de redes em que os varões transversais desempenhem também funções resistentes (por exemplo, em lajes armadas em 2 direcções), as amarrações de tais varões devem, obviamente, ser realizadas de acordo com as regras indicadas para os varões longitudinais.

#### Artigo 80.º

##### (Amarração de armaduras de pré-esforço)

A amarração das armaduras de pré-esforço deve ser executada por meio dos dispositivos previstos pelo sistema de pré-esforço utilizado, tendo em atenção o estipulado no anexo 3, quanto à difusão do pré-esforço a partir da extremidade da armadura, e o estipulado nos artigos 120.º a 122.º relativamente às condições de resistência do elemento na zona da amarração.

#### Artigo 81.º

##### (Emenda de varões de armaduras ordinárias)

1. As emendas dos varões das armaduras ordinárias — que podem ser realizadas por sobreposição, por soldadura ou por meio de dispositivos mecânicos especiais — devem ser empregadas o menos possível e, de preferência, em zonas em que os varões estejam sujeitos a tensões pouco elevadas.

縱向鋼筋直徑小於或等於 8.5 mm 之單層鋼網及雙層鋼網：

普通握裹鋼筋 — 3 根橫向剪力鋼筋；

高握裹鋼筋 — 2 根橫向剪力鋼筋；

縱向鋼筋直徑大於 8.5mm 之雙層鋼網：

普通握裹鋼筋 — 4 根橫向剪力鋼筋；

高握裹鋼筋 — 3 根橫向剪力鋼筋。

對以上所指定之橫向剪力鋼筋數目及最小錨固長度可根據  $A_{s,cal} / A_{s,ef}$  之關係按比例予以折減， $A_{s,cal} / A_{s,ef}$  為設計所要求之錨固筋斷面積及實際採用之錨固筋斷面積之比值，折減後橫向剪力鋼筋數目應以上值取整，而錨固長度則不能小於 100 mm。

二、對承受應力變化幅度較大且出現非常頻繁之作用時，在本條第一款所指定之橫向剪力鋼筋數目應予以增加一根。

三、若鋼網係採用高握裹鋼筋時，則可不須考慮橫向剪力筋之效用，但其錨固應遵照第七十八條對錨固直筋所制定之錨固規定。

由兩層鋼網疊置組成之束筋，通常其錨固應每組束筋一起進行錨固，但其對應之錨固長度應根據其束筋等效直徑計算。

四、欲使鋼網中之橫向剪力筋亦可承擔抵抗作用，(例如樓板於兩方向上加固)，則該類鋼筋之錨固應根據縱向鋼筋之規定進行。

#### 第八十條

##### 預應力鋼筋之錨固

預應力鋼筋之錨固應於所使用之預應力系統中作預先處理，並應對於附件三中有關從鋼筋末端起之預應力消散等規定，以及第一百二十條至第一百二十二條有關構件於錨固區內之強度情況等規定加以注意。

#### 第八十一條

##### 普通鋼筋之拼接

一、普通鋼筋之拼接可透過採用疊接形式、焊接形式或利用特殊機械裝置之形式進行。鋼筋應盡量避免使用拼接，若使用拼接時則應優先考慮於鋼筋承受較低應力之區間上。

2. As emendas de varões por sobreposição, excepto nos casos referidos em 3, devem ser realizadas de acordo com o disposto nas alíneas seguintes:

a) As amarrações dos varões na zona da sobreposição devem satisfazer o disposto no n.º 2 do artigo 77.º, no que respeita à eventual necessidade de ganchos terminais, e no n.º 3 do artigo 77.º, no que se refere à exigência de uma armadura transversal de cintagem do betão na zona da emenda;

b) Os comprimentos mínimos de sobreposição,  $l_{b,o}$ , no caso de varões traccionados, devem satisfazer à expressão:

$$l_{b,o} = \alpha_2 l_{b,net}$$

não podendo, em caso algum, ser inferiores a  $15\phi$  nem a 200 mm. Nesta expressão,  $l_{b,net}$  deve satisfazer as condições indicadas no n.º 4 do artigo 77.º O coeficiente  $\alpha_2$  toma os seguintes valores:

$\alpha_2 = 1,0$  para comprimentos de sobreposição de varões comprimidos e para comprimentos de sobreposição de varões traccionados quando menos de 30% dos varões da secção estejam sobrepostos e, de acordo com a Figura 16, quando  $a \geq 10\phi$  e  $b \geq 5\phi$ .

$\alpha_2 = 1,4$  para comprimentos de sobreposição de varões traccionados se se verificar apenas uma das condições:

i) 30% ou mais dos varões numa secção estão sobrepostos;

ii) de acordo com a Figura 16, se  $a < 10\phi$  ou  $b < 5\phi$ .

$\alpha_2 = 2,0$  para comprimentos de sobreposição de varões traccionados se as condições (i) e (ii) se aplicarem simultaneamente.

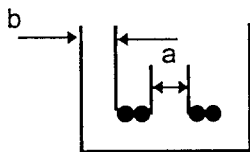


Figura 16. Avaliação de  $\alpha_2$

No caso de varões comprimidos, as emendas por sobreposição devem ser feitas apenas com troços rectos, e os comprimentos mínimos de sobreposição  $l_{b,o}$  devem ser iguais ao valor de  $l_b$  definido no artigo 77.º

c) O número de varões emendados numa mesma secção, no caso de varões traccionados, pode ser a totalidade destes se se tratar de varões de alta aderência de diâmetro inferior a 16 mm, não podendo porém a secção dos varões emendados exceder 1/2 da secção total da armadura se se tratar de varões de diâmetro

二、除第三款之情況外，對於鋼筋以疊接形式進行拼接時，在使用時應遵守以下各項規定：

a) 於疊接區間內鋼筋之錨固應滿足第七十七條第二款有關鋼筋末端所需彎鉤之規定，並應滿足第七十七條第三款有關鋼筋拼接區間內使用橫向剪力箍筋之要求；

b) 受拉鋼筋之最小疊接長度  $l_{b,o}$  應滿足下式：

$$l_{b,o} = \alpha_2 l_{b,net}$$

於某些情況中，疊接長度不可小於  $15\phi$  並且也不能小於 200 mm。該表達式中之  $l_{b,net}$  應滿足第七十七條第四款中所述之情況。然而，係數  $\alpha_2$  可取下列數值：

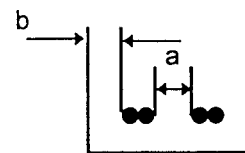
$\alpha_2 = 1.0$  於同一斷面上需要疊接之鋼筋量小於斷面總鋼筋量之 30% 時，並且根據圖十六中  $a \geq 10\phi$  及  $b \geq 5\phi$ ，在計算受壓及受拉鋼筋疊接長度時採用。

$\alpha_2 = 1.4$  計算受拉鋼筋疊接長度，僅需滿足以下其中一項條件時採用：

i) 於同一斷面上需要疊接之鋼筋量等於或大於斷面總鋼筋量之 30% 時採用；

ii) 根據圖十六，倘若  $a < 10\phi$  或  $b < 5\phi$  時採用。

$\alpha_2 = 2.0$  計算受拉鋼筋疊接長度時，倘若以上之條件 (i) 及 (ii) 同時成立時採用。



圖十六：決定  $\alpha_2$  之 a、b 之位置

於受壓鋼筋之情況中，採用疊接形式拼接時應以直線方式進行，而其最小疊接長度  $l_{b,o}$  應直接採用第七十七條所定義之  $l_b$  值。

c) 在受拉鋼筋拼接之情況中，於同一斷面上鋼筋拼接之數目，當採用高握裹鋼筋，直徑小於 16 mm 進行拼接時，則允許全部予以拼接。若鋼筋直徑等於或大於 16 mm 則於同一

igual ou superior a 16 mm; no caso de varões de aderência normal, esta relação deve ser considerada igual a 1/2 e 1/4, respectivamente, para cada um daqueles escalões de diâmetro. Para os efeitos destas disposições, somente se pode considerar que duas emendas não estão na mesma secção se, na direcção longitudinal do elemento, a distância entre pontos médios das emendas for superior a  $1,5 l_{b,0}$ .

Nos casos de varões comprimidos, não há condições especiais a respeitar quanto ao número de varões a emendar.

3. As emendas de varões por sobreposição em elementos sujeitos predominantemente a esforços de tracção (tirantes) devem sempre que possível ser evitadas, não podendo porém ser utilizadas se o diâmetro dos varões for superior a 16 mm ou se a percentagem de armadura exceder 1,5.

Para a realização de tais emendas devem aplicar-se, na generalidade, as regras indicadas no n.º 2 deste artigo para as armaduras traccionadas, atendendo porém às seguintes disposições particulares:

a) O número de varões emendados numa mesma secção não deve corresponder a mais de 1/4 da secção total dos varões da armadura;

b) Na determinação do comprimento de sobreposição,  $l_{b,net}$ , por aplicação do disposto no n.º 2 deste artigo, alínea b), para o caso de varões traccionados, deve sempre calcular-se  $l_{b,net}$  considerando que os varões não se encontram em condições de boa aderência;

c) A armadura transversal de cintagem referida no n.º 3 do artigo 77.º, envolvendo toda a armadura na zona da emenda e distribuída ao longo desta, deve ser constituída por varões não espaçados de mais de 4 vezes o diâmetro do varão emendado.

4. As emendas por sobreposição de agrupamentos de varões devem ser executadas varão a varão e de tal modo que os pontos médios das emendas dos diferentes varões fiquem separados entre si de, pelo menos, 1,3 vezes o comprimento de sobreposição correspondente à emenda dos varões isolados.

5. O disposto nos números anteriores é também aplicável ao caso de emendas por sobreposição com laços, com excepção do valor do comprimento mínimo de sobreposição,  $l_{b,net}$ , dado no n.º 2 deste artigo, alínea b), que deve ser tomado igual ao diâmetro interior do laço, acrescido de 7 vezes o diâmetro do varão.

6. As emendas por soldadura somente são de admitir em varões que possuam as necessárias características de soldabilidade, em face do processo de soldadura utilizado.

Para efeitos de dimensionamento, deve considerar-se para secção de um varão soldado, na zona da emenda, somente 80% do seu valor nominal, podendo-se contudo não ter em conta esta penalização se forem satisfeitas simultaneamente as seguintes condições:

斷面上拼接鋼筋斷面積不能超過鋼筋總斷面積之 1/2; 當採用普通握裹鋼筋時, 直徑小於 16 mm 及等於或大於 16 mm 時, 於同一斷面上拼接鋼筋斷面積分別不能超過鋼筋總斷面積之 1/2 及 1/4, 此為對於拼接時以相同斷面進行。鋼筋拼接時, 沿構件縱向方向上, 僅當各鋼筋拼接接頭間中點之距離大於  $1.5 l_{b,0}$  時, 才可考慮該拼接不在同一斷面上。

對受壓鋼筋拼接時, 此處並沒有對鋼筋拼接數目作任何特別之規定。

三、當鋼筋拼接採用疊接形式時, 通常應儘可能避免於構件中顯著承受拉力 (拉桿) 之地方進行疊接。無論如何, 在疊接時不可採用直徑大於 16 mm 之鋼筋進行疊接或不可採用配筋率大於 1.5% 進行疊接。

一般而言, 對於受拉鋼筋其疊接應根據本條第二款之規定進行, 同時於疊接時並應注意下列數點:

- a) 於同一斷面中鋼筋疊接數目應不大於斷面鋼筋總數之 1/4;
- b) 疊接長度  $l_{b,0}$  之決定, 可採用本條第二款 b 項進行。對受拉鋼筋之情況, 通常應計算  $l_{b,net}$  並考慮鋼筋與混凝土之間是否符合優良握裹條件;
- c) 於鋼筋拼接區間內應採用第七十七條第三款所述之橫向剪力箍筋, 並沿著拼接區間內分佈。然而其箍筋間距不能大於拼接鋼筋直徑之四倍。

四、採用疊接形式拼接之束筋, 各組束筋之拼接應以不同鋼筋之拼接中點各自分隔開, 且束筋疊接長度不能小於 1.3 倍個別鋼筋拼接長度。

五、以上述及之拼接數目亦適用於彎套之疊接, 然而本條第二款 b 項之最小疊接長度  $l_{b,0}$  則除外, 該處可取彎套內徑加以七倍彎套鋼筋直徑作為彎套最小疊接長度。

六、若採用焊接形式作拼接, 該方法僅准許使用在焊接使用程序中具有必須之可焊特性之鋼筋表面。

基於設計方面之考量, 在拼接區內一焊接鋼筋之斷面僅能考慮為 80% 之斷面標稱值, 並應同時滿足下列條件:



- a soldadura for cuidadosamente realizada e controlada;
  - a secção dos varões soldados numa mesma secção do elemento não exceder 1/5 da secção total da armadura;
  - o elemento não estiver sujeito a acções que determinem esforços com variações de grande amplitude e muito frequentes.
7. A utilização de dispositivos mecânicos especiais para a realização de emendas necessita de adequada justificação.

#### Artigo 82.º

##### (Emenda de redes electrossoldadas)

1. As emendas dos varões longitudinais das redes electrossoldadas devem ser realizadas por sobreposição de troços rectos e satisfazer o estipulado nos n.ºs 2, 3, 4 e 5 deste artigo. Tais emendas só são permitidas em zonas em que a relação  $A_{s,cal}/A_{s,ef}$ , entre a secção de armadura requerida pelo cálculo e a secção de armadura efectivamente adoptada, não seja superior a 0,7.

No caso de redes duplas com varões longitudinais de diâmetro superior a 8,5 mm, só é permitida a realização de emendas desde que a armadura seja constituída por redes sobrepostas, não podendo, no entanto, tais emendas ser realizadas na camada situada junto da face mais traccionada.

2. Os comprimentos mínimos de sobreposição nas emendas, a menos dos casos referidos nos n.ºs 3 e 4 deste artigo, devem ser em geral superiores a 450 mm e incluir o número mínimo de varões transversais a seguir indicado:

Varões de aderência normal: 5 varões transversais;

Varões de alta aderência: 4 varões transversais.

3. No caso de redes constituídas por varões de alta aderência em que não se possa contar com a contribuição dos varões transversais, os comprimentos de sobreposição nas emendas devem ser determinados de acordo com as regras indicadas no artigo 81.º relativas às emendas de varões por sobreposição de troços rectos.

No caso de redes duplas em que os varões constituam agrupamentos, poder-se-á efectuar a emenda conjunta dos varões de cada agrupamento, mas com o comprimento de sobreposição correspondente ao seu diâmetro equivalente.

4. No caso de elementos sujeitos a acções que determinem variações de tensão de grande amplitude e muito frequentes, não são permitidas emendas de redes constituídas por varões de aderência normal; se os varões forem de alta aderência é permitida a realização de emendas, mas, neste caso, os comprimentos de sobreposição devem ser determinados de acordo com as regras estipuladas no n.º 3 deste artigo.

5. No caso de armaduras constituídas por redes sobrepostas, as emendas destas redes devem ser desfasadas de uma distância pelo menos igual a 1,5 vezes o comprimento mínimo de sobreposição.

6. As emendas dos varões transversais das redes, quando desempenhem apenas funções de armadura de distribuição, devem

- 焊接之過程應小心及受到監控;
- 同一構件斷面中之焊接鋼筋斷面積不能超過該斷面之鋼筋總斷面積之 1/5;
- 若構件需承受出現頻繁且變化幅度甚大之外力作用時, 該構件不能採用焊接作鋼筋拼接。

七、採用特殊機械裝置作鋼筋拼接時, 應作適當之驗証。

#### 第八十二條

##### 焊接鋼網之拼接

一、焊接鋼網之縱向鋼筋之拼接應採用直線段之疊接形式, 並應滿足本條第二款、第三款、第四款及第五款之規定。該類拼接僅允許於設計所要求之鋼筋斷面積與實際採用之鋼筋斷面積之比值  $A_{s,cal}/A_{s,ef}$  小於 0.7 時採用。

對雙層鋼網縱向鋼筋直徑大於 8.5mm 時, 其拼接僅允許以鋼網重疊之形式進行, 無論如何, 該類拼接不可位於拉力面之位置上進行。

二、除本條第三款及第四款所提及之情況外, 焊接鋼網拼接時其最小疊接長度一般應大於 450 mm 及剪力橫向鋼筋之數目最小應如下所示:

普通握裹鋼筋	五根橫向剪力鋼筋
高握裹鋼筋	四根橫向剪力鋼筋

三、採用高握裹鋼筋組成之焊接鋼網, 不能考慮由橫向剪力鋼筋所作之貢獻, 拼接時其疊接長度之決定應根據第八十一條中有關採直線疊接作為拼接之相關規定。

由兩層鋼網疊置組成之束筋, 在進行拼接時得以每組束筋一起拼接, 但應根據其相應之束筋等效直徑決定其疊接長度。

四、當構件承受出現頻繁且變化幅度甚大之應力作用時, 焊接鋼網之拼接並不允許採用普通握裹鋼筋進行; 於該情況中, 其拼接可採用高握裹鋼筋進行, 但其疊接長度之決定應根據本條第三款之規定。

五、在採用鋼網重疊作拼接之情況下, 該類鋼網拼接距離至少應等於最小疊接長度之 1.5 倍。

六、於鋼筋排置時, 鋼網橫向剪力鋼筋之拼接, 其拼接長度不應小於 200 mm 及在該範圍內最小應包含 2 根縱

ser realizadas com comprimentos de sobreposição não inferiores a 200 mm e que incluem, no mínimo, 2 ou 3 varões longitudinais, consoante os varões transversais tenham diâmetro não superior a 6,5 mm ou superior a este valor; no caso previsto no n.º 4 deste artigo, porém, o número de varões referido deve ser aumentado de uma unidade.

#### Artigo 83.º

##### (Emenda de armaduras de pré-esforço)

A emenda de armaduras de pré-esforço deve ser realizada por meio dos dispositivos específicos do sistema de pré-esforço utilizado.

## CAPÍTULO II

### Disposições relativas a elementos estruturais

#### SECÇÃO I

##### Vigas

#### Artigo 84.º

##### (Armadura longitudinal mínima e máxima)

1. A percentagem da armadura longitudinal de tracção das vigas,  $\rho$ , não deve ser inferior ao que resulta das condições expressas no artigo 60.º nem inferior a:

0,25 no caso de armaduras de aço A235;

0,18 no caso de armaduras de aço A335;

0,15 no caso de armaduras de aço A400;

0,12 no caso de armaduras de aço A500.

Esta percentagem é definida pela relação:

$$\rho = A_s / (b_t d) \times 100$$

2. A área da armadura longitudinal de tracção ou de compressão não deve exceder 4% da área total da secção da viga.

#### Artigo 85.º

##### (Interrupção da armadura longitudinal)

1. A armadura longitudinal de tracção das vigas só pode ser interrompida desde que garanta a absorção das forças de tracção correspondentes a um diagrama obtido por translação, paralela ao eixo da viga, do diagrama de  $M_{sd}/z$ , em que  $M_{sd}$  é o valor de cálculo do momento actuante numa dada secção e  $z$  é o braço do binário das forças interiores na mesma secção (Figura 17).

O valor da translação,  $a_1$ , depende do valor de cálculo do esforço transversal actuante,  $V_{sd}$ , e do tipo de armadura de esforço transversal, de acordo com o que a seguir é indicado:

向鋼筋 (橫向剪力鋼筋直徑小於 6.5 mm) 或 三根縱向鋼筋 (橫向剪力鋼筋直徑大於 6.5 mm); 若為本條第四款之情況, 其最小鋼筋數目應增加一根。

#### 第八十三條

##### 預應力鋼筋之拼接

預應力鋼筋之拼接應透過所採用之預應力系統予以特別處理。

## 第二章

### 有關結構構件之規定

#### 第一節

##### 樑

#### 第八十四條

##### 樑之縱向最大及最小配筋量

一、樑之縱向拉力配筋率  $\rho$  應不少於第六十條所示之條件, 亦不少於以下:

0.25 當採用 A235 鋼筋;

0.18 當採用 A335 鋼筋;

0.15 當採用 A400 鋼筋;

0.12 當採用 A500 鋼筋。

配筋率係根據以下關係式所定義:

$$\rho = A_s / (b_t d) \times 100$$

二、樑之縱向拉力及壓力鋼筋面積 (最大配筋量) 不應超過樑總面積之 4%。

#### 第八十五條

##### 縱向配筋之截斷

一、若能確保抵受相關之拉力, 樑之縱向配筋可被截斷。拉力圖係將  $M_{sd}/z$  分佈圖及樑軸平行方向平移而成, 此處  $M_{sd}$  係在一已知截面上之設計外加彎矩, 而  $z$  係該截面之內力力臂 (圖十七)。

平移值  $a_1$  視外加設計值  $V_{sd}$  剪力配筋種類而定, 按照以下指示取用:

Nas zonas em que  $V_{sd} \leq 2/3 V_{Rd2}$ :

$a_l = d$  no caso de estribos verticais;

$a_l = 0,75d$  no caso de estribos verticais associados a varões inclinados a  $45^\circ$ ;

$a_l = 0,5d$  no caso de estribos inclinados a  $45^\circ$ ;

Nas zonas em que  $V_{sd} > 2/3 V_{Rd2}$ :

os valores indicados anteriormente para  $a_l$  podem ser diminuídos de  $0,25d$ .

Nestas expressões,  $\tau_{Rd}$  toma os valores indicados no artigo 47.º e  $b_w$  e  $d$  têm o significado também aí referido.

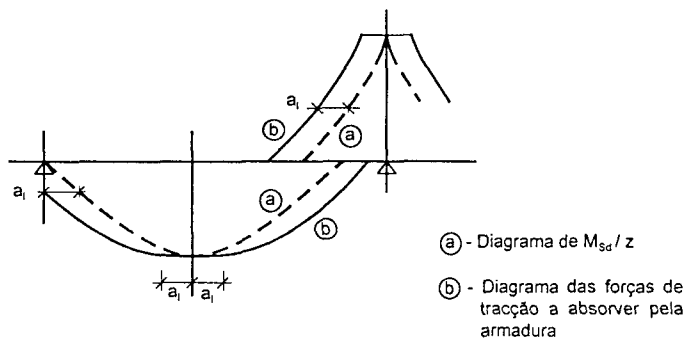


Figura 17. Comprimentos de amarração

2. Os varões da armadura podem ser dispensados à medida que o diagrama (b) da Figura 17 o permita, devendo ser prolongados, para além dele, dos comprimentos de amarração definidos nos artigos 77.º e 78.º, respectivamente para armaduras ordinárias em geral e para redes electrossoldadas.

3. No caso de os varões da armadura longitudinal, depois de dispensados, serem utilizados como armaduras inclinadas para absorção de esforços transversos, eles devem ser prolongados, para além do troço inclinado, de comprimentos de amarração obtidos dos definidos no artigo 77.º, aumentando-os ou diminuindo-os de 30% consoante a amarração se situe em zona traccionada ou comprimida da viga, respectivamente.

Artigo 86.º

(Armadura longitudinal nos apoios)

1. Nos apoios de encastramento (ou de continuidade), as amarrações que haja necessidade de aí realizar na armadura longitudinal de tracção correspondente ao momento de encastramento devem ser efectuadas com os comprimentos definidos nos artigos 77.º e 78.º, contados a partir de uma secção situada a uma distância da face interior do apoio igual ao menor dos valores seguintes: largura do apoio, 2 vezes a altura útil da viga.

2. Deve ser mantido até aos apoios das vigas (sem mudança de direcção), pelo menos,  $1/4$  da armadura máxima de tracção correspondente ao momento no vão; as amarrações destas armaduras devem ser realizadas de acordo com os critérios especificados nas alíneas seguintes:

a) Nos apoios com liberdade de rotação (ou com fraco grau de encastramento), as armaduras devem ser amarradas a partir da

em  $V_{sd} \leq 2/3 V_{Rd2}$  區域內:

$a_l = d$  採用垂直箍筋;

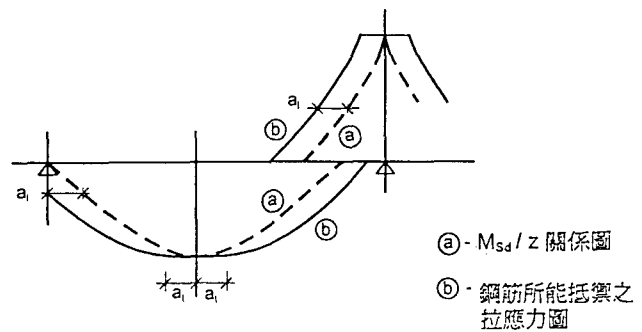
$a_l = 0.75d$  採用垂直箍筋加  $45^\circ$  斜筋;

$a_l = 0.5d$  採用  $45^\circ$  斜筋;

在  $V_{sd} > 2/3 V_{Rd2}$  區域內:

上面所述之值可減少  $0.25d$ .

第四十七條中已指出上面公式之  $\tau_{Rd}$  值, 同時亦指出  $b_w$  及  $d$  之定義。



圖十七: 錨固長度

二、配筋可以在圖十七中 (b) 之中間位置取消, 該配筋應按其錨固長度延長, 普通鋼筋及焊接鋼筋之錨固長度分別在第七十七條及第七十八條中說明。

三、當取消之縱向鋼筋用作抗禦剪力之斜彎筋時, 在傾斜部分外應按第七十七條所指之錨固長度延長; 該錨固長度在樑之受拉區或受壓區分別應增加或減少 30%。

第八十六條

支承之縱向配筋

一、在固端支承 (或連續端支承), 配筋需要承受固端彎矩所造成之拉應力, 其錨固長度應參照第七十七條及第七十八條, 由距離支承內面之一截面開始計算, 該截面距離取以下之較小值: 支承寬度, 或樑有效深度之兩倍。

二、進入樑支承內之配筋 (無改變方向) 應不少於由跨內彎矩最大拉應力要求下鋼筋量之  $1/4$ ; 該鋼筋之錨固應按以下所規定之標準進行:

a) 在自由旋轉支承 (或弱固端支承), 直接支承之錨固鋼筋應由支承內面開始, 而簡接支承則

face interior do elemento de apoio, no caso de apoios directos, e a partir de uma secção situada a uma distância da face interior do apoio igual a 1/3 da largura deste, no caso de apoios indirectos (ver artigo 91.º). Os comprimentos de amarração devem ser determinados segundo os artigos 77.º e 78.º para uma força de tracção nas armaduras,  $F_s$ , dada por:

$$F_s = V_{sd} a_l / d$$

em que:

$V_{sd}$  valor de cálculo do esforço transversal actuante no apoio;

$a_l$  translação referida no artigo 85.º

Contudo, tratando-se de apoios directos, os comprimentos de amarração assim determinados podem ser reduzidos de 1/3, mantendo-se, porém, os mínimos especificados no artigo 78.º, no caso de redes electrossoldadas, e apenas o mínimo de  $10\phi$  indicado no n.º 4 do artigo 77.º, no caso de varões em geral;

b) Nos apoios de encastramento ou de continuidade, as amarrações devem ser efectuadas segundo o critério indicado na alínea anterior para os apoios directos. Se os apoios forem de continuidade, alguns varões da armadura em causa devem transitar de vão para vão, através do apoio, sem interrupção.

#### Artigo 87.º

##### (Armadura de esforço transversal)

1. As vigas devem ser armadas ao longo de todo o vão com estribos que abranjam a totalidade da sua altura, os quais devem envolver a armadura longitudinal de tracção e também a armadura de compressão quando esta seja considerada como resistente.

As extremidades dos estribos devem terminar por meio de ganchos, podendo ser empregados cotovelos no caso de varões de alta aderência; estes ganchos e cotovelos devem ser executados com as dimensões indicadas no artigo 78.º

A distância entre 2 ramos consecutivos do mesmo estribo não deve exceder a altura útil da viga nem 600 mm; a percentagem mínima de estribos e o seu espaçamento máximo devem respeitar as condições estabelecidas nos números seguintes.

2. A percentagem de estribos,  $\rho_w$ , não deve, em geral, ser inferior a:

0,16, no caso de armaduras de aço A235;

0,12, no caso de armaduras de aço A335;

0,10, no caso de armaduras de aço A400;

0,08, no caso de armaduras de aço A500.

Esta percentagem é definida pela relação:

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{b_w s \sin \alpha} \times 100$$

應由支承內面距離 1/3 支承寬度之截面開始 (見第九十一條)。錨固長度應按第七十七條及第七十八條計算，鋼筋所受拉力  $F_s$  為：

$$F_s = V_{sd} a_l / d$$

此處：

$V_{sd}$  支承上設計外加剪力值；

$a_l$  參照第八十五條之平移。

無論如何，用該計算方法在直接支承上所得之錨固長度可減少 1/3，但應保留第七十八條對鋼網之最低要求或第七十七條第四款對鋼筋之要求，在此只應與所指示之最小值  $10\phi$  作比較；

b) 在固端或連續端支承，錨固應滿足上面有關直接支承之標準。若在連續端部分之鋼筋應無間斷地由一跨通過支承到達另一跨。

#### 第八十七條

##### 剪力配筋

一、樑應在全跨上用包圍其高度之箍筋加固，加固應包括縱向受拉鋼筋及 (被考慮為有承載力時之) 受壓鋼筋。

箍筋之端部應以彎鉤為終結，高握裹力鋼筋得採用彎曲筋；該彎鉤及彎曲筋應按第七十八條之指示作設計。

箍筋兩相鄰肢之距離應不大於樑有效高度或 600mm；箍筋最小配筋率和最大間距應遵照以下幾點中定立之條件。

二、一般情況箍筋率  $\rho_w$  應不少於：

0.16 當採用 A235 鋼筋時；

0.12 當採用 A335 鋼筋時；

0.10 當採用 A400 鋼筋時；

0.08 當採用 A500 鋼筋時。

該配筋率用以下關係式作定義：

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{b_w s \sin \alpha} \times 100$$

em que:

$A_{sw}$  área total da secção transversal dos vários ramos do estribo;

$b_w$  largura da alma da secção, considerada de acordo com o artigo 47.º;

$s$  espaçamento dos estribos;

$\alpha$  ângulo formado pelos estribos com o eixo da viga ( $45^\circ < \alpha < 90^\circ$ ).

Nas zonas das vigas em que se verifique a condição  $V_{sd} < V_{Rd1}$ , estes valores mínimos da percentagem de estribos podem ser reduzidos multiplicando-os pela relação  $V_{sd} / V_{Rd1}$ , em que  $V_{sd}$  é o valor de cálculo do esforço transversal actuante e  $V_{Rd1}$  toma os valores referidos no n.º 4 do artigo 47.º

3. O espaçamento dos estribos,  $s$ , deve, no caso de estribos normais ao eixo da viga, respeitar as condições:

nas zonas em que  $V_{sd} \leq 1/6 V_{Rd2}$ :

$s \leq 0,9 d$ , com o máximo de 300 mm;

nas zonas em que  $1/6 V_{Rd2} \leq V_{sd} \leq 2/3 V_{Rd2}$ :

$s \leq 0,5 d$ , com o máximo de 250 mm;

nas zonas em que  $V_{sd} > 2/3 V_{Rd2}$ :

$s \leq 0,3 d$ , com o máximo de 200 mm.

Nestas expressões,  $V_{Rd2}$  toma os valores referidos no artigo 47.º

No caso de os estribos serem inclinados de um ângulo  $\alpha$  relativamente ao eixo da viga, os valores do espaçamento indicados podem ser majorados pelo factor  $(1 + \cotg \alpha)$ , não excedendo, porém, em qualquer caso, o máximo de 300 mm.

4. Pode considerar-se que a fendilhação devida a efeitos de esforços transversos é convenientemente controlada desde que se respeitem os espaçamentos dos estribos indicados no Quadro 15. Não é necessário fazer nenhuma verificação para os elementos em que  $3 V_{Rd1} > V_{sd}$ , pois nestes casos não ocorrem fendas de esforço transversal sob as cargas de utilização.

Quadro 15. Espaçamento dos estribos

$(V_{sd} - 3V_{Rd1}) / \rho_w b_w d$ (MPa)	Espaçamento dos estribos (mm)
$\leq 50$	300
75	200
100	150
150	100
200	50

5. A armadura de esforço transversal constituída por varões inclinados deve, tanto quanto possível, ser disposta simetricamente em relação ao plano de flexão e por forma que os varões não fiquem próximos das faces do elemento. O espaçamento longitudinal,  $s$ , destas armaduras não deve exceder  $0,9d(1 + \cotg \alpha)$ , valor que deve ser reduzido a metade quando  $V_{sd}$  exceder  $2/3 V_{Rd2}$ .

此處:

$A_{sw}$  箍筋肢部截面面積總和;

$b_w$  樑腹寬度, 按第四十七條考慮;

$s$  箍筋間距;

$\alpha$  箍筋與樑軸所成角度 ( $45^\circ < \alpha < 90^\circ$ ).

若已確定在樑之某部位上  $V_{sd} < V_{Rd1}$ , 上述之最小配筋率得乘上  $V_{sd}/V_{Rd1}$  作折減; 此處  $V_{sd}$  係設計外加剪力而  $V_{Rd1}$  在第四十七條第四款中說明。

三、當箍筋與樑軸成直角時, 箍筋間距  $s$  應遵照以下條件:

在  $V_{sd} \leq 1/6 V_{Rd2}$  部位時:

$s \leq 0.9d$ ; 最大不超過 300mm;

在  $1/6 V_{Rd2} < V_{sd} \leq 2/3 V_{Rd2}$  時:

$s \leq 0.5d$ ; 最大不超過 250mm;

在  $V_{sd} > 2/3 V_{Rd2}$  部位時:

$s \leq 0.3d$ ; 最大不超過 200mm。

上面公式  $V_{Rd2}$  值按第四十七條取用。

當箍筋與樑軸傾斜成  $\alpha$  角時, 以上所指之箍筋間距可透過  $(1 + \cotg \alpha)$  予以擴寬, 但無論於任何情況下, 箍筋間距均不能超過 300mm。

四、當箍筋間距符合表十五所示之要求時, 因剪力而導致之開裂可視作已適當受控制。當  $3V_{Rd1} > V_{sd}$  時, 構件不須其它任何驗證, 因為在該使用之荷載下, 剪力不導致開裂。

表十五 箍筋間距

$(V_{sd} - 3V_{Rd1}) / \rho_w b_w d$ (MPa)	箍筋間距 (mm)
$\leq 50$	300
75	200
100	150
150	100
200	50

五、斜彎剪力筋在可能情況下, 應在彎曲面上對稱地擺放, 最近構件兩側之鋼筋不用作斜彎筋。斜彎筋最大縱向間距  $s$  應不大於  $0.9d(1 + \cotg \alpha)$ , 而當  $V_{sd}$  大於  $(2/3)V_{Rd2}$  時, 該間距應減半。

## Artigo 88.º

**(Armadura de torção)**

A armadura transversal de torção deve ser constituída por cintas fechadas por meio de emendas executadas de acordo com o artigo 81.º; o seu espaçamento não deve exceder  $(1/8) U_k$ , em que  $U_k$  é o perímetro definido no artigo 49.º, com o máximo de 300 mm.

Os varões da armadura longitudinal de torção devem ser dispostos ao longo do contorno interior das cintas, com um espaçamento máximo de 350 mm; em cada vértice do contorno referido deve existir, pelo menos, 1 varão.

## Artigo 89.º

**(Armadura de alma)**

Nas vigas de altura superior a 1 m deve ser disposta uma armadura de alma constituída por varões longitudinais colocados junto das faces laterais da viga e distribuídos ao longo da altura da secção transversal, de preferência na sua zona traccionada.

Esta armadura de alma deve ser constituída por varões do mesmo aço que o da armadura longitudinal de tracção, e a área total da sua secção, em cada face, não deve ser inferior a 4% da área da secção dessa armadura longitudinal.

## Artigo 90.º

**(Armadura de ligação dos banzos à alma)**

Em vigas com banzos, comprimidos ou traccionados, devem dispor-se armaduras de ligação entre os banzos e a alma, distribuídas ao longo dos banzos perpendicularmente aos planos de união paralelos ao plano de flexão da viga.

Estas armaduras devem assegurar a absorção das forças longitudinais desenvolvidas por acção do esforço transversal ao longo daqueles planos de união.

Nos casos correntes em que os banzos sejam betonados conjuntamente com a alma, pode dispensar-se o dimensionamento específico desta armadura, desde que a área da sua secção não seja inferior a metade da área total da secção dos estribos e tenha o mesmo espaçamento destes.

Quando os banzos estejam submetidos a flexão num plano perpendicular ao plano de flexão da viga, as suas armaduras de flexão podem ser consideradas para efeitos de armaduras de ligação.

## Artigo 91.º

**(Armadura de suspensão. Apoios indirectos)**

1. O apoio de uma viga secundária numa viga principal — apoio indirecto — quando haja interpenetração das duas vigas, deve realizar-se por meio de armaduras de suspensão constituídas por estribos adicionais da viga principal, cuja secção seja suficiente para absorver a força de apoio da viga secundária. Estes estribos devem ser distribuídos na zona de intersecção das duas vigas, zona

## 第八十八條

## 扭力鋼筋

扭力鋼筋應用按第八十一條拼接方法所得之緊閉式箍筋；其間距應不超過  $(1/8) u_k$  (此處  $u_k$  係第四十九條中定義之周界) 或 300mm。

扭力縱向筋應放置在箍筋內之輪廓線上，其最大間距為 350mm；在輪廓線上之每一角應放置不少於一根鋼筋。

## 第八十九條

## 樑腹配筋

當樑高超過 1m 時，應在樑腹兩側放置縱向鋼筋，分佈於橫切面之高度上，較佳選擇放在受拉區域內。

在樑腹之鋼筋應與縱向受拉鋼筋之種類相同，而每一邊其總面積應不少於在該面中縱向鋼筋面積之 4%。

## 第九十條

## 連接樑翼與樑腹之鋼筋

受拉或受壓之翼樑應放置連接樑翼與樑腹之鋼筋，分佈在樑翼垂直連接面之方向，亦即平行彎曲面之方向。

該鋼筋應確保抵禦因沿著連接面之剪力所生之縱向力。

在普通情況下，當樑翼跟樑腹之混凝土係一起澆注時，可括免該鋼筋之特定設計，而只需取其斷面面積不少於總箍筋面積之一半及有相同之間距。

當樑翼在垂直樑彎曲面之平面上受彎矩力時，該彎矩力所得之鋼筋可用作連接之鋼筋。

## 第九十一條

## 懸垂配筋、非直接支承

一、非直接支承（次樑在主樑上之支承），當兩條樑互相貫穿時，應在主樑上以額外之箍筋作懸垂鋼筋，其截面足夠抵禦次樑所施之支承力。該箍筋應分佈在兩條樑相

que pode estender-se, ao longo da viga principal, para um e outro lado do eixo da viga secundária, de um comprimento igual ao maior dos seguintes valores:  $b_2/2$  e  $h_1/2$ , sendo  $b_2$  a largura da viga secundária e  $h_1$ , a altura da viga principal.

A área da secção dos estribos de suspensão pode ser reduzida na relação  $h_2/h_1$ , entre as alturas da viga secundária e da viga principal, no caso de ambas as vigas terem as faces superiores ao mesmo nível.

As armaduras longitudinais da viga secundária que terminem na viga principal devem ser amarradas nesta segundo as regras indicadas no artigo 86.º Ao dobrar os varões para realizar esta amarração, os troços dobrados não devem dispor-se em planos perpendiculares à direcção da armadura longitudinal da viga principal.

2. No caso de cargas aplicadas à parte inferior das vigas (cargas suspensas), deve dispor-se de uma armadura de suspensão ligando a zona de aplicação da carga à parte superior da viga, onde deve ser eficientemente amarrada. A área da secção da armadura de suspensão deve ser dimensionada para absorver a totalidade da carga em causa.

#### Artigo 92.º

##### (Armadura para absorção de forças de desvio)

As forças que se originam em zonas de mudança de direcção dos esforços internos de compressão ou de tracção e que são dirigidas para o exterior dos elementos (forças de desvio) devem ser convenientemente absorvidas por armaduras.

Observe-se que as forças de desvio ocorrem, em regra, nas zonas comprimidas junto de ângulos salientes das peças e nas zonas traccionadas junto de ângulos reentrantes. Neste último caso, tais forças podem ser absorvidas cruzando as armaduras longitudinais de tracção na zona de mudança de direcção e prolongando-as convenientemente para além desta zona.

#### SECÇÃO II

##### Lajes maciças

#### Artigo 93.º

##### (Espessura mínima)

1. A espessura das lajes maciças não deve ser inferior aos valores seguintes:

50 mm, no caso de lajes de terraços não acessíveis;

70 mm, no caso de lajes submetidas principalmente a cargas distribuídas;

100 mm, no caso de lajes submetidas a cargas concentradas relativamente importantes;

120 mm, no caso de lajes submetidas a cargas concentradas muito importantes;

150 mm, no caso de lajes apoiadas directamente em pilares.

交之範圍內，範圍由主樑起，延伸在次樑軸兩邊，每邊一長度相等以下較大之值： $b_2/2$  及  $h_1/2$ ， $b_2$  指次樑寬度，而  $h_1$  則指主樑高度。

當主樑面及次樑面在同一水平時，懸垂箍筋面積可按次樑及主樑之高度關係  $h_2/h_1$  來減少。

終結於主樑之次樑縱向鋼筋應按第八十六條所指之規定錨固，當錨固採用彎曲筋時，所彎之一斷長度應不放置在垂直主樑縱向鋼筋方向平面上。

二、當荷載施加於樑下部（懸垂荷載），應由樑上部放置懸垂鋼筋將施加荷載區連接，該處亦應有效地錨固。懸垂鋼筋斷面面積應設計能抵禦全部有關之荷載。

#### 第九十二條

##### 抵禦方向改變力之配筋

因內壓應力或拉應力方向改變區域產生指向構件外面之力（方向改變力）應適當地以鋼筋來抵禦。

注意在常規上，在受壓之凸角轉折點及受拉之凹角轉折點都會出現方向改變力。在這最後情況，該力可由在改變方向區相交之受拉縱向鋼筋抵禦，該筋並應適當地從該區起延伸。

#### 第二節

##### 實心板

#### 第九十三條

##### 最小厚度

一、實心板之厚度不能小於以下之值：

50mm 非使用樓板；

70mm 主要承受分佈荷載之板；

100mm 承受比較重要集中荷載之板；

120mm 承受十分重要集中荷載之板；

150mm 直接支承柱構件之板。

2. A espessura das lajes, além dos condicionamentos indicados no número anterior, e a menos de justificação especial com base no estipulado nos artigos 67.º e 68.º, deve satisfazer as condições indicadas no Quadro 12.

#### Artigo 94.º

##### (Armadura principal mínima)

A percentagem de armadura principal das lajes não deve ser inferior aos valores mínimos indicados no artigo 84.º para as vigas.

Nas lajes armadas em duas direcções, o condicionamento deste artigo aplica-se a cada uma das duas armaduras principais.

#### Artigo 95.º

##### (Espaçamento máximo dos varões da armadura principal)

1. No caso de armaduras ordinárias, o espaçamento dos varões da armadura principal não deve ser superior a 1,5 vezes a espessura da laje, com o máximo de 350 mm.

2. Além das condições referidas no número anterior, o espaçamento máximo dos varões não deve também, nos casos correntes, exceder valores duplos dos indicados no artigo 61.º para as vigas, a menos de justificação especial com base nos artigos 63.º e 65.º.

#### Artigo 96.º

##### (Interrupção da armadura principal. Armadura nos apoios)

Os critérios a respeitar para a interrupção das armaduras principais das lajes maciças e para o prolongamento de armaduras até aos apoios e sua amarração são idênticos aos estipulados para as vigas nos artigos 85.º e 86.º, respectivamente. Porém, a armadura a prolongar de acordo com o n.º 2 do artigo 86.º deve ser pelo menos 1/2 da armadura máxima de tracção existente no vão, tanto para os apoios com liberdade de rotação (ou com fraco grau de encastramento) como para os apoios de encastramento ou de continuidade. Por outro lado, no caso de lajes sem armadura de esforço transversal, a translação  $a_l$  referida no n.º 1 do artigo 85.º deve ser tomada igual a 1,5 d.

#### Artigo 97.º

##### (Armadura de esforço transversal)

1. Nas zonas das lajes em que seja necessário dispor de armadura para resistir a esforço transversal, a percentagem de tal armadura não deve ser inferior aos valores indicados no n.º 2 do artigo 87.º para estribos em vigas, embora possa neste caso incluir varões inclinados.

A armadura de esforço transversal pode ser realizada totalmente por varões inclinados nas zonas em que o esforço transversal actuante por unidade de largura,  $v_{sd}$ , não exceda  $(1/3) \tau_{Rd} d$ , em que  $\tau_{Rd}$  toma os valores indicados no artigo 47.º Porém, nas zonas em que  $v_{sd}$  exceda aquele valor, deve realizar-se com estribos uma parte da armadura de esforço transversal que corresponda, pelo menos, à percentagem mínima anteriormente referida.

二、屬上款情況及按第六十七條及第六十八條作基礎之特別判定以外，板厚度應符合表十二所指示之條件。

#### 第九十四條

##### 最小主鋼筋

板主筋率應不小於第八十四條有關樑之最小配筋率。

在兩個方向都配筋之板，本條之條件適用於兩主筋之每一方向。

#### 第九十五條

##### 主鋼筋之最大間距

一、普通鋼筋為主筋之最大間距應不大於板厚之 1.5 倍，亦不大於 350mm。

二、除上款之情況外，通常鋼筋之最大間距亦應不超過第六十一條有關樑之最大之兩倍，除非有以第六十三條及第六十五條作基礎之特別判定。

#### 第九十六條

##### 鋼筋截斷，支承上之鋼筋

實心板主筋之截斷及於支承端後之延長與錨固分別要相同地遵守第八十五條及第八十六條有關樑之準則。無論如何，按第八十六條第二款延長之鋼筋應不少於跨內最大受拉鋼筋之 1/2，同樣地用在自由旋轉支承 (或弱固端支承) 及固端或連續支承上。另一方面，對不設剪力鋼筋之板，第八十五條第一款所述之平移  $a_l$  應取為 1.5d。

#### 第九十七條

##### 剪力鋼筋

一、在板需放置抗剪力鋼筋之部位，該配筋率應不少於第八十七條第二款所指示之板箍筋值，即使在情況下可用上斜彎筋。

當在板部位之每單位長度剪力  $V_{sd}$  不超出  $(1/3) \tau_{Rd} d$ ，剪力鋼筋可全部採用斜彎筋，此處  $\tau_{Rd}$  取第四十七條所指示之值。在  $V_{sd}$  超出該值之部位應以箍筋為剪力鋼筋之一部分，箍筋量不少於前述最小配筋率。



2. As distâncias entre os varões da armadura de esforço transverso devem, no máximo, ser as seguintes:

na direcção do vão: 1,2d para varões inclinados a 45° e 0,6d para estribos verticais;

na direcção transversal ao vão: 1,5d, com o máximo de 600 mm, tanto para varões inclinados como para ramos de estribos.

#### Artigo 98.º

##### (Armadura de distribuição das lajes armadas numa só direcção)

1. Nas lajes maciças armadas numa só direcção devem ser colocadas armaduras de distribuição adequadas, constituídas por varões não espaçados de mais de 350 mm.

Na face da laje oposta à da aplicação das cargas, tal armadura deve ser disposta transversalmente ao vão e a sua secção deve, localmente, ser pelo menos igual a 20% da secção da armadura principal aí existente. No caso, porém, de lajes em consola, aquela percentagem deve ser referida à secção da armadura principal no encastramento, devendo, além disso, dispor-se junto àquela mesma face uma armadura na direcção do vão.

Na face de aplicação das cargas, caso exista armadura principal, deve dispor-se ainda uma armadura de distribuição, colocada transversalmente àquela, e que respeite a condição geral de espaçamento anteriormente referida.

2. No caso de existirem apoios de encastramento ou de continuidade, paralelos à armadura principal da laje (não considerados nas hipóteses de dimensionamento), deve dispor-se sobre esses apoios, em direcção transversal e junto à face superior da laje, uma armadura adequada para resistir aos esforços aí desenvolvidos. Esta armadura deve estender-se, a partir do apoio, de um comprimento pelo menos igual a 1/4 do vão teórico correspondente à armadura principal.

3. No caso da existência de cargas concentradas, há que atender também às disposições contidas no artigo 101.º

#### Artigo 99.º

##### (Armadura nos bordos livres)

Ao longo dos bordos livres das lajes deve dispor-se uma armadura constituída, no mínimo, por 2 varões, um junto de cada aresta, e uma armadura transversal ao bordo, envolvendo a primeira e prolongando-se para o interior da laje, junto de ambas as faces, de um comprimento igual pelo menos a 2 vezes a espessura da laje.

A área da secção desta armadura transversal, em cada face, expressa em centímetros quadrados por metro, não deve ser inferior a  $0,05d$  para o aço A235 e a  $0,025d$  para os aços A335, A400 ou A500, sendo  $d$  a altura útil da laje, expressa em centímetros; o espaçamento dos varões desta armadura não deve exceder 350 mm.

Para efeitos de constituição das armaduras de bordo podem ser tidas em conta outras armaduras existentes na laje.

二、剪力鋼筋之最大間距應如下：

在跨之方向：45°斜彎筋用 1.2d，直箍筋用 0.6d；

與跨橫切之方向：1.5d，最大為 600mm，同樣地用於斜彎筋及箍筋。

#### 第九十八條

##### 單向板之分佈鋼筋

一、實心板在單方向配筋應放置足夠之分佈鋼筋，分佈間距不大於 350mm。

在板非受荷載之另一面，應在長邊之方向放置鋼筋，其面積應至少相等已配主筋之 20%。在懸臂板，該配筋率應參照在固端之主筋面積，此外在接合之同一面上，於短邊之向放置鋼筋。

在板受荷載之一面配有主筋，應在與其橫切之方向放置分佈鋼筋，及遵照前述之一般要求。

二、當有與板主筋平行之固端或連續支承時(並不考慮有設計之假設內)，應在該支承之橫切方向與板接合之上邊放置一足夠抵抗所產生外力之鋼筋。該鋼筋由支承起計算之長度應至少相等 1/4 相應主筋方向之跨長。

三、當存在集中荷載時，要同時注意第一百零一條內之規定。

#### 第九十九條

##### 自由邊之配筋

在板之自由邊上應放置鋼筋，包括最少兩條鋼筋，每板角放一條，及另一鋼筋放置在橫切自由邊方向從板兩面環繞在板角之鋼筋，其長度最小相等板厚之兩倍。

該橫向鋼筋在每一面之截面面積，以  $\text{cm}^2/\text{m}$  計算，用 A235 級別鋼筋時不少於  $0.05d$ ，用 A335、A400 或 A500 級別時不少於  $0.025d$ ， $d$  指板之有效高度，以公分計算；該鋼筋間距應不超過 350mm。

其他原先已配置在板內之鋼筋可作為組成自由邊之配筋。

## Artigo 100.º

## (Armadura de punçoamento)

A armadura de punçoamento, constituída por estribos ou varões inclinados, deve ser distribuída em toda a zona da laje compreendida entre o contorno da área directamente carregada e um contorno exterior a este, situado à distância de  $1,5d$ , e os varões que constituem tal armadura não devem ser afastados entre si mais de  $0,75d$  em qualquer direcção.

No caso de varões inclinados, a distância  $1,5d$  que define aquele contorno exterior deve ser referida aos pontos em que os varões intersectam o plano médio da laje; além disso, só devem ser considerados como eficazes os varões que atravessam a zona da laje directamente carregada.

## Artigo 101.º

## (Armadura das lajes armadas numa só direcção sujeitas a cargas concentradas)

1. A menos de uma análise mais rigorosa, os momentos flectores máximos (no vão e nos apoios) e os esforços transversos nos apoios devidos a cargas concentradas actuando em lajes armadas numa só direcção podem ser calculados assimilando a laje a uma viga com os mesmos vãos, condições de apoio e espessura da laje e com uma largura  $b_m$  (Figura 18) igual à largura  $b$  de distribuição da carga, adiante definida, acrescida da largura  $b_1$ , obtida a partir das expressões que constam do Quadro 16. Este processo de cálculo pressupõe que a carga actua suficientemente afastada dos bordos paralelos à direcção do vão.

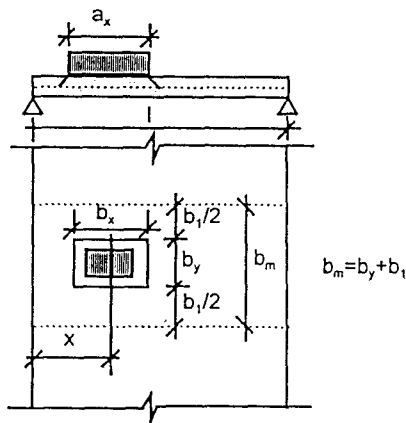


Figura 18. Distribuição de cargas em lajes armadas numa só direcção

A zona de distribuição da carga concentrada obtém-se supondo uma degradação segundo linhas a  $45^\circ$  a partir do contorno da área carregada até ao plano situado a meio da altura útil da laje; numa dada direcção, a dimensão  $b$  de distribuição será:

$$b = a + 2h_1 + d$$

em que:

- a dimensão da área carregada na direcção considerada;
- $h_1$  espessura do revestimento sob a área carregada;
- d altura útil da laje.

## 第一百條

## 沖切鋼筋

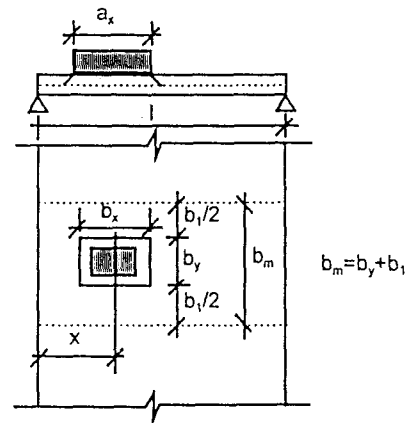
沖切鋼筋，以箍筋或斜彎筋組成，應分佈荷載直接在板上面積之周線與一位於距離  $1.5d$  之外周線之間之所有範圍內，而配筋本身之間之間距在任何方向應不大於  $0.75d$ 。

用斜彎筋時，定義該外周線之  $1.5d$  距離應係指鋼筋與板厚中間相交之點；此外，只應考慮與荷載直接在板上之面積範圍內相交之鋼筋之效用。

## 第一百零一條

## 受集中荷載下單向板之配筋

一、沒有採用一更精確之分析時，因集中荷載而在單向板所產生之彎矩（跨中及支承）與支承剪力可用一相同跨度及支承狀況之模擬樑來計算，樑高為板厚，而樑寬  $b_m$ （圖十八）相等於下面定義之荷載分佈寬度  $b$  加上由表十六公式所包括之寬度  $b_1$ 。本計算方法已假設集中荷載與平行短跨之邊係有足夠之距離。



圖十八 單向板集中荷載

集中荷載分佈區係假設從荷載面積周線劃一  $45^\circ$  線，至板一半之有效高度之面上所得；在每一方向，分佈長度  $b$  係：

$$b = a + 2h_1 + d$$

此處：

- a 荷載面積在該方向之長度；
- $h_1$  荷載面積下覆蓋層之厚度；
- d 板有效高度。

2. Nas lajes armadas numa só direcção, sujeitas a cargas concentradas, toda a armadura principal respeitante a estas cargas, deve ser disposta numa faixa de largura igual a  $0,5 b_m$ , mas não menor que a largura  $b_y$  considerada para a distribuição da carga.

Deve dispor-se também, a menos de uma determinação mais rigorosa, uma armadura de distribuição transversal à anterior, colocada junto à face oposta à da aplicação da carga, totalizando a sua secção 60% da secção da armadura principal de flexão respeitante à carga na zona em que esta actua, e distribuída numa faixa de largura igual a  $0,5 b_m$  mas não menor que  $b_x$ . Os varões desta armadura devem estender-se ao longo do comprimento  $b_m$  e ser prolongados para um e outro lado dos respectivos comprimentos de amarração.

No caso particular de lajes em consola, o valor de 60% que define a secção desta armadura de distribuição deve ser referido à secção da armadura principal exigida no encastramento por acção da carga. Se esta actuar em zona afastada do bordo extremo da consola, deve dispor-se ainda, e também junto à face oposta à de aplicação da carga, uma armadura longitudinal para resistir aos momentos que se desenvolvem localmente nessa direcção.

Quadro 16. Largura de distribuição de cargas concentradas em lajes — Valores de  $b_1$

Esforço	Condições de apoio	$b_1$	Limites de validade
Momento flector positivo no vão		$b_1 = 2,5x(1-x/l)$	$b_1 \leq 0,8 l$
		$b_1 = 1,5x(1-x/l)$	
		$b_1 = x(1-x/l)$	
Momento flector negativo no apoio A		$b_1 = 0,5x(2-x/l)$	$b_1 \leq 0,8 l$
			$b_1 \leq 0,4 l$
		$b_1 = 1,5x$	$b_1 \leq 0,8 l$
Esforço transversal no apoio A		$b_1 = 0,5x$	$b_1 \leq 0,8 l$
		$b_1 = 0,4x$	
		$b_1 = 1,5x$	$b_1 \leq 0,4 l$ $b_x \leq 0,2 l$

SECÇÃO III

Lajes aligeiradas

Artigo 102.º

(Generalidades)

As regras apresentadas nos artigos seguintes são aplicáveis às lajes essencialmente constituídas por nervuras dispostas numa só ou em duas direcções ortogonais, solidarizadas por uma lajeta de compressão, e podendo conter, nelas incorporados, blocos de co-fragem.

二、集中荷載下之單向板之所有主筋應放置在一相等  $0.5b_m$  之寬度，但不少於荷載分佈寬度  $b_y$ 。

在沒有一個更精確之計算下，亦應放置橫向分佈筋於板非受荷載之一面，其總截面面積相等於荷載在該範圍內之主要抗彎配筋之 60%，放置在一相等  $0.5b_m$  但不少於  $b_x$  之寬度內。該配筋應伸展於  $b_m$  之長度內及在每一端按錨固長度延長。

在懸臂板上，分佈鋼筋之定義應按荷載作用下固端所須之主筋之 60%。若荷載係在遠離懸臂板之外邊時，應在該處及亦在板非受荷載之一面放置一縱向鋼筋，作為抵抗局部在該方向產生之彎矩。

表十六 集中荷載在板上之分佈寬度  $b_1$  值

外力	支承狀況	$b_1$	有效界限
跨內正彎矩		$b_1 = 2,5x(1-x/l)$	$b_y \leq 0,8 l$
		$b_1 = 1,5x(1-x/l)$	
		$b_1 = x(1-x/l)$	
支承 A 負彎矩		$b_1 = 0,5x(2-x/l)$	$b_y \leq 0,8 l$
			$b_y \leq 0,4 l$
		$b_1 = 1,5x$	$b_y \leq 0,8 l$
支承 A 剪力		$b_1 = 0,5x$	$b_y \leq 0,8 l$
		$b_1 = 0,4x$	
		$b_1 = 1,5x$	$b_y \leq 0,4 l$ $b_x \leq 0,2 l$

第三節

格子板

第一百零二條

總則

以下所載之規則係用在主要在單一或兩正交方向設有肋所組成之板，以受壓板翼作鞏固，亦包括以模板塊作鞏固。

## Artigo 103.º

**(Espessura mínima)**

A espessura das lajes aligeiradas deve, a menos de justificação especial com base no estipulado nos artigos 67.º e 68.º, satisfazer as condições indicadas para as lajes maciças no n.º 2 do artigo 93.º

## Artigo 104.º

**(Largura e espaçamento das nervuras)**

1. A largura mínima das nervuras não deve ser inferior a 50 mm e a distância entre faces de nervuras consecutivas não deve ser superior a 800 mm.

2. No caso de lajes armadas numa só direcção, devem dispor-se nervuras transversais de solidarização com largura não inferior a 50 mm e cuja distância entre eixos não seja superior a 10 vezes a espessura da laje; a altura destas nervuras não deve ser inferior a 0,8 vezes a espessura da laje.

## Artigo 105.º

**(Espessura mínima da lajeta)**

A espessura da lajeta, no caso de não existirem blocos de co-fragem incorporados, não deve ser inferior a 50 mm; no caso de existirem tais blocos, esta espessura pode ser reduzida a 40 mm consoante a distância entre faces de nervuras consecutivas exceder ou não 500 mm.

Nos casos correntes de pavimentos de edifícios sujeitos a cargas distribuídas de valor moderado, as espessuras mínimas indicadas são em geral suficientes para conferir à lajeta resistência que assegure o seu funcionamento conjunto com as nervuras. No caso de cargas distribuídas de valor elevado ou de cargas concentradas importantes, pode ser necessário adoptar espessuras superiores às mínimas indicadas.

## Artigo 106.º

**(Armadura das nervuras)**

1. As armaduras longitudinal e de esforço transversal das nervuras devem satisfazer o estipulado para as vigas na parte A do presente capítulo.

2. As nervuras transversais de solidarização das lajes armadas numa só direcção devem ser armadas longitudinalmente com varões colocados junto à face oposta à da actuação das cargas; a secção desta armadura deve, no mínimo, ser igual a 10% da secção das armaduras das nervuras principais existentes numa largura igual ao espaçamento das nervuras transversais. Estas nervuras devem também possuir estribos convenientemente espaçados.

## Artigo 107.º

**(Armadura mínima da lajeta)**

A lajeta deve ser armada nas duas direcções com varões cujo espaçamento não exceda 250 mm.

## 第一百零三條

## 最小厚度

除非有第六十七條及第六十八條為基礎作特別判定外，格子板之厚度應滿足第九十三條第二款關於實心板之條件。

## 第一百零四條

## 肋寬及間距

一、肋之最小寬度應不少於 50mm 及兩連接肋面之間之淨距離應不超過 800mm。

二、單向板應放置橫向肋，肋寬不少於 50mm 而兩肋軸距離不大於十倍板厚度；肋高度應不少於 0.8 乘板厚度。

## 第一百零五條

## 板翼最小厚度

不包括模板塊在其組成之板翼厚度應不少於 50mm；當包括有模板塊而肋間距離少於 500 mm 時，該厚度可減為 40mm。

在一般屋宇地板，所受係中等之分佈荷載時，上述之最小板翼厚度通常足夠證明板翼強度以確保將外力傳送到肋之功能。當受高分佈荷載值或重要之集中荷載時，需要採用超過所指示之最小厚度。

## 第一百零六條

## 肋之配筋

一、肋縱向及剪力配筋應滿足本章 A 部分所述有關樑之要求。

二、鞏固單向板之橫向肋應在縱向設配筋，放在非受荷載之一面；配筋截面應至小相等於一斷與橫向肋間距相同寬度內主肋配筋截面之 10%。該肋亦應有適當間距之箍筋。

## 第一百零七條

## 板翼之最小配筋

板翼應在兩個方向配筋，其間距不超過 250mm。

No caso, porém, de lajes armadas numa só direcção, o espaçamento dos varões colocados em direcção paralela à das nervuras principais pode ser aumentado até 350 mm.

#### SECÇÃO IV

##### Lajes fungiformes

Artigo 108.º

##### (Generalidades)

1. Consideram-se lajes fungiformes as lajes contínuas apoiadas directamente em pilares, armadas em duas direcções, e que podem ser aligeiradas nas zonas centrais dos vãos.

2. Aplicam-se a este tipo de lajes, com as adaptações convenientes, as disposições relativas a lajes maciças e a lajes aligeiradas que constam das partes B e C do presente capítulo.

#### SECÇÃO V

##### Pilares

Artigo 109.º

##### (Dimensões mínimas)

1. A dimensão mínima da secção transversal dos pilares não deve ser inferior a 200 mm. No caso de secções constituídas por associações de elementos rectangulares (por exemplo, em T, L ou I), o lado menor dos rectângulos componentes pode ser reduzido a 150 mm, devendo, porém, respeitar-se o mínimo de 200 mm para o comprimento de cada rectângulo.

Nas secções ocas, a espessura mínima das paredes não deve ser inferior a 100 mm.

2. Em qualquer caso, e de acordo com o artigo 52.º, a esbelteza,  $\lambda$ , dos pilares não deve exceder 140.

Artigo 110.º

##### (Armadura longitudinal)

1. A secção total da armadura longitudinal dos pilares não deve ser inferior a 0,8% da secção do pilar, no caso de armaduras de aço A235, e a 0,6% no caso de armaduras de aço A335, A400 ou A500.

Porém, se a secção de betão for por si só suficiente para conferir ao pilar resistência superior à exigida pelos esforços actuantes de cálculo, a armadura mínima a utilizar pode ser reduzida, aplicando as percentagens referidas não à secção do pilar mas a uma secção fictícia, homotética daquela, estritamente necessária para assegurar ao pilar a resistência àqueles esforços; na determinação desta secção, os parâmetros relacionados com encurvadura podem continuar a ser referidos à secção real do pilar. Contudo, a secção total da armadura longitudinal não pode, em caso algum, ser inferior a 0,4% da secção real do pilar para o aço A235 e a 0,3% para os aços A335, A400 ou A500.

在單向板上，放在平行主肋方向之鋼筋間距可增加至 350mm。

#### 第四節

##### 平板

第一百零八條

##### 總則

一、平板指直接支承於柱上之連續板，在兩個方向配筋，亦和在跨中部分將其重量減輕。

二、該類板可適當採用本章 B 及 C 部實心板與格子板之有關規定。

#### 第五節

##### 柱

第一百零九條

##### 最小尺寸

一、柱橫截面之最小尺寸應不少於 200mm。當截面係由矩形部分合組而成時(例如 T 形、L 形或 I 形等)，矩形部分之短邊可減至 150mm，但每矩形長邊則需遵照最小之 200mm。

當截面係空心時，牆壁厚應不少於 100mm。

二、按照第五十二條，在任何情況下，柱之細長度( $\lambda$ )應不大於 140。

第一百一十條

##### 縱向配筋

一、柱縱向配筋總截面，當用 A235 級別鋼筋時，應不少於柱截面之 0.8%，當用 A335、A400 及 A500 級別鋼筋時，則不少於 0.6%。

但若混凝土截面本身已足夠證明有超出設計外加力之抵抗力時，所用之最小配筋可減少，該配筋率不參照柱截面而按一虛擬截面進行計算，該虛擬截面與原截面有相同之技術特徵，剛好有確保外加力所需之抵抗能力；計算該截面時，有關挫曲之系數，可繼續按照柱之真正截面取用。無論如何，在所有情況下，當用 A235 級別鋼筋時，縱向配筋總截面不可低於柱真正截面之 0.4%，而用 A335、A400 或 A500 級別鋼筋時，則不可低於 0.3%。

2. A secção total da armadura longitudinal não deve ser superior a 8% da secção do pilar, limite que deve ser respeitado mesmo em zonas de emenda de varões por sobreposição.

3. A armadura longitudinal deve compreender, no mínimo, 1 varão junto de cada ângulo da secção (saliente ou reentrante) e 6 varões no caso de secções circulares ou a tal assimiláveis. O diâmetro mínimo destes varões é de 12 mm, para o aço A235, A335, A400 ou A500.

4. O espaçamento dos varões da armadura longitudinal não deve exceder 300 mm; porém, em faces cuja largura seja igual ou inferior a 400 mm, basta dispor de varões junto aos cantos.

#### Artigo 111.º

##### (Armadura transversal)

1. Os pilares devem possuir armadura transversal destinada a cintar o betão e impedir a encurvadura dos varões da armadura longitudinal.

O espaçamento dos varões da armadura transversal não deve exceder o menor dos seguintes valores:

- 12 vezes o menor diâmetro dos varões da armadura longitudinal;
- a menor dimensão da secção do pilar;
- 300 mm.

2. Sempre que se utilizem nas armaduras longitudinais varões com diâmetro igual ou superior a 25 mm, a armadura transversal deve ser constituída por varões de diâmetro não inferior a 8 mm.

3. A forma das armaduras transversais deve ser tal que cada varão longitudinal seja abraçado por ramos dessas armaduras formando ângulo, em torno do varão, não superior a 135°. A condição relativa ao ângulo referido pode ser dispensada no caso de varões que não sejam de canto e que se encontrem a menos de 150 mm de varões em que se cumpra tal condição; não é necessário também respeitar a referida condição de ângulo no caso de pilares de secção circular ou a tal assimiláveis.

4. Nas zonas dos pilares situadas junto à sua ligação com outros elementos (vigas, fundações) ou em zonas de mudança de direcção das armaduras longitudinais, é conveniente reforçar a armadura transversal, diminuindo o seu espaçamento ou aumentando o seu diâmetro; esta armadura reforçada deve ser estendida a toda a altura dos nós das estruturas reticuladas.

Chama-se ainda a atenção para que os nós das estruturas devem ser objecto de tratamento cuidadoso do ponto de vista da disposição e dimensionamento das armaduras, em face das diferentes forças transmitidas pelos elementos que neles concorrem.

## SECÇÃO VI

### Paredes

#### Artigo 112.º

##### (Generalidades)

1. As disposições referidas nos artigos 113.º a 116.º são, em princípio, aplicáveis a todos os tipos de paredes, independentemente

二、縱向配筋總截面應不大於柱截面之 8%，在鋼筋疊接區內，亦應遵守該界限。

三、縱向配筋應包括最小在截面之每一角 (凸或凹) 放置一根鋼筋，而圓形或類似形狀截面，放置最小 6 根鋼筋。用 A235、A335、A400 或 A500 級別鋼筋時，上述鋼筋之最小直徑為 12mm。

四、縱向鋼筋間距應不大於 300mm；但當其寬度相等或少於 400mm 時，可將鋼筋放置在角隅。

#### 第一百一十一條

##### 橫向配筋

一、柱應有橫向配筋，目的係將混凝土圍繞及阻止縱向鋼筋挫曲。

橫向配筋間距應不超出以下最小之值：

- 縱向配筋之最小直徑之十二倍；
- 柱截面之最短邊尺寸；
- 300mm。

二、當縱向配筋採用相等或大於直徑 25mm 之鋼筋時，橫向配筋之直徑應不少於 8mm。

三、橫向配筋形狀應對每一縱向鋼筋提供水平方向之支撐，橫向筋繞過縱向筋之角不大於 135°。若縱向筋並非在角隅位置及在少於 150mm 範圍內遇上另一已符合該樣要求之縱向筋時，有關所參照角度之情況可免除；同時在圓形或類似形狀截面之柱時，所述之角度要求亦不需遵守。

四、當柱係位於與其它構件 (樑、地基) 接連之地方或在縱向筋改變方向之範圍，要適當地用橫向筋加強，將其間距縮細或將其直徑增加；該加強筋應延伸於框架之整個高度內。

留意當出現由不同構件在同一處傳送外力時，該結構應在鋼筋配置及設計觀點上小心處理。

## 第六節

### 牆

#### 第一百一十二條

##### 總則

原則上第一百一十三條至第一百一十六條之規定適用於所有類型之牆，並不受其功用方式所影響。但是，對於

do seu modo de funcionamento. No entanto, paredes que desempenhem funções particulares, tais como paredes de contraventamento ou paredes destinadas fundamentalmente a resistir a forças aplicadas no seu plano (vulgarmente designadas na literatura por *shear-walls*), exigem normalmente disposições construtivas complementares.

#### Artigo 113.º

##### (Espessura mínima)

A espessura mínima das paredes não deve ser inferior a 100 mm e a sua esbelteza,  $\lambda$ , definida de acordo com o n.º 1 do artigo 52.º, não deve exceder 120.

#### Artigo 114.º

##### (Armadura vertical)

1. A secção total da armadura vertical das paredes não deve ser inferior a 0,4% da secção da parede, no caso de armaduras de aço A235, e a 0,3% no caso de armaduras de aço A335, A400 ou A500.

2. A secção total da armadura vertical não deve ser superior a 4% da secção da parede.

3. Os varões da armadura vertical devem ser distribuídos pelas duas faces da parede com espaçamentos não superiores a 2 vezes a espessura desta, com o máximo de 300 mm.

#### Artigo 115.º

##### (Armadura horizontal)

1. Nas paredes devem dispor-se armaduras horizontais colocadas junto de ambas as faces, exteriormente à armadura vertical; sendo  $b$  a espessura da parede, a secção desta armadura em cada face e numa altura  $a$  não deve ser inferior a:

$0,001b a$  no caso de armaduras de A235;

$0,0005b a$  no caso de armaduras de aço A335, A400 ou A500.

2. Os varões de armadura horizontal não devem ser espaçados mais de 300 mm.

#### Artigo 116.º

##### (Armadura de cintagem)

Quando a secção total da armadura vertical exceder 2% da secção da parede, esta armadura deve ser convenientemente cintada de acordo com os mesmos critérios estabelecidos no artigo 111.º para os pilares, com excepção das condições aí referidas relativas ao espaçamento das armaduras, o qual não deve exceder o menor dos seguintes valores:

— 16 vezes o menor diâmetro dos varões da armadura vertical;

— 2 vezes a espessura da parede;

— 300 mm.

有特別功能之牆，例如非常規牆或主要目的係承受施加在其平面上外力之牆（文獻上俗稱剪力牆），一般要遵照施工補足規定。

#### 第一百一十三條

##### 最小厚度

牆最小厚度應不少於 100mm，及其按第五十二條第一款定義之細長度  $\lambda$  應不超過 120。

#### 第一百一十四條

##### 垂直配筋

一、當用 A235 級別鋼筋時，牆總垂直配筋截面應不少於牆截面之 0.4%，當用 A335、A400 及 A500 級別鋼筋時，則應不少於 0.3%。

二、垂直配筋總截面應不大於牆截面之 4%。

三、垂直鋼筋應分佈在牆之兩面，間距不大於 2 倍牆厚度，最大為 300mm。

#### 第一百一十五條

##### 水平配筋

一、牆兩面應放置水平配筋，位於垂直鋼筋外面；當牆厚度為  $b$ ，在一高度為  $a$  之牆，在每一面之配筋截面應不少於：

$0.001b a$  當用 A235 級別鋼筋；

$0.0005b a$  當用 A335、A400 或 A500 級別鋼筋。

二、水平配筋間距應不大於 300mm。

#### 第一百一十六條

##### 圍繞配筋

當垂直配筋超過牆截面之 2% 時，應適當地按第一百一十一條對柱制定同樣之標準將該鋼筋圍繞，不包括有關所述之鋼筋間距情況，該間距應不超出以下之最小值：

- 十六倍垂直配筋之最細直徑；

- 兩倍牆厚度；

- 300mm。

## SECÇÃO VII

## Vigas-parede

## Artigo 117.º

## (Armadura principal)

A armadura correspondente aos tirantes considerados no modelo de cálculo deve ser totalmente amarrada para além dos nós, dobrando-se os varões, utilizando cintas em U ou por meio de dispositivos de amarração, a não ser que exista um comprimento suficiente entre o nó e a extremidade da viga que possibilite um comprimento de amarração igual a  $l_{b,net}$ .

## Artigo 118.º

## (Armadura de alma)

As vigas-parede devem, normalmente, dispor de uma armadura distribuída ao longo de ambas as faces, sendo o efeito de cada uma delas equivalente ao de uma rede ortogonal com uma percentagem de armadura de pelo menos 0.15% em ambas as direcções.

## SECÇÃO VIII

## Consolas curtas

## Artigo 119.º

## (Armadura mínima. Distribuição da armadura)

1. A armadura correspondente aos tirantes considerados no modelo de cálculo deve ser totalmente amarrada para além do nó sob a placa de apoio, utilizando-se cintas em U ou dispositivos de amarração, a não ser que exista um comprimento  $l_{b,net}$  entre o nó e o parâmetro exterior da consola curta. O comprimento  $l_{b,net}$  deve ser medido a partir do ponto em que as tensões de compressão mudam de direcção.

2. Nas consolas curtas com  $h \geq 300$  mm, quando a área do tirante horizontal principal  $A_s$  for tal que:

$$A_s \geq 0,4 A_c f_{cd} / f_{yd}$$

em que  $A_c$  representa a área da secção de betão da consola junto ao pilar, devem distribuir-se estribos fechados, com uma área total de pelo menos  $0,4 A_s$ , ao longo da altura útil  $d$ , a fim de ter em conta as tensões de tracção transversais às escoras de betão. Esses estribos podem ser colocados na horizontal ou inclinados (Figura 19).

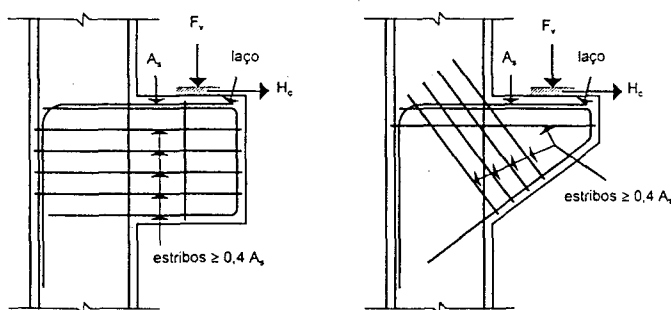


Figura 19. Estribos horizontais e inclinados

## 第七節

## 深樑

## 第一百一十七條

## 主筋

從設計模型中考慮之拉桿，其相關配筋應完全錨固，在結點後將鋼筋彎起，用 U - 形彎鉤或其它錨固設備，除非在結點後有足夠允許錨固長度  $l_{b,net}$  之位置。

## 第一百一十八條

## 腹筋

深樑一般應有樑腹兩旁放置之分佈筋，每一邊之功效就如一正交之網筋，每一方向之配筋率不少於 0.15%。

## 第八節

## 牛腿

## 第一百一十九條

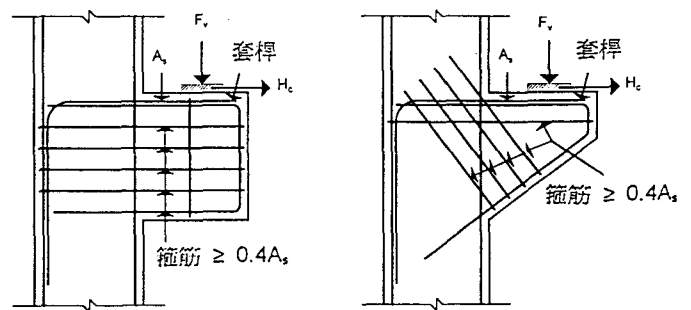
## 最小配筋及其分佈

一、從設計模型中考慮之拉桿，其相關配筋應完全錨固，在結點後支承板下用 U - 形彎鉤或其它錨固設備，除非在結點與牛腿前面之間有足夠錨固長度  $l_{b,net}$  之位置。 $l_{b,net}$  應由壓應力改變方向之一點上開始量度。

二、當牛腿  $h \geq 300$  mm，及其水平方向主筋面積  $A_s$  如下時：

$$A_s \geq 0,4 A_c f_{cd} / f_{yd}$$

(此處  $A_c$  代表牛腿在柱之截面面積)，總面積不少於  $0,4 A_s$  之箍筋應分佈於有效高度  $d$  內作為抗禦混凝土桿之開裂應力。該箍筋可水平地或對角地擺放 (圖十九)。



圖十九：水平及斜向箍筋



SECÇÃO IX

Zonas de elementos sujeitas a forças concentradas

Artigo 120.º

(Generalidades)

As zonas dos elementos na vizinhança da actuação de forças concentradas devem ser objecto de verificações específicas, tendo como base resultados obtidos por meio da teoria da elasticidade ou por consideração de equilíbrios de sistemas internos de esforços, devidamente apoiados por comprovações experimentais.

A segurança destas zonas pode ser, em geral, garantida através de uma limitação da pressão local exercida no betão e da colocação de armaduras para fazer face às tensões de tracção transversais a que as forças concentradas dão origem.

Artigo 121.º

(Verificação da pressão local no betão)

1. A segurança em relação ao esmagamento do betão, na zona de actuação de uma força concentrada, considera-se satisfeita desde que se verifique a seguinte condição:

$$F_{Sd} \leq p_{cRd} A_o$$

em que:

$F_{Sd}$  valor de cálculo da força concentrada;

$p_{cRd}$  valor de cálculo da pressão local a que o betão pode resistir;

$A_o$  área sobre a qual se exerce directamente a força.

O valor de  $p_{cRd}$  é dado pela seguinte expressão:

$$p_{cRd} = f_{cd} \sqrt{\frac{A_1}{A_o}}$$

em que:

$f_{cd}$  valor de cálculo da tensão de rotura do betão à compressão;

$A_1$  maior área delimitada por um contorno fictício contido no contorno da peça e com o mesmo centro de gravidade de  $A_o$  (ver Figura 20); no caso de várias forças, as respectivas áreas  $A_1$  não devem sobrepor-se.

Em qualquer caso, porém, não pode considerar-se um valor de  $p_{cRd}$  superior a  $3,3f_{cd}$ .

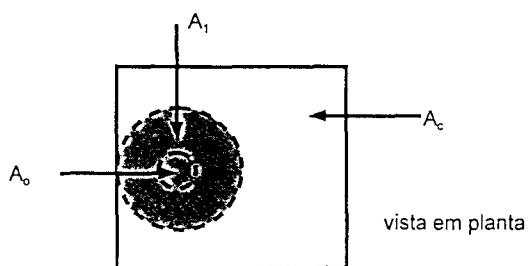


Figura 20. Definição das áreas  $A_o$  e  $A_1$

第九節

構件受集中外力之區域

第一百二十條

總則

構件在受集中外力鄰近之區域應接受特別之確定，利用由彈性理論或內力系統平衡考慮為基礎所得之結果，相當地用確認性實驗作支持。

在普通情況下，為保證該區域安全，可以界定一混凝土之局部壓力及放置配筋以抵抗由集中外力所引起之橫向拉應力。

第一百二十一條

混凝土局部壓力之確定

一、有關混凝土之壓碎安全，在受一集中外力之區域內，若滿足以下條件時，則可視作安全：

$$F_{Sd} \leq p_{cRd} A_o$$

此處：

$F_{Sd}$  設計集中外力值；

$p_{cRd}$  混凝土可抵禦之壓力值；

$A_o$  集中外力直接佔用之面積。

$p_{cRd}$  值可按以下公式：

$$p_{cRd} = f_{cd} \sqrt{\frac{A_1}{A_o}}$$

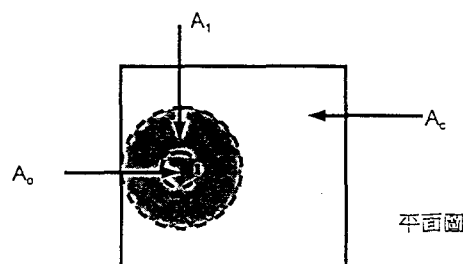
此處：

$f_{cd}$  混凝土抗壓強度設計值；

$A_1$  以  $A_o$  同一重心，在構件範圍內所劃得之最大虛設輪廓線內之面積 (圖二十)；在多於一外力時，相關之  $A_1$  面積不能疊加。

無論如何，在所有情況下， $p_{cRd}$  不可超過  $3.3$

$f_{cd}$ 。



圖二十 面積之定義

2. No caso de o betão, à data de aplicação das forças concentradas, não ter atingido a idade de 28 dias, deve substituir-se na expressão anterior  $f_{cd}$  por  $f_{ck,j}/\gamma_c$ , sendo  $f_{ck,j}$  o valor característico da tensão de rotura do betão à compressão, referido a provetes cilíndricos, determinado para a idade  $j$  em consideração, e  $\gamma_c$  o factor parcial de segurança cujo valor é 1,5.

Artigo 122.º

(Tensões de tracção a absorver. Caso de uma só força concentrada)

As tensões de tracção transversais originadas pela actuação de uma força concentrada na superfície do elemento devem ser absorvidas por armaduras, dispostas em planos normais à direcção de actuação da força e segundo duas direcções ortogonais.

Em cada uma destas direcções, as armaduras devem ser dimensionadas para absorver a força de tracção resultante,  $F_{t1,Sd}$ , dada pela expressão:

$$F_{t1,Sd} = 0,3F_{Sd} \left( 1 - \frac{a_0}{a_1} \right)$$

em que:

$F_{Sd}$  valor de cálculo da força aplicada;

$a_0, a_1$  dimensões, segundo a direcção considerada, das áreas  $A_0$  e  $A_1$  definidas no artigo 121.º (ver Figura 21).

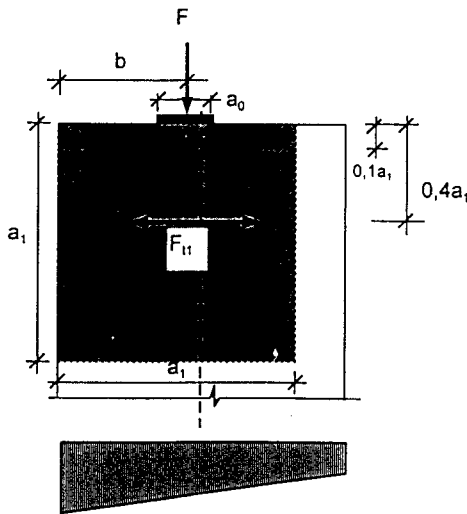


Figura 21. Definição das dimensões  $a_0$  e  $a_1$

Em cada direcção, a secção de armadura,  $A_s$ , deve ser determinada pela expressão:

$$A_s = \frac{F_{t1,Sd}}{f_{syd}}$$

em que  $f_{syd}$  é o valor de cálculo da tensão de cedência ou da tensão limite convencional de proporcionalidade a 0,2% do aço. No caso de se tratar de zonas de amarração de armaduras de pré-esforço, não deve tomar-se para  $f_{syd}$  um valor superior a 270 MPa.

二、當在施加集中外力時，混凝土齡期尚未達 28 日時，以上公式應以  $f_{ck,j}/\gamma_c$  代替  $f_{cd}$ ， $f_{ck,j}$  指混凝土在  $j$  日之抗壓強度標準值，以圓柱體試件所得，而  $\gamma_c$  指分項安全系數，其值為 1.5。

第一百二十二條

單一集中外力下所承受之拉應力

由單一集中外力在構件表面所引起之橫向拉應力應以配筋來承受，放置在與外力方向垂正之平面上及放在兩個正交之方向。

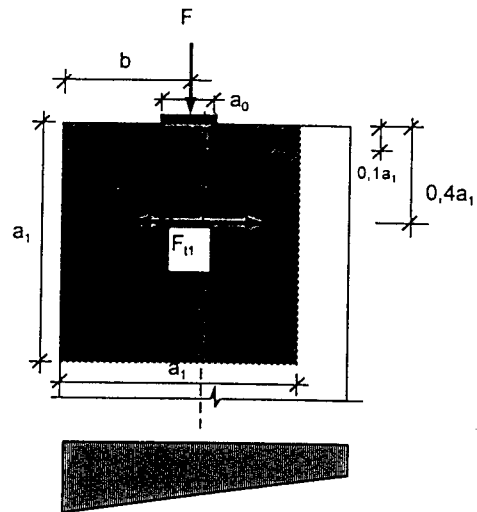
在每一方向，設計之配筋應承受以下公式所計算之合拉力  $F_{t1,Sd}$ ：

$$F_{t1,Sd} = 0.3F_{Sd} \left( 1 - \frac{a_0}{a_1} \right)$$

此處：

$F_{Sd}$  外力設計值；

$a_0, a_1$  根據所考慮之方向，按第一百二十一條所述之面積  $A_0$  及  $A_1$  之相對直徑 (圖二十一)。



圖二十一 單一集中荷力配筋

在每一方向配筋截面應按以下公式計算：

$$A_s = \frac{F_{t1,Sd}}{f_{syd}}$$

此處  $f_{syd}$  指鋼筋之屈服應力或非比例伸長應力 (0.2%) 之設計值。當處理預應力錨固區域時， $f_{syd}$  應不能取大於 270 MPa 之值。

As armaduras devem, em cada direcção, ficar contidas num prisma de base  $A_1$  e altura igual a  $a_1$  (Figura 21) e ser repartidas em profundidade, entre as cotas  $0,1a_1$  e  $a_1$ , tendo em consideração que a resultante  $F_{t1, Sd}$  se situa à cota  $0,4a_1$ , e devem ser convenientemente amarradas de forma a garantir o seu funcionamento eficiente ao longo do comprimento  $a_1$ . A cada nível, as armaduras devem distribuir-se numa largura igual à dimensão correspondente da área  $A_1$  na direcção normal à direcção considerada.

#### TÍTULO IV

##### Execução dos trabalhos e garantia de qualidade

#### CAPÍTULO I

##### Execução dos trabalhos

#### SECÇÃO I

##### Tolerâncias

##### Artigo 123.º

##### (Generalidades)

As tolerâncias de execução a respeitar devem ser as indicadas no projecto. Nos casos correntes, as tolerâncias devem satisfazer o estipulado nos artigos seguintes.

Os casos tratados nos artigos seguintes dizem apenas respeito a algumas características dimensionais das peças, que têm directa influência na sua resistência e peso e, consequentemente, na própria segurança das estruturas; não são tratados desvios com efeitos semelhantes, tais como desaprumo e desalinhamento de pilares, devendo no entanto ser devidamente considerados.

Os valores de tolerâncias indicados nos artigos seguintes correspondem a técnicas de execução habituais, embora cuidadas, não devendo obviamente perder-se de vista a necessidade de, em todos os casos, se procurar cumprir, tanto quanto possível, os valores nominais previstos no projecto. Note-se que os valores estipulados não se referem a elementos prefabricados industrialmente, em relação aos quais se podem exigir tolerâncias bastante mais severas.

As tolerâncias de construção com reflexos na utilização da obra, como as relativas a espaços a preencher por outros elementos ou componentes da construção (divisórias, janelas, determinados equipamentos, etc.), devem ser especificadas no projecto, não sendo porém do âmbito do presente regulamento.

##### Artigo 124.º

##### (Dimensões das secções)

As dimensões das secções de betão — altura total de vigas e lajes, largura (e espessura de alma) de vigas, dimensões de secções de pilares — devem satisfazer as tolerâncias  $\Delta a$  a seguir indicadas, em que  $a$  representa a dimensão em causa:

para  $a < 400$  mm  $\Delta a = \pm 0,05 a$

para  $a \geq 400$  mm  $\Delta a = \pm 20$  mm

每一方向之配筋應包括在一棱柱體內，棱柱體之底為  $A_1$  而高為  $a_1$  (圖二十一)，配筋在高度  $0,1a_1$  至  $a_1$  之內隨高度分佈，考慮合力  $F_{t1, Sd}$  位於  $0,4a_1$  高度之地方，配筋應適當地錨固以確保本身在  $a_1$  一段長度內有足夠功用。每一高度之配筋應在與其垂直之方向上分佈於一相等  $A_1$  面積之直徑之寬度內。

#### 第四編

##### 施工及品質保證

#### 第一章

##### 施工

##### 第一節

##### 容許誤差

##### 第一百二十三條

##### 總則

施工中各有關容許誤差之執行應明示於設計中。於一般情況下，該誤差應滿足下列各點之規定。

以下條文所討論之誤差情況，僅就尺寸方面而言，而該尺寸方面之誤差可直接影響結構之強度及重量，最後並必然產生結構安全性之問題；然而對結構有類似影響之偏置問題，正如柱之傾斜及偏移，則不會於此討論，但仍應作充份考慮。

以下條文所定之容許誤差值係根據慣常之施工技術而定。對大部分情況，執行時應儘量小心，不應忽視其必要性，而該容許誤差標稱值應於設計前預先釐定。但應注意該規定值對於工廠所生產之預製構件並不適用，而應以較嚴格之誤差要求作控制。

工地中各種施工活動均可涉及施工誤差，正如於相關之施工場所中各種結構構件及非結構構件（諸如帷幕牆、窗、規定之設備等），該類誤差要求並非本規章之討論範圍，但應明確說明於設計當中。

##### 第一百二十四條

##### 斷面尺寸

混凝土斷面尺寸（包括樑深、板厚、樑寬（腹板寬度），柱斷面尺寸等），應滿足以下所定之容許誤差  $\Delta a$ ，此處  $a$  代表該情況下之斷面尺寸：

對於  $a < 400$  mm  $\Delta a = \pm 0.05a$

對於  $a \geq 400$  mm  $\Delta a = \pm 20$  mm

## Artigo 125.º

**(Posicionamento das armaduras ordinárias)**

O posicionamento das armaduras ordinárias deve ser tal que a altura útil dos elementos,  $d$ , satisfaça as tolerâncias  $\Delta d$  a seguir indicadas:

para $d \leq 200$ mm	$\Delta d = \pm 0,075 d$
para $200 < d < 400$ mm	$\Delta d = \pm (0,05 d + 5 \text{ mm})$
para $d \geq 400$ mm	$\Delta d = \pm 25 \text{ mm}$

## Artigo 126.º

**(Posicionamento das armaduras de pré-esforço)**

1. O posicionamento das armaduras de pré-esforço deve satisfazer as tolerâncias a seguir indicadas:

a) Segundo a altura do elemento, sendo  $d$  a altura útil:

para $d \leq 200$ mm	$\Delta d = \pm 0,025 d$
para $200 < d < 1\ 000$ mm	$\Delta d = \pm 5 \text{ mm}$
para $d \geq 1\ 000$ mm	$\Delta d = \pm 10 \text{ mm}$

b) Segundo a largura do elemento, sendo  $b$  a largura ao nível da armadura em causa:

para $b \leq 200$ mm	$\Delta b = \pm 5 \text{ mm}$
para $200 < b < 1\ 000$ mm	$\Delta b = \pm 10 \text{ mm}$
para $b \geq 1\ 000$ mm	$\Delta b = \pm 20 \text{ mm}$

2. No caso de a armadura ser constituída por vários componentes, as tolerâncias de posicionamento individual podem exceder as indicadas no número anterior, sem ultrapassar, porém, o limite de  $\pm 25$  mm, desde que a posição da resultante das forças de pré-esforço respeite aquelas tolerâncias.

## Artigo 127.º

**(Recobrimento das armaduras)**

A tolerância do recobrimento das armaduras é de  $-5$  mm.

## SECÇÃO II

**Moldes e cimbres**

## Artigo 128.º

**(Características gerais dos moldes e cimbres)**

Os moldes e cimbres devem ser concebidos e construídos de modo a satisfazer as seguintes condições:

a) Suportarem com segurança satisfatória as acções a que vão estar sujeitos, em particular as resultantes do impulso do betão fresco durante a sua colocação e compactação;

## 第一百二十五條

## 普通鋼筋之排放

普通鋼筋之排放容許誤差可根據構件有效深度  $d$  考慮，並應滿足下列所定之排放容許誤差  $\Delta d$ ：

對於 $d \leq 200$ mm	$\Delta d = \pm 0.075d$
對於 $200 < d < 400$ mm	$\Delta d = \pm(0.05d+5\text{mm})$
對於 $d \geq 400$ mm	$\Delta d = \pm 25\text{mm}$

## 第一百二十六條

## 預應力鋼筋之排放

一、預應力鋼筋之排放容許誤差應滿足下列所定之誤差要求：

a) 根據構件深度作考慮，此處  $d$  為有效深度：

對於 $d \leq 200$ mm	$\Delta d = \pm 0.025d$
對於 $200 < d < 1000$ mm	$\Delta d = \pm 5\text{mm}$
對於 $d \geq 1000$ mm	$\Delta d = \pm 10\text{mm}$

b) 根據構件寬度作考慮，此處  $b$  為鋼筋排放位置之構件寬度：

對於 $b \leq 200$ mm	$\Delta b = \pm 5\text{mm}$
對於 $200 < b < 1000$ mm	$\Delta b = \pm 10\text{mm}$
對於 $b \geq 1000$ mm	$\Delta b = \pm 20\text{mm}$

二、倘若鋼筋之排置由多種鋼筋組成，其個別之排放誤差可超過上款之規定，但無論如何也不能超過  $\pm 25$  mm，並且，該數據亦為預應力施加時應遵守之鋼筋排放容許誤差。

## 第一百二十七條

## 鋼筋保護層

鋼筋保護層厚度之容許誤差為  $-5$  mm。

## 第二節

## 模板及支承

## 第一百二十八條

## 模板及鷹架之一般特性

模板及支承之施工形式及使用方法應滿足下列條件：

a) 應能有足夠之安全性用以支承外力作用，特別於新拌混凝土澆置及搗實期間對模板及鷹架所產生之衝擊力；

b) Terem rigidez suficiente para não sofrerem deformações excessivas, de modo que a forma da estrutura executada corresponda, dentro das tolerâncias previstas, à estrutura projectada;

c) Serem suficientemente estanques para não permitirem a fuga da pasta ligante; no caso de serem constituídas por materiais absorventes de água, devem ser abundantemente molhados antes da betonagem, tendo-se o cuidado, no entanto, de remover toda a água em excesso;

d) Permitirem fácil desmoldagem, que não provoque danos no betão e tenha em conta o plano de desmoldagem previsto, podendo ser necessária a utilização de dispositivos especiais (cunhas, caixas de areia, parafusos, macacos, etc.);

e) Permitirem a aplicação correcta dos pré-esforços, sem contrariar os deslocamentos ou as deformações correspondentes;

f) Disporem, se necessário, de aberturas que permitam a sua conveniente limpeza e inspecção antes da betonagem e facilitem a colocação e compactação do betão;

g) Terem superfícies de moldagem com características adequadas ao aspecto pretendido para a peça desmoldada.

Artigo 129.º

(Desmoldagem e descimbramento)

1. As operações de desmoldagem e de descimbramento somente devem ser realizadas quando a estrutura tiver adquirido resistência suficiente (pelo endurecimento do betão e, quando for o caso, pela aplicação de pré-esforço) não só para que seja satisfeita a segurança em relação aos estados limites últimos mas também para que não se verifiquem deformação e fendilhação inconvenientes. Tais operações devem ser conduzidas com os necessários cuidados, de modo a não provocar esforços prejudiciais, choques ou fortes vibrações.

2. Nos casos correntes e a menos de justificação especial, em condições normais de temperatura e humidade e para betões com coeficientes de endurecimento correntes, os prazos mínimos para a retirada dos moldes e dos escoramentos, contados a partir da data de conclusão da betonagem, são os indicados no Quadro 17.

Aos prazos de desmoldagem e descimbramento indicados no quadro deve adicionar-se o número de dias em que a temperatura do ar, no local da obra, se tenha mantido inferior a 5°C, durante e depois da betonagem.

Quadro 17. Prazos mínimos de desmoldagem e descimbramento

Moldes e escoramentos	Tipo de elemento	Prazo (dias)
Moldes de faces laterais	Vigas, pilares, paredes	3 <sup>(1)</sup>
Moldes de faces inferiores	Lajes <sup>(3)</sup> l ≤ 6 m	7
	l > 6 m	14
	Vigas	14
Escoramentos	Lajes <sup>(3)</sup> l ≤ 6 m	14 <sup>(2)</sup>
	l > 6 m	21 <sup>(2)</sup>
	Vigas	21 <sup>(2)</sup>

b) 為避免過大變形出現，應有足夠剛性存在，由剛度問題在結構上所產生之誤差應符合先前所定之容許誤差範圍內；

c) 為避免漿液之流失，模板應具有足夠之緊密性；若模板由吸水性材料組成時，於澆置前應充份予以淋濕，並且在澆置前應小心清除模板內過多之水份；

d) 為避免於拆模時造成混凝土之損壞，以及使拆模工序更容易進行，所以應於拆模前有適當之安排。當有需要時甚至可採用一些特別之處理（諸如楔子、螺栓、千斤頂等）；

e) 其剛性應能允許正確地施加預應力，而不致產生相應之位移或變形；

f) 如有需要時，於混凝土澆注前應對開孔位置作適當之清理及檢查，並有利混凝土之澆置與搗實；

g) 模板表面應具有符合拆模後外觀要求之所需特性。

第一百二十九條

模板及鷹架之拆除

一、模板及鷹架之拆除在操作時，應能確保混凝土已獲得足夠之強度（即混凝土已達硬固及預應力已適當施加），然而所謂足夠之強度不單要滿足承載能力極限狀態之要求，並且不會產生不當之變形及開裂情況。於拆卸時，應小心以免對結構物造成有害之外力、撞擊或劇烈之震動。

二、除具有特定證明外，於一般情況中，在正常溫度及濕度條件及慣常之混凝土硬固係數下，模板及其支撐之拆卸最短時限將列示於表十七中，而該時限則以澆注日期來計算。

於工地中，當澆注時及澆注後之大氣溫度維持於 5°C 以下，則模板及鷹架之拆卸最短時限應予以增加數天。

表十七 模板及鷹架拆卸最短時限

模板及支撐	構件種類	時限(日)
側面模板	樑、柱、牆	3 <sup>(1)</sup>
底面模板	板 <sup>(3)</sup> l ≤ 6m	7
	l > 6m	14
模板支撐	樑	14
	板 <sup>(3)</sup> l ≤ 6m	14 <sup>(2)</sup>
	l > 6m	21 <sup>(2)</sup>
	樑	21 <sup>(2)</sup>

(1) Este prazo pode ser reduzido para 12 h se forem tomadas precauções especiais para evitar danificações das superfícies.

(2) Este prazo deve ser aumentado para 28 dias no caso de lajes e vigas que, na ocasião do descimbramento, fiquem sujeitas a acções de valor próximo do que, satisfeita a segurança, corresponde à sua capacidade resistente.

(3) No caso de lajes em consola, deve tomar-se como vão,  $l$ , o dobro do balanço teórico.

3. Nos casos especiais, ou nos casos tratados no número anterior em que se pretenda não cumprir o ali especificado, os prazos de desmoldagem e descimbramento devem ser estabelecidos e justificados tendo em atenção o preceituado no n.º 1 deste artigo e atendendo à evolução das propriedades mecânicas do betão, convenientemente determinadas por ensaios. Não poderá, no entanto, proceder-se à retirada dos moldes de faces inferiores e dos escoramentos de lajes e vigas antes que o betão atinja uma resistência à compressão superior ao dobro da tensão máxima resultante das acções a que a peça fica então sujeita, com o mínimo de 10 MPa.

Chama-se a atenção para que, segundo o estipulado no n.º 4 do artigo 149.º, as datas de desmoldagem e descimbramento dos diversos elementos devem ser devidamente anotadas no livro de registo da obra juntamente com todos os elementos de informação pertinentes às correspondentes decisões.

### SECÇÃO III

#### Armaduras ordinárias

##### Artigo 130.º

#### (Transporte e armazenamento das armaduras)

1. O transporte e o armazenamento das armaduras devem ser efectuados de modo a evitar, entre a recepção e a colocação em obra, deteriorações tais como:

mossas ou entalhes;

reduções de secção devidas a corrosão;

deposição na superfície de substâncias que possam prejudicar quimicamente o aço ou o betão ou que tenham efeito desfavorável sobre a aderência;

perda da possibilidade de identificação.

2. No caso de armaduras prefabricadas, há que cuidar, em especial, da manutenção da sua forma e das posições relativas dos varões que as constituem.

##### Artigo 131.º

#### (Corte e dobragem de varões)

1. O corte dos varões deve ser feito, de preferência, por meios mecânicos.

2. A dobragem dos varões, em que se respeita o estipulado no artigo 75.º, deve ser feita por meios mecânicos, a velocidade constante, com auxílio de mandris, de modo a assegurar um raio de curvatura constante na zona dobrada.

- (1) 倘若有特殊之防護措施用以避免混凝土表面受損時，則該時限可減少 12 小時。
- (2) 若板及樑於鷹架拆除後，便立即要承受其承載能力下之最大作用荷載時，該時限應增加 28 日。
- (3) 在懸臂板情況下，其跨距  $l$  應取懸臂板跨度之兩倍。

三、對某些不能遵照本條前款有關拆卸時限規定之特殊施工情況，則模板及鷹架拆卸安全期應考慮第一款之規定予以建立及證明，並應注意混凝土力學性能之發展情況，而此可透過試驗予以驗證。然而，不管於任何情況下，板及樑之底面模板及其支撐在拆卸前，混凝土抗壓強度得大於該處承載所產生之最大應力之兩倍，以及抗壓強度不能低於 10 MPa。

根據第一百四十九條第四款之規定，應注意將不同構件之模板及支撐拆卸日期聯同各構件之相應有關資料適當地記錄於工地之登記冊中。

### 第三節

#### 普通鋼筋

##### 第一百三十條

#### 鋼筋之儲存及運送

一、鋼筋於驗收直至在工地排置期間，其儲存及運送應避免下列情況導致鋼筋受損：

壓痕或凹槽；

侵蝕導致鋼筋斷面之減少；

對鋼筋有害之化學物質或有損握裹力之物質沉積於鋼筋表面；

遺失鋼筋識別標識。

二、若為預應力鋼筋，使用前應特別小心保持其固有形態及相關鋼筋之擺放位置。

##### 第一百三十一條

#### 鋼筋之切割及彎曲

一、鋼筋之切割應優先採用機械方式進行。

二、倘若遵守第七十五條之規定，則鋼筋之彎曲應以定速度並透過夾具之幫助採用機器進行，並應確保鋼筋彎曲後於彎曲區內存有均等之曲率半徑。

Não é permitido aquecimento com maçarico a fim de facilitar a operação de dobragem, a menos que se prove que uma tal operação não altera as características mecânicas do aço.

3. No caso de a temperatura ambiente ser baixa (inferior a cerca de 5°C), devem ser tomadas precauções especiais na dobragem dos varões, tais como reduzir a velocidade de dobragem, aumentar os raios de curvatura ou até aquecer ligeiramente a zona a dobrar.

4. Só é permitido efectuar desdobragem de varões nos casos especiais em que tal seja indispensável (varões de espera, por exemplo) e desde que, obviamente, a operação não danifique os varões.

#### Artigo 132.º

##### (Soldadura de varões)

A soldadura de varões só é permitida em armaduras ordinárias de diâmetro não inferior a 10 mm. A soldadura pode ser utilizada para emendar varões (topo a topo ou com sobreposição lateral) ou para posicionamento relativo dos varões de uma armadura.

As soldaduras a maçarico ou por forjagem não devem ser utilizadas.

#### Artigo 133.º

##### (Emenda e amarração de varões)

1. As emendas e as amarrações de varões, que devem respeitar o disposto nos artigos 77.º, 79.º, 81.º e 82.º, devem ser cuidadosamente realizadas de acordo com o projecto.

2. As emendas por soldadura só devem ser realizadas em troços rectilíneos dos varões, salvo casos especiais devidamente justificados.

3. Nas emendas por soldadura com sobreposição lateral, o comprimento dos cordões individuais não deve exceder 5 vezes o diâmetro do varão; a distância entre cordões sucessivos não deve ser inferior ao mesmo valor.

4. Nas emendas por soldadura topo a topo de varões endurecidos a frio por torção é necessário eliminar as pontas não torcidas.

#### Artigo 134.º

##### (Montagem e colocação das armaduras)

1. A montagem das armaduras deve ser efectuada de modo a respeitar as dimensões do projecto, dentro das tolerâncias prescritas (artigo 125.º), e a assegurar suficiente rigidez de conjunto para que a armadura mantenha a sua forma durante o transporte, a colocação e a betonagem. Devem ainda ter-se presentes os condicionamentos ligados à colocação e à compactação do betão.

爲使鋼筋易於彎曲而採用氣焊噴管對鋼筋進行加熱，該行爲係絕對禁止，但若能證明該加熱過程並不改變鋼筋之力學特性時則例外。

三、當外界溫度較低時(大約小於 5°C)，鋼筋彎曲時應採取一些預防措施，正如降低彎曲速度，增大其曲率半徑，或對彎曲部分予以輕微加熱。

四、於某些特殊情況下，鋼筋必須進行反向彎曲(例如接頭插筋之類)，在本規章中係允許進行該類反向彎曲，但其操作不應對鋼筋有任何損害。

#### 第一百三十二條

##### 鋼筋之焊接

焊接僅能使用於不少於直徑 10mm 之普通鋼筋。焊接可應用於鋼筋之拼接(鋼筋端點對焊或鋼筋疊接之側向焊接)，亦可於鋼筋排置時使用。

焊接不能以氣焊噴管或鍛鐵形式進行。

#### 第一百三十三條

##### 鋼筋之錨固及拼接

一、鋼筋之錨固及拼接應遵守第七十七條、第七十九條、第八十一條及第八十二條之規定，同時並應根據設計之規定確實執行。

二、除已被確認及證明之特殊情況外，採用焊接形式進行鋼筋拼接時，僅能採用直向鋼筋作焊接。

三、採用疊接並以側向焊接形式作鋼筋拼接時，個別之單向焊縫長度不應大於鋼筋直徑之五倍；而連續焊縫中，焊縫與焊縫間之距離亦不應小於該值。

四、採用鋼筋端點對焊形式作拼接時，焊接部分冷卻硬化後，爲免承受扭力應把多餘凸出部分予以去除。

#### 第一百三十四條

##### 鋼筋之架設與排置

一、鋼筋之架設應依照設計時所定之尺寸進行，其架設誤差應在第一百二十五條所規定之容許誤差範圍內，同時並應確保其有足夠之剛度，不會於運送時、排置時及混凝土澆置期間產生任何變形，鋼筋架設時亦應考慮到混凝土於澆置與搗實期間所需之施工條件。

2. A colocação das armaduras nos moldes deve ser feita de modo a respeitar os recobrimentos previstos no projecto. Os posicionadores a utilizar devem ser convenientemente envolvidos pelo betão, não devem prejudicar a betonagem nem devem contribuir para o enfraquecimento da peça, quer directamente quer facilitando a acção agressiva do meio ambiente; devem, além disso, ser constituídos por materiais inertes relativamente ao betão e ao aço das armaduras, e ser adequados ao tipo de acabamento pretendido para as superfícies da peça.

#### SECÇÃO IV

##### Armaduras de pré-esforço

###### Artigo 135.º

###### (Transporte e armazenamento das armaduras)

As armaduras de pré-esforço, as bainhas e os dispositivos de amarração e de emenda devem ser convenientemente protegidos durante o seu transporte e armazenamento, o qual deve ser feito ao abrigo da chuva, da humidade do solo e de ambientes agressivos. Em particular, devem evitar-se deteriorações tais como:

corrosões devidas a agentes químicos, electroquímicos ou biológicos;

deformações excessivas das armaduras;

entalhes ou mossas, especialmente das bainhas;

perda de estanquidade das bainhas;

deposição, nas superfícies, de substâncias que possam prejudicar a aderência;

danos resultantes de aquecimento provocado por chama ou por partículas projectadas por soldaduras feitas na proximidade.

Para evitar deformações excessivas das armaduras de pré-esforço, o seu transporte e armazenamento em bobinas só é permitido para fios e cordões, não podendo este processo ser utilizado no caso de varões. O diâmetro do núcleo das bobinas deve ser suficientemente grande (em geral não inferior a  $200\phi$ ), de modo que as armaduras possam recuperar a forma recta quando desenroladas.

###### Artigo 136.º

###### (Corte e dobragem das armaduras)

1. O corte das armaduras de pré-esforço deve, de preferência, ser feito por meios mecânicos convenientes (discos abrasivos de alta velocidade, serras de aço rápido, etc.). O corte a maçarico oxi-acetilénico pode também ser utilizado desde que a operação seja realizada com excesso de oxigénio, se tomem precauções para evitar o contacto da chama com os dispositivos de amarração ou outros cabos e desde que seja feito a uma distância não inferior a cerca de 30 mm do dispositivo de amarração.

O corte de armaduras sob tensão deve ser evitado.

二、於模板內排置鋼筋時，應遵守設計時所預先設定之保護層厚度。保護層墊塊使用時，應適當且能完全地被混凝土包封，及不應防礙混凝土之澆置，並且不論直接由墊塊導致構件弱面出現，還是因此而促使中度侵蝕環境導致構件變弱等情況均應避免。此外，保護層墊塊之組成材料可由與混凝土有關之骨料製成或由鋼材製成，並且墊塊表面與構件表面應有適當之抹面形式。

#### 第四節

##### 預應力鋼筋

###### 第一百三十五條

###### 預應力鋼筋之儲存及運送

預應力鋼筋、預應力套管、端錨裝置及拼接裝置應在儲存及運送期間得到適當之保護，並應避免受到雨水、地面濕度及侵蝕性環境之影響。同時亦應避免下列損害鋼筋之情況出現。

經由化學物質、電化學或生物學方面所導致之侵蝕；

鋼筋過大之變形；

壓痕或凹槽，尤其係預應力套管；

預應力套管防水性能之喪失；

有損握裹力之物質沉積於鋼筋表面；

經由火焰、噴砂或焊接造成加熱而導致其鄰近位置之損害。

為避免預應力鋼筋有過大之變形出現，故僅允許預力鋼線及預力鋼絞線採用盤卷形式來運送及儲存，而預力鋼棒則絕不可以該形式進行。為使盤卷鋼筋解開時，鋼筋能恢復其固有直線形式，故此盤卷鋼筋之核心部分應有足夠大之直徑（一般不少於  $200\Phi$ ）。

###### 第一百三十六條

###### 預應力鋼筋之切割及彎曲

一、預應力鋼筋之切割應優先採用合適之機器進行（高速切割圓盤、快速鋼鋸等）。至於氧—乙炔噴管切割器亦允許使用於預應力鋼筋之切割中，但操作時應用較多之氧進行。切割時並應謹慎小心，以防火焰接觸到端錨部分或非切割部分，亦即距離端錨裝置大約 30mm 範圍內均不可接觸火焰。

鋼筋承受應力時應避免進行切割。



2. No caso de processos especiais de pré-esforço que exijam dobragem de armaduras, esta deve ser feita de acordo com as especificações do processo em causa, utilizando meios mecânicos, a velocidade constante, e de forma a assegurar um raio de curvatura constante na zona dobrada.

A desdobração de armaduras de pré-esforço não é permitida.

#### Artigo 137.º

##### (Emenda e amarração das armaduras)

As emendas e as amarrações das armaduras de pré-esforço devem ser executadas por meio dos dispositivos específicos do processo de pré-esforço utilizado e de acordo com as técnicas nele previstas.

#### Artigo 138.º

##### (Montagem e colocação das armaduras)

1. A montagem e a colocação das armaduras de pré-esforço devem ser efectuadas de acordo com o projecto e com as exigências do processo de pré-esforço utilizado. Deve atender-se, em especial, aos aspectos ligados ao recobrimento e ao espaçamento das armaduras, ao seu posicionamento de acordo com as tolerâncias previstas (artigo 126.º) e à facilidade de betonagem.

2. Os dispositivos de posicionamento devem satisfazer as exigências indicadas no n.º 2 do artigo 134.º Em particular, devem ser suficientemente rígidos e próximos, de forma a impedir o deslocamento das armaduras ou das bainhas durante a betonagem.

A utilização da soldadura para o posicionamento das bainhas só é permitida se estas não contiverem já as armaduras no seu interior e desde que se tomem os cuidados necessários para evitar danos nas bainhas.

3. As armaduras, bainhas e dispositivos de amarração devem, antes da sua montagem, ser limpos de matérias prejudiciais (carepa de laminagem, ferrugem, óleo, etc.); o ar comprimido usado para limpeza das bainhas não deve conter óleo e água em teores prejudiciais.

A utilização de processos não adequados para o posicionamento das armaduras pode originar alterações sensíveis nos pré-esforços aplicados (forças e momentos), não só devido ao aumento de atrito em resultado de ondulações excessivas das bainhas mas também devido a variações das excentricidades.

O traçado das armaduras deve ser regular e sem mudanças bruscas de direcção e deve ser devidamente referenciado no projecto, de modo a permitir correcto posicionamento e fácil verificação. Nas zonas de amarração o posicionamento das armaduras deve ser particularmente cuidado.

Chama-se ainda a atenção para que os posicionadores devem também impedir a eventual subida das bainhas durante a betonagem, por efeito da impulsão exercida pelo betão fresco.

二、當特定之工序要求預應力鋼筋進行彎曲時，應根據各種預應力鋼筋特定之處理程序，採用定速之機器進行彎曲，並應確保鋼筋彎曲後於彎曲區內存有均等之曲率半徑。

禁止對預應力鋼筋施予反向彎曲。

#### 第一百三十七條

##### 預應力鋼筋之拼接及錨固

預應力鋼筋之拼接及錨固應根據預應力施加程序之特定設施處理，並根據其所定之技術規定予以進行。

#### 第一百三十八條

##### 預應力鋼筋之架設與排置

一、預應力鋼筋之架設及排置應根據設計及預應力施力程序之要求予以實行。同時並應特別注意鋼筋排置時鋼筋保護層及鋼筋間距之外觀。然而鋼筋排置不單應根據第一百二十六條之排置誤差要求，並且還應易於混凝土澆置。

二、預應力鋼筋之排置方式應滿足第一百三十四條第二款所定之要求。同時排置後並應有足夠之剛度以防止於混凝土澆置期間出現預應力鋼筋或預應力套管之移位。

預應力套管排置時若採用焊接方法，僅適用於套管內並沒放置鋼筋之情況，同時焊接時亦須十分小心，避免對套管造成任何損傷。

三、預應力鋼筋、預應力套管及端錨裝置應於架設前清除其表面之有害物質（諸如鋼鐵軋制時之鐵渣、鐵銹、油漬等）。清潔預應力套管時，可採用氣壓機吹送壓縮空氣到套管內，且套管內不應含有油漬及水份。

預應力鋼筋放置過程不適當，會改變其對預應力施加（力及彎矩）之靈敏度，其主要原因不單由於預力套管位置有過大之起伏而產生摩擦力之增加，而且還由於偏心之變化所引起。

預應力鋼筋之配置應整齊且沒有劇烈之方向變化，同時亦應充份參照設計要求正確排置，以便易於檢查。對端錨區內預應力鋼筋之排置應特別小心。

預應力鋼筋排置時，應特別注意並避免於澆置期間套管突然上升，以及注意澆置時，由於新拌混凝土之衝擊所帶來之影響。

## Artigo 139.º

**(Bainhas)**

1. As bainhas a utilizar, cuja constituição e características devem ser conformes às exigências do projecto, devem possuir flexibilidade suficiente para se adaptarem ao traçado das armaduras (embora com rigidez que lhes permita manter a forma da secção), ser posicionadas de acordo com o estipulado no artigo 138.º e ser estanques relativamente ao betão fresco.

2. As superfícies exterior e interior das bainhas devem apresentar características que favoreçam a aderência do betão e do material de injeção.

As bainhas devem ainda possuir respiradouros, não só nas extremidades, como também nas zonas altas do seu traçado; no caso de bainhas de grande comprimento, devem ainda existir respiradouros suplementares convenientemente espaçados.

Devem ser tomadas as precauções necessárias para que os respiradouros não sejam acidentalmente obstruídos antes da injeção e, bem assim, para que não entre água ou outras matérias estranhas nas bainhas.

3. A fim de facilitar a injeção das bainhas, estas devem ter secção interior superior a 2 vezes a secção da armadura e diâmetro interior que seja superior em 10 mm, pelo menos, ao diâmetro da armadura, valores estes que devem ser aumentados no caso de armaduras verticais ou muito inclinadas.

4. Nas emendas de bainhas que haja necessidade de realizar devem ser tomados os cuidados adequados para assegurar a manutenção da estanquidade.

## SECÇÃO V

**Fabrico, colocação e cura do betão**

## Artigo 140.º

**(Fabrico e colocação do betão)**

O fabrico e a colocação em obra do betão devem ser executados de acordo com as regras estabelecidas na NB.

## Artigo 141.º

**(Cura do betão)**

1. A cura do betão deve, em condições correntes, ser efectuada de acordo com o preceituado na NB.

2. Os processos especiais de cura do betão, eventualmente utilizados, devem ser aplicados de acordo com uma técnica de eficácia comprovada. Devem além disso, ter-se em conta as eventuais alterações das propriedades do betão motivadas por tais processos, em particular no que se refere à evolução da resistência no tempo, à relação entre as resistências à compressão e à tracção e às propriedades reológicas (retracção e fluência).

## 第一百三十九條

**預應力套管**

一、預應力套管之使用、及其組成與特性應符合設計時之要求，同時亦應具有足夠之柔性以適合預應力鋼筋之配置 (但其剛性亦應足以保持斷面形狀)，套管排置時應遵守第一百三十八條之規定及套管應緊密不致為新拌混凝土侵入。

二、預應力套管之內、外表面性能應具備有利於混凝土與套管間之握裹及灌漿材料與套管間之握裹之所需特性。

預應力套管應具有灌漿孔，不單於套管之兩端，並應於套管配置之較高位置；然而，當套管甚長時，則應額外增加灌漿孔並適當分佈於其上。

於灌漿前應慎防灌漿孔被堵塞，同樣亦不可讓水或其他外來物質進入套管內。

三、為更易於進行套管內灌漿，套管內斷面積應大於預力鋼筋斷面積之兩倍，而套管內徑至少應較預力鋼筋直徑大 10mm，然而該值於鋼筋為垂直或較大傾斜時則應予以增加。

四、預應力套管拼接時應特別小心以保證其緊密不致為混凝土侵入。

## 第五節

**混凝土之製造、澆置及養護**

## 第一百四十條

**混凝土之製造及澆置**

混凝土之現場拌合及澆置應根據 NB 標準所定立之規則進行。

## 第一百四十一條

**混凝土養護**

一、於一般情況下，混凝土之養護應根據 NB 標準所定之規定進行。

二、於某些情況下，採用混凝土特殊養護程序應根據已確認為有效之技術方法進行。除此以外，並應考慮養護過程所導致混凝土性質之改變，即涉及混凝土強度形成時間，以及抗壓強度、抗拉強度與流變特性 (混凝土收縮及蠕變) 之間之關係。

## SECÇÃO VI

## Operações de pré-esforço

Artigo 142.º

## (Operações preliminares)

A aplicação dos pré-esforços deve ser precedida das verificações necessárias para assegurar que é possível realizar esta operação de acordo com as exigências do projecto e do processo de pré-esforço a utilizar e com as adequadas precauções quanto à segurança do pessoal e do equipamento. Em particular, deve verificar-se:

se o betão adquiriu a resistência exigida;

se as armaduras não estão impedidas de deslizar nas bainhas ou nas condutas;

se o elemento a pré-esforçar possui a liberdade de deformação que lhe é exigida para receber o pré-esforço;

se o espaço para a operação dos macacos é suficiente em face dos deslocamentos previstos;

se os dispositivos de amarração estão bem posicionados e se é possível colocar em posição definitiva as peças de bloqueamento.

É condição essencial para a correcta aplicação do pré-esforço a liberdade de movimento das armaduras dentro das bainhas ou condutas. Neste sentido, estas devem ser inspeccionadas imediatamente após a betonagem, a fim de detectar eventual obstrução; para isso, poder-se-á insuflar ar comprimido ou fazer jogar o cabo, se este já se encontrar montado, ou fazer passar um objecto-testemunha em caso contrário. Em casos especiais pode ser necessário comprovar, através de ensaios efectuados na obra, o valor das perdas por atrito nas bainhas.

Artigo 143.º

## (Aplicação do pré-esforço)

1. As operações de aplicação do pré-esforço devem ser realizadas por pessoal devidamente qualificado, observando todos os requisitos técnicos inerentes ao processo de pré-esforço utilizado e de acordo com o programa pré-estabelecido.

2. O controlo dos valores do pré-esforço deve ser feito simultaneamente por medição das forças aplicadas e por verificação do alongamento das armaduras. A aplicação das forças deve ser feita sempre de modo contínuo e regular.

Todos os elementos relativos a estes controlos devem, de acordo com o n.º 4 do artigo 149.º, ser devidamente anotados no livro de registo da obra.

3. No caso de elementos pré-tensionados, a transferência do pré-esforço deve, sempre que possível, ser feita simultaneamente por todas as armaduras e de modo gradual.

## 第六節

## 預應力之操作

第一百四十二條

## 操作前準備

於預應力施加前應對有可能出現之各種操作程序作安全性之檢驗，而該操作程序應根據設計要求，而預應力施力過程之進行應具有適當之預防措施，用以確保操作人員以及儀器設備之安全性。於此，應驗證下列情況：

混凝土是否已到達要求強度；

預應力套管或預應力鋼筋孔道有否被堵塞以致鋼筋可否滑動於其中；

當承受所要求之預應力時，預應力構件是否具有不受約束之變形能力。

千斤頂操作時是否有足夠之預留位移空間；

端錨之設置是否得到良好排置，以及端錨是否放置於已決定之位置中並以其配件予以鎖定。

預應力鋼筋能在預應力套管或預應力鋼筋孔道內不受約束地自由移動，係預應力能否正確地施加之必要條件。於該情況中，在混凝土澆置後應立刻進行檢查，其目的係偵察套管內有否任何堵塞情況出現；因此，可將壓縮空氣吹進套管內，或穿入鋼線在套管內晃動並通過套管以確定無任何堵塞。於特殊情況中，可透過現場試驗求取套管內摩擦損耗值用以驗證套管內之堵塞情況。

第一百四十三條

## 預應力之施加

一、預應力施加之操作應由擁有專業資歷人士擔任，並應遵守所有關於該預應力施加過程之既定技術要求，以及根據預先建立之程序予以進行。

二、預應力施力時之力量控制應於同一時間透過量度所施加之力量並與鋼筋伸長率作驗證。然而預應力施加時應採用連續且有規律之方式進行。

根據第一百四十九條第四款之規定，所有關於需要該類控制之構件均應適當記錄於工地之登記冊中。

三、採用先張法之預應力構件，預應力之傳遞應於同一時間經由所有鋼筋及以漸進行方式進行。

4. No caso de elementos pré-tensionados, devem ser cuidadosamente respeitadas as indicações do projecto relativas à ordem de aplicação do pré-esforço nas diversas armaduras (e, eventualmente, às fases desta aplicação); igualmente devem ser seguidas as instruções relativas às extremidades das armaduras em que devem actuar os macacos.

#### Artigo 144.º

##### (Protecção das armaduras)

1. As armaduras pós-tensionadas devem ser, no menor prazo possível após a aplicação do pré-esforço, convenientemente protegidas contra a corrosão, o que é usualmente conseguido por injeção de produtos apropriados nas condutas ou nas bainhas. Cuidados semelhantes devem ser tidos em relação aos dispositivos de amarração.

2. Os materiais de injeção a utilizar (salvo nos casos particulares de protecções provisórias) devem apresentar boa aderência às armaduras e às bainhas ou condutas e possuir resistência mecânica suficiente. As caldas de cimento a empregar para este fim devem satisfazer as condições indicadas no artigo 145.º

3. A injeção deve ser executada de modo a assegurar o preenchimento completo dos espaços entre a armadura e a conduta ou a bainha. Na sua execução devem ser respeitadas as regras indicadas no artigo 146.º

É em geral recomendável não exceder o prazo de 7 dias entre a aplicação do pré-esforço e a protecção da armadura. Razões de alta agressividade ambiente (por exemplo, humidade e temperatura elevadas) podem aconselhar a redução deste prazo.

No caso, porém, de, por circunstâncias particulares (construtivas, climáticas, etc.), o prazo ter de ser dilatado, deve proceder-se a uma protecção provisória por meio de processos e produtos adequados que, no entanto, não venham a prejudicar a aderência.

No caso de decorrer bastante tempo (2 a 3 meses) entre a colocação das armaduras e das bainhas e a aplicação do pré-esforço, há que, igualmente, conferir-lhe adequada protecção durante tal situação.

#### Artigo 145.º

##### (Caldas de injeção)

1. As caldas de cimento para injeção de bainhas devem satisfazer os condicionamentos impostos para os seus componentes na NB, em particular no que se refere à presença de iões agressivos.

A sua composição deve conferir-lhes as necessárias características de fluidez e de resistência, com uma razão água/cimento tão baixa quanto possível, podendo para o efeito ser utilizados

四、採用後張法之預應力構件，預應力施加應小心遵守有關不同鋼筋間預應力施加順序之設計指示（與及施力時各階段也應注意）；同樣，油壓千斤頂作用於端錨之末端部分時，也應遵守其相關之工作指示。

#### 第一百四十四條

##### 預應力鋼筋之保護

一、使用後張法施工之預應力鋼筋，應儘可能於預應力施加後之最短期間內予以適當之保護以防止鋼筋被侵蝕，通常可於套管或預應力鋼筋孔道內予適當之灌漿以達到保護功能。然而，類似之保護方法也適用於端錨裝置中。

二、所使用之灌漿材料應具有優良之握裹力及足夠之力學強度，而該握裹力實為預應力鋼筋與套管或預應力鋼筋孔道間之握裹能力。（若只作為臨時之保護情況則例外）。而為該保護用途而使用之水泥漿應滿足第一百四十五條所定之條件。

三、灌漿之施工應遵守第一百四十六條之規定，並應確保漿液能完全填滿鋼筋與套管或預應力鋼筋孔道間之空隙。

預應力施加與鋼筋得到保護之期間一般建議不能超過7日。然而，倘位於高侵蝕環境下（例如高溫及高濕度環境），宜將該期間予以降低。

於某些特殊情況中（基於施工上之原因、氣候方面之原因等），若鋼筋之保護時間受到耽擱，則應使用適當之材料及施工方法進行臨時保護措施，但無論如何均不能有損其握裹力。

若鋼筋排置、預應力套管排置以及預應力施加等工序需要較長之時間（二至三個月），則必須在該期間內給予適當之保護。

#### 第一百四十五條

##### 灌漿

一、預應力套管內灌漿所使用之水泥漿液成份應滿足NB標準中之限制條件，特別係當涉及侵蝕性離子情況時更應遵照標準中之規定。

水泥漿成份應具有灌漿所需之流動特性及強度特性，並儘可能採用較低之水灰比，混合劑之使用宜適當，水泥漿內應避免含有對鋼筋造成侵蝕之物質。灌漿所使用之水

adjuvantes adequados, os quais, igualmente, não devem conter substâncias agressivas para as armaduras. O cimento deve ser de fabricação recente e, no momento da sua aplicação, encontrar-se a temperatura inferior a 40°C.

2. A resistência à compressão da calda endurecida, determinada aos 7 dias de idade sobre provetes cúbicos com área das faces de 5 000 mm<sup>2</sup>, não deve ser inferior a 17 MPa.

3. O fabrico da calda deve ser feito mecanicamente (lançando no misturador primeiro a água e depois o cimento), de modo a obter a necessária homogeneidade, e não deve demorar mais de 5 minutos.

A calda deve ser utilizada num prazo que não exceda meia hora, a menos que sejam empregados retardadores de presa; entretanto, deve ser continuamente agitada. Antes da sua utilização, convém fazê-la passar por um peneiro.

A determinação da resistência à compressão das caldas endurecidas deve ser efectuada seguindo, na medida do possível, os critérios e as normas adoptados para a determinação da resistência à compressão do betão.

Outras características das caldas de injeção que podem ter interesse em certos casos são, por exemplo, a resistência à congelação, a exsudação e as variações volumétricas.

#### Artigo 146.º

##### (Injecção das bainhas)

1. A injeção das bainhas deve ser efectuada através do ponto de injeção situado a cota mais baixa. No caso, porém, de não haver grande diferença de cotas ao longo da bainha, a injeção pode ser realizada por uma das extremidades.

2. A injeção deve ser contínua, com avanço de 6 a 12 m/min ao longo da bainha, e não deve ser interrompida até que a calda que vai saindo pelos vários respiradouros (que vão sendo progressivamente obturados) tenha consistência idêntica à da calda no ponto de injeção.

3. A injeção deve ser efectuada por bomba mecânica (e não por ar comprimido), assegurando o caudal necessário a uma pressão máxima de 2 MPa, valor este que deve ser limitado por válvula automática. Todo o equipamento deve ser concebido de modo a evitar que seja introduzido ar na bainha.

4. A injeção de bainhas paralelas, quando muito próximas, deve, sempre que possível, ser feita simultaneamente.

5. A menos que sejam tomadas precauções especiais, não devem ser realizadas operações de injeção quando a temperatura ambiente seja inferior a 5°C ou se possa temer que tal ocorra durante as 48 horas após a injeção.

6. A injeção de bainhas verticais ou muito inclinadas, em particular quando de grande comprimento, exige técnicas especiais, que devem ser cuidadosamente aplicadas.

泥應採用新近製成品，灌漿施工時其溫度應低於攝氏40°C。

二、硬固水泥漿之抗壓強度可由 5.000mm<sup>2</sup> 面積之 7 日齡期水泥試塊決定，其抗壓強度不應少於 17 MPa。

三、為獲得施工時所需之均勻性，水泥漿製作時應採用機器拌合（先將拌合用水注入拌合機內然後再投入水泥進行拌合），然而該拌合應在五分鐘內進行。

除拌合時採用緩凝劑外，水泥漿拌合後應在半小時內使用，在使用過程中應不停攪拌。並且水泥漿在使用前宜先通過較大之篩網進行過濾。

硬固水泥漿抗壓強度之測定，應根據混凝土抗壓強度測定所採用之要求及標準進行量測。

灌漿施工時，對某些水泥漿特性也得注意，諸如水泥漿之抗凍性、泌水作用及體積變化等。

#### 第一百四十六條

##### 套管內灌漿

一、預應力套管內灌漿應把漿液通過位於較低位置之灌漿孔進行灌注。若沿著套管方向上套管並沒有較大之高程變化時，則灌漿可於套管端部進行。

二、灌漿過程應連續不間斷並應沿著套管方向以每分鐘 6 到 12 米 (m/min) 之速度往前推前，於灌漿孔內之水泥漿應有相同之稠度，並且灌漿過程應進行直至水泥漿於不同之灌漿孔溢出才能中止（即灌漿孔逐步地被水泥漿填滿）。

三、套管灌漿應採用壓力泵送形式（不可加入壓縮空氣），為確保灌漿所需之流動量，故最大灌漿壓力可用到 2 MPa，然而該最大灌漿壓力應採用自動活閥加以控制。所有灌漿設備應避免把空氣引入套管內。

四、倘若套管係非常靠近且互相平行時，通常其灌漿應同步進行。

五、除有特殊防護設施外，一般不能於外界溫度低於攝氏 5°C 之環境上進行灌漿，灌漿溫度得保持 48 小時。

六、當套管甚長且為垂直或十分傾斜時，套管內灌漿有必要採用特殊技術，並應小心進行。

## CAPÍTULO II

## Garantia de qualidade

## Artigo 147.º

## (Generalidades)

A metodologia destinada a assegurar a aptidão da obra para a utilização prevista — garantia de qualidade — apenas é encarecida no presente regulamento nos aspectos relativos à segurança e durabilidade das estruturas. Com este objectivo apresentam-se no presente capítulo critérios gerais relativos aos controlos preliminares, aos controlos de produção e de conformidade da obra, à recepção desta e à sua manutenção.

Um sistema de garantia de qualidade envolve, em princípio, todos os participantes no processo construtivo (dono da obra, projectista, construtor, fiscalização, laboratório, utilizador, autoridades, etc.) e estende-se a todas as suas fases (concepção, projecto, construção e utilização).

A matéria apresentada no presente capítulo tem em vista, fundamentalmente, estabelecer alguns conceitos gerais sobre garantia de qualidade e respectiva terminologia, numa base internacionalmente aceite, fornecendo assim orientações para a elaboração dos cadernos de encargos das obras.

Não são tratados, porém, quaisquer aspectos contratuais ou jurídicos ligados à garantia de qualidade; em particular, as consequências de uma rejeição (penalidades, indemnizações, etc.) e a repartição das responsabilidades entre os diversos intervenientes na obra estão fora do âmbito do presente regulamento.

## Artigo 148.º

## (Controlos preliminares)

Os controlos efectuados antes do início da execução destinam-se a assegurar que é possível realizar satisfatoriamente a obra prevista com os técnicos, os materiais e os métodos de execução disponíveis.

Estes controlos devem incidir, nomeadamente, sobre a qualidade e a adequabilidade do projecto, dos materiais e dos meios de execução que vão ser utilizados.

## Artigo 149.º

## (Controlo de produção)

1. O controlo de produção consiste num conjunto de acções, exercidas durante a execução da obra, com vista a obter um grau razoável de garantia, de que as condições que lhe são exigidas são satisfeitas.

Este controlo deve incidir, fundamentalmente, sobre os materiais e sobre o modo como é executada a obra.

2. As características dos materiais a utilizar devem ser verificadas à chegada ao estaleiro, podendo para este efeito ser tidos em conta eventuais controlos a que tenham sido sujeitos durante a sua produção. No caso de tais controlos oferecerem as necessárias garantias, estas acções podem limitar-se a simples operações de identificação.

## 第二章

## 質量保證

## 第一百四十七條

## 總則

目的係確保工程預定使用能力之方法學（質量保證），在本規章只考慮與結構相關之安全及耐久性。以此為目標，本章提供關於初步控制、生產控制及工程合格控制，工程驗收及保養之一般標準。

原則上，品質控制涉及所有在建築程序之參與者（業主、設計師、承建商、管理及監察、實驗室、使用者、批核者等）及擴伸至每個參與者之所有階段（概念、設計、建築及使用）。

本章提供之資料基本上係為建立有關質量保證之通用概念及相關名稱，在國際性認可之基礎上，因此供給在編寫工程技術要求時之一些方針。

但本章不處理與質量保證有關之合約或法律事宜，尤其係因拒收不合格品所導致之後果（罰則、賠償等）及在本規章範圍內在工程上不同參與者之間之責任分配。

## 第一百四十八條

## 初步控制

該控制在工程執行前開始實施，目的係確保預定工程上之技術、材料、及現有執行方法能滿意地實踐。

換句話說，該控制應針對所用之材料及施工方法在設計上之質量及恰當性。

## 第一百四十九條

## 生產控制

一、生產控制包括在工程執行期間所實施之工作，為取得對所需滿足之條件作一合理之保證。

基本上該控制應針對工程執行時之材料及其應用方式。

二、運進工地之材料應驗證，為此亦可能關注到該材料在生產時所受之最終控制。當該類控制提供所需之保證時，驗證採取之工作可簡化為對該材料之鑒定。

No que se refere ao controlo dos componentes do betão, ou do próprio betão quando recebido de uma central industrial, devem ser tidas em consideração as condições especificadas na NB.

Imediatamente antes da utilização dos materiais deve ser verificado se, durante o seu armazenamento e manuseamento, sofreram danos que os tornem impróprios para a aplicação prevista.

3. A execução da obra deve ser acompanhada das verificações necessárias para assegurar o cumprimento das condições estipuladas no projecto e ter em consideração as regras de execução contidas no capítulo I do título IV do presente regulamento.

4. No livro de registo da obra devem ser indicadas, cronologicamente, todas as ocorrências verificadas no decurso da obra e que interessam à realização desta. Este livro deve ser facultado aos agentes das entidades que tenham jurisdição sobre a obra sempre que estes o solicitarem, para que possam visá-lo ou nele inscrever as observações que o andamento dos trabalhos lhes sugerir.

#### Artigo 150.º

##### (Controlo de conformidade)

1. O controlo de conformidade consiste num conjunto de acções e de decisões efectuadas com base em regras preestabelecidas (regras de conformidade que têm em conta os critérios de amostragem e os critérios de aceitação-rejeição) e destinadas a verificar se a obra cumpre as exigências que lhe são atribuídas, permitindo, em consequência, efectuar um julgamento de «conformidade» ou de «não conformidade».

Estas acções devem incidir sobre os materiais, sobre a execução dos trabalhos e sobre a obra terminada.

2. O controlo de conformidade dos materiais e componentes pode basear-se em resultados de ensaios e verificações do controlo da sua produção. Caso tal controlo não ofereça as necessárias garantias, ou mesmo se não tiver sido efectuado, há que proceder às verificações e ensaios necessários para habilitar ao julgamento de conformidade.

No controlo de conformidade do betão devem ser tidos em conta os critérios estipulados na NB.

3. O controlo de conformidade da execução dos trabalhos deve basear-se nos controlos de produção referidos no artigo 149.º e ter em conta os elementos que constam do livro de registo da obra.

4. O controlo de conformidade final da obra deve exercer-se, em regra, através de verificações de formas e dimensões, dando atenção particular a eventual existência de deformações excessivas, fendas, defeitos de betonagem, insuficiência de recobrimentos de armaduras, etc. Em certos casos, em face da importância ou das características especiais da obra, pode ser prevista a realização de ensaios complementares, com vista a confirmar o seu comportamento.

#### Artigo 151.º

##### (Recepção)

1. A recepção é o acto de decisão final que, em face dos resultados do controlo de conformidade, consiste em aceitar ou rejeitar a obra.

對於混凝土組成物料，或由一生產中心供應之新拌混凝土之控制，應考慮在 NB 標準中所規定之條件。

使用材料前應驗證在存放及處理期間所受之損害會否不適合於預定之應用上。

三、工程執行間應附帶所需之驗證以確保滿足設計所指示之條件，亦顧及本規章第四編第一章之施工規定。

四、工程登記冊應順時間表示所有在施工期間對工程有重要性之確定事項。當有判決權人仕問及時，應給予該冊子以作簽寫與工程情況有關之觀察。

#### 第一百五十條

##### 合格控制

一、合格控制係按事前制定之規則為基礎之一行動與決策之組合(合格規則考慮到抽樣標準及接受拒收標準)，目的係確定工程能滿足因此而產生之要求，最終能允許判斷出《合格》或《不合格》。

該行動應針對材料、施工期間、及工程完結之後。

二、材料及其組成物料之合格控制可根據生產控制之測試結果及確定為基礎。當該控制未能提供所需之保證時，或未有進行該控制，應要進行所需之確定及測試，以便能判斷是否合格。

混凝土之合格控制應考慮 NB 標準所指示之準則。

三、施工期間之合格控制應以第一百四十九條之生產控制為基本，考慮所有在工程登記冊中包含之構件。

四、工程完結後之合格控制應依例通過驗證外形及尺寸，特別要注意最終出現之過量變形、開裂、混凝土損壞、不足之鋼筋保護層等。在某些情況，當工程有特別之重要性或特性時，可以預定實踐附加測試，目的係進一步證明其表現。

#### 第一百五十一條

##### 驗收

一、驗收係最終之行動，從合格控制結果作出，包括接受或拒收該工程。

No caso de «conformidade», a obra deve ser aceite; no caso de «não conformidade», a obra será, em princípio, rejeitada, podendo no entanto vir ainda a ser aceite nas condições a seguir indicadas.

2. No caso de os resultados do controlo de conformidade não serem satisfatórios, a obra pode ainda ser aceite, desde que se faça um julgamento do problema, tendo em atenção as suas condições específicas, e seja feita prova de que as condições regulamentares de segurança são satisfeitas.

Esta verificação de segurança pode ser realizada com base nos próprios resultados dos ensaios efectuados durante o controlo, ou com base em resultados de ensaios suficientemente representativos e devidamente interpretados, realizados sobre provetes extraídos expressamente para este efeito.

#### Artigo 152.º

#### (Manutenção)

1. As estruturas devem ser mantidas em condições que preservem a sua aptidão para o desempenho das funções para que foram concebidas. Com esta finalidade, devem ser objecto de inspecções regulares e, se necessário, de reparações adequadas.

2. Durante a vida da estrutura devem ser efectuadas inspecções regulares, a fim de detectar possíveis danos e permitir a sua reparação em tempo útil. A periodicidade destas inspecções depende de vários factores, entre os quais o tipo de utilização da obra, a importância desta e as condições de agressividade do ambiente.

Nas inspecções deve ser dada particular atenção a mudanças localizadas de cor dos revestimentos, a descasques destes, ao aparecimento de ferrugem, a fendilhações e a deformações excessivas, factores estes que podem ser sinais de anomalias da estrutura que seja necessário corrigir.

3. No caso de as inspecções revelarem qualquer deficiência no comportamento da estrutura, há que investigar as suas causas com vista a proceder aos necessários trabalhos de reparação.

A estrutura, após reparação, deve satisfazer a segurança regulamentar relativamente às condições de utilização previstas.

Em certos casos, pode ser conveniente colocar, em locais apropriados, placas com a indicação das sobrecargas de utilização máximas permitidas, a fim de alertar os utilizadores para o facto de que a aplicação de sobrecargas superiores às indicadas pode danificar a estrutura.

Quanto à periodicidade das inspecções, para estruturas correntes não sujeitas a ambientes particularmente agressivos, podem ser recomendadas as seguintes:

Habitacões	10 anos
Construções industriais	5 a 10 anos
Pontes rodoviárias	1 a 5 anos
Pontes ferroviárias	1 a 2 anos

當《合格》時，工程應被接受；當《不合格》時，原則上工程應被拒收，但在以下所示之情況下可被接受。

二、當合格控制結果未滿意時，工程仍可接受，在考慮其指定條件下對問題作判斷，及証實已滿足安全規定之要求。

該安全確定可用控制期間所得之測試結果為基礎或以有足夠代表性及適當解釋之測試結果，利用為此而取之鑽芯樣本。

#### 第一百五十二條

#### 保養

一、結構應進行保養以維持本身應有之能力以執行其設計上所指定之功用。最終應接受定期檢查及，如有需要時，足夠之維修。

二、結構壽命期間應有定期檢查，目的係能察覺到可能之損壞及允許及時維修。該檢查之周期視乎不同因素，如工程使用種類，其重要性及外界環境之侵蝕性。

檢查時應特別注意面層之局部變色、剝落、出現銹蝕、開裂、及過量變形，該等因素可示意結構需要改正之不正常表現。

三、當檢查發現任何結構不足之表現時，應調查其成因以進行需要之維修工作。

維修後之結構應符合其規章內有關規定使用條件之安全。

在某些情況下，可在適當之部位有效地放置標記指明所允許之最大使用荷載，目的係提醒使用者若施加荷載超過所指示，可能對結構造成破壞。

當外界環境之侵蝕性並不特別嚴重時，檢查周期可按以下之建議：

居住用	十年
公業用	五至十年
汽車用橋樑	一至五年
鐵路用橋樑	一至兩年



## Anexo 1 Simbologia

## 附件一：符號說明

## Maiúsculas latinas

*Maiúsculas latinas*

$A$  área.

$A_c$  área de betão da secção transversal de um elemento.

$A_{c,ef}$  área da secção de betão envolvente de uma armadura (fendilhação).

$A_{cr}$  área de betão na zona traccionada.

$A_k$  área limitada pela linha média da secção oca eficaz (torção).

$A_p$  área da secção de uma armadura de pré-esforço.

$A_s$  área da secção de uma armadura, em geral, ordinária.

$A_{s,cal}$  área da secção de armadura requerida pelo cálculo.

$A_{s,ef}$  área da secção de armadura efectivamente adoptada.

$A_{sl}$  área total da secção da armadura longitudinal de torção.

$A_{st}$  área da secção das cintas da armadura transversal de torção.

$A_{sw}$  área da secção de uma armadura de esforço transverso.

$A_{s2}$  área da armadura na zona de compressão.

$A_o$  área sobre a qual se exerce directamente a força.

$A_l$  maior área delimitada por um contorno fictício.

$E$  módulo de elasticidade.

$E_c$  módulo de elasticidade do betão.

$E_{c,ef}$  módulo efectivo.

$E_{c,j}$  módulo de elasticidade do betão aos  $j$  dias de idade.

$E_c(t_0)$  módulo de elasticidade do betão no instante de carregamento.

$E_{c,28}$  módulo de elasticidade do betão aos 28 dias de idade.

$E_p$  módulo de elasticidade de uma armadura de pré-esforço.

$E_s$  módulo de elasticidade do aço, em geral, de uma armadura ordinária.

$EI$  factor de rigidez de uma secção em flexão.

$F$  força; força vertical.

$F_s$  força numa armadura.

$F_{sd}$  valor de cálculo de uma força actuante.

$F_{t1,5d}$  força de tracção resultante.

$H$  força horizontal.

$I$  momento de inércia de uma secção.

$I_c$  momento de inércia da parte de betão da secção de um elemento.

## 大楷拉丁字母

大楷拉丁字母

$A$  面積

$A_c$  構件之混凝土橫截面面積

$A_{c,ef}$  圍繞配筋之混凝土面積(開裂)

$A_{ct}$  受拉區內之混凝土

$A_k$  假設薄壁截面中線內所包括之面積

$A_p$  預應力鋼筋截面面積

$A_s$  普通鋼筋截面面積

$A_{s,cal}$  設計要求鋼筋截面面積

$A_{s,ef}$  實際採用鋼筋截面面積

$A_{sl}$  縱向抗扭鋼筋截面面積

$A_{st}$  橫向抗扭鋼筋截面面積

$A_{sw}$  剪力鋼筋截面面積

$A_{s2}$  受壓區內鋼筋截面面積

$A_o$  集中外力直接佔用之面積

$A_l$  虛設輪廓線內之面積

$E$  彈性模量

$E_c$  混凝土彈性模量

$E_{c,ef}$  有效混凝土彈性模量

$E_{c,j}$  混凝土  $j$  日齡期時之彈性模量

$E_c(t_0)$  在受荷一刻之時之混凝土彈性模量

$E_{c,28}$  混凝土28日齡期時之彈性模量

$E_p$  預應力鋼筋彈性模量

$E_s$  普通鋼筋彈性模量

$EI$  彎曲截面剛度係數

$F$  力; 垂直力

$F_s$  在鏡筋之力

$F_{sd}$  外加力設計值

$F_{t1,5d}$  合拉力

$H$  水平力

$I$  慣性矩

$I_c$  構件混凝土部分之慣性矩

$J(t, t_0)$ função de fluência.	$J(t, t_0)$ 蠕變函數
$M$ momento flector.	$M$ 彎矩
$M_{cr}$ momento correspondente ao início da fendilhação.	$M_{cr}$ 開裂彎矩
$M'_{Rd}$ momento resistente (excentricidades adicionais).	$M'_{Rd}$ 彎矩抗力 (偏心距)
$M_{Rd,x}, M_{Rd,y}$ componentes, segundo 2 eixos ortogonais $x$ e $y$ de uma secção, do valor de cálculo do momento resistente em flexão desviada.	$M_{Rd,x}, M_{Rd,y}$ 截面雙向彎曲之設計抗彎強度 $x$ 、 $y$ 正交軸之分量
$M_{Rd,x0}, M_{Rd,y0}$ valores de cálculo dos momentos resistentes em flexão segundo cada um de 2 eixos ortogonais $x$ e $y$ de uma secção.	$M_{Rd,x0}, M_{Rd,y0}$ 截面 $x$ 、 $y$ 正交軸之每一設計抗彎強度
$M_{Sd}$ valor de cálculo do momento flector actuante.	$M_{Sd}$ 外加彎矩設計值截面 $x$ 、 $y$ 正交軸之分量
$M_{Sd,a}, M_{Sd,b}$ valores de cálculo dos momentos flectores actuantes, relativos às extremidades de um pilar (encurvadura).	$M_{Sd,a}, M_{Sd,b}$ 相對柱兩端之外加彎矩設計值(挫曲)
$M_{Sg}$ momento flector actuante devido às acções permanentes.	$M_{Sg}$ 永久作用所產生之外加彎矩
$M_{Sd,x}, M_{Sd,y}$ componentes, segundo 2 eixos ortogonais $x$ e $y$ de uma secção, do valor de cálculo do momento flector actuante.	$M_{Sd,x}, M_{Sd,y}$ 外加彎矩在截面 $x$ 、 $y$ 正交軸之分量
$M_O$ momento flector de descompressão.	$M_O$ 減壓彎矩
$N$ esforço normal.	$N$ 正向力
$N_{cr}$ tracção correspondente ao início da fendilhação.	$N_{cr}$ 開裂拉應力
$N_E$ carga crítica de Euler.	$N_E$ Euler 臨界荷載
$N_{Rd}$ valor de cálculo do esforço normal resistente.	$N_{Rd}$ 正向力強度設計值
$N_{pd}$ força de pré-esforço correspondente ao valor inicial sem perdas.	$N_{pd}$ 未有損失之起始預應力
$N_{Sd}$ valor de cálculo do esforço normal actuante.	$N_{Sd}$ 外加正向力設計值
$N_{Sg}$ esforço normal actuante devido às acções permanentes.	$N_{Sg}$ 永久作用所產生之外加正向力
$P_d$ valor de cálculo de pré-esforço.	$P_d$ 預應力設計值
$P_{k,sup}$ valores característicos da força de pré-esforço superior.	$P_{k,sup}$ 預應力高標值
$P_{k,inf}$ valores característicos da força de pré-esforço inferior.	$P_{k,inf}$ 預應力低標值
$P_{m,t}$ valor médio da força de pré-esforço.	$P_{m,t}$ 預應力平均值
$P_{m,0}$ pré-esforço inicial na idade $t = 0$ .	$P_{m,0}$ $t = 0$ 之初始預應力平均值
$P_{m,\infty}$ o pré-esforço depois de ocorrência de todas as perdas.	$P_{m,\infty}$ 所有損失完全出現後之最終預應力平均值
$P_{0,t}$ valor do pré-esforço na origem.	$P_{0,t}$ 原始預應力
$P_t(x)$ valor do pré-esforço ao tempo $t$ na secção de abscissa $x$ .	$P_t(x)$ $x$ 坐標截面上指定時間 $t$ 之預應力值
$P_0(x)$ valor do pré-esforço inicial na secção de abscissa $x$ .	$P_0(x)$ $x$ 坐標截面上之初始預應力值
$P_\infty(x)$ valor do pré-esforço final na secção de abscissa $x$ .	$P_\infty(x)$ $x$ 坐標截面上之最終預應力值
$R_d$ valor de cálculo de um esforço resistente.	$R_d$ 抵抗能力設計值
$RH$ humidade relativa do ambiente.	$RH$ 相對濕度
$S$ momento estático da área da armadura em relação ao baricentro de secção.	$S$ 鋼筋面積在截面重心上之靜力矩
$S_d$ valor de cálculo de um esforço actuante.	$S_d$ 外力設計值

$T$ momento torsor; temperatura.	$T$ 扭矩; 溫度
$T_{Rd1}$ momento torsor máximo que pode ser suportado pelas bielas comprimidas de betão.	$T_{Rd1}$ 混凝土受壓桿所能承受之最大扭矩
$T_{Rd2}$ momento torsor máximo que pode ser suportado pelas armaduras.	$T_{Rd2}$ 鋼筋所能承受之最大扭矩
$T_{Sd}$ valor de cálculo do momento torsor actuante.	$T_{Sd}$ 外加扭矩設計值
$V$ esforço transverso.	$V$ 剪力
$V_{cd}$ parcela do valor de cálculo do esforço transverso resistente que depende da resistência do betão.	$V_{cd}$ 混凝土抗剪力
$V_{Rd1}$ valor de cálculo do esforço transverso resistente do elemento sem armadura de esforço transverso.	$V_{Rd1}$ 不配置剪力筋構件之抗剪力設計值 (剪力)
$V_{Rd2}$ valor máximo do esforço transverso que pode ser suportado sem esmagamento das bielas fictícias de compressão do betão.	$V_{Rd2}$ 假設混凝土受壓桿所能承受之最大剪力設計值 (剪力)
$V_{Rd2,red}$ valor reduzido de $V_{RD2}$ .	$V_{Rd2,red}$ 折減後之 $V_{Rd2}$ 值
$V_{Rd3}$ valor de cálculo do esforço transverso que pode ser suportado por um elemento com armadura de esforço transverso.	$V_{Rd3}$ 配有剪力筋構件之最大抗剪力設計值 (剪力)
$V_{Sd}$ valor de cálculo do esforço transverso actuante.	$V_{Sd}$ 外加剪力設計值
$V_{wd}$ parcela do valor de cálculo do esforço transverso resistente que depende da armadura de esforço transverso.	$V_{wd}$ 配筋抗剪力
<b>Minúsculas latinas</b>	
$a, a_i$ dimensão; distância; flecha de um elemento flectivo.	$a, a_i$ 尺寸; 間距; 彎曲構件撓度
$a_i$ translação do diagrama de forças $M_{sd}/z$ .	$a_i$ $M_{sd}/z$ 力圖平移
$a_{e1}, a_1$ dimensões das áreas $A_0$ e $A_1$ .	$a_0, a_1$ 與 $A_0$ 及 $A_1$ 之相對直徑
$b, b_i, b_j$ dimensão; largura de uma secção.	$b, b_i, b_j$ 尺寸; 截面寬度
$b_{ef}, b_{ef1}, b_{ef2}$ largura efectiva.	$b_{ef}, b_{ef1}, b_{ef2}$ 有效寬度
$b_m$ largura de uma laje.	$b_m$ 板構件寬度
$b_i$ largura média da zona traccionada de uma secção.	$b_t$ 受拉區截面平均寬度
$b_w$ largura da alma de uma secção.	$b_w$ 截面腹部寬度
$b_x, b_y$ dimensões do contorno crítico medidas segundo as direcções $x$ e $y$ paralelas aos lados de área carregada.	$b_x, b_y$ 臨界輪廓線平衡荷載 $x$ 及 $y$ 邊之長度
$c$ recobrimento de uma armadura.	$c$ 鋼筋保護層
$d$ altura útil de uma secção; diâmetro.	$d$ 截面有效高度; 直徑
$d_g$ máxima dimensão do inerte.	$d_g$ 骨材之最大尺寸
$d_{w,max}$ deslocamento horizontal máximo admitido da estrutura.	$d_{w,max}$ 結構體最大允許水平位移
$d_o$ diâmetro do contorno crítico de punçoamento.	$d_o$ 沖切力臨界輪廓線直徑
$e, e_x, e_y$ excentricidade.	$e, e_x, e_y$ 偏心距及其分量
$e_d, e_{ax}, e_{ay}$ excentricidade accidental (encurvadura).	$e_d, e_{ax}, e_{ay}$ 偶然偏心距及其分量 (挫曲)
$e_c, e_{cx}, e_{cy}$ excentricidade de fluência (encurvadura).	$e_c, e_{cx}, e_{cy}$ 蠕變偏心距及其分量 (挫曲)
$e_2, e_{2x}, e_{2y}$ excentricidade de 2.ª ordem (encurvadura).	$e_2, e_{2x}, e_{2y}$ 二階偏心距及其分量 (挫曲)
<b>小楷拉丁字母</b>	

$f_{bt}$ valor de cálculo da tensão de rotura da aderência.	$f_{bd}$ 握裹強度設計值
$f_c$ valor da tensão de rotura do betão à compressão.	$f_c$ 混凝土抗壓強度值
$f_{cd}$ valor de cálculo da tensão de rotura do betão à compressão.	$f_{cd}$ 混凝土抗壓強度設計值
$f_{ck}$ valor característico da tensão de rotura do betão à compressão aos 28 dias de idade.	$f_{ck}$ 混凝土28日抗壓強度標準值
$f_{ck,cubo}$ valor característico da tensão de rotura do betão à compressão (em cubos).	$f_{ck,cubo}$ 混凝土抗壓強度標準值 (方塊)
$f_{ck,cyl}$ valor característico da tensão de rotura do betão à compressão (em cilindros).	$f_{ck,cyl}$ 混凝土抗壓強度標準值 (圓柱體)
$f_{ck,j}$ valor característico da tensão de rotura do betão à compressão aos $j$ dias de idade.	$f_{ck,j}$ 混凝土 $j$ 日抗壓強度標準值
$f_{cm}$ valor médio da tensão de rotura do betão à compressão aos 28 dias de idade.	$f_{cm}$ 混凝土28日抗壓強度平均值
$f_{cm^j}$ valor médio da tensão de rotura do betão à compressão aos $j$ dias de idade.	$f_{cm,j}$ 混凝土 $j$ 日抗壓強度平均值
$f_{ct,ef}$ resistência do betão à tracção, quando da primeira formação de fendas.	$f_{ct,ef}$ 當首次開裂時混凝土之抗壓強度
$f_{ctd}$ valor de cálculo da tensão de rotura do betão à tracção.	$f_{ctd}$ 混凝土抗拉強度設計值
$f_{ctk}$ valor característico da tensão de rotura do betão à tracção simples aos 28 dias de idade.	$f_{ctk}$ 混凝土28日抗拉強度標準值
$f_{ctk,j}$ valor característico da tensão de rotura do betão à tracção simples aos $j$ dias de idade.	$f_{ctk,j}$ 混凝土 $j$ 日抗拉強度標準值
$f_{ctm}$ valor médio da tensão de rotura do betão à tracção simples aos 28 dias de idade.	$f_{ctm}$ 混凝土28日抗拉強度平均值
$f_{puk}$ valor característico da tensão de rotura à tracção do aço das armaduras de pré-esforço.	$f_{puk}$ 預應力鋼筋抗拉強度標準值
$f_{p0,1k}$ valor característico da tensão limite convencional de proporcionalidade a 0,1 % à tracção do aço das armaduras de pré-esforço.	$f_{p0,1k}$ 預應力鋼筋之規定非比例伸長應力 (0.1%) 標準值
$f_{syed}$ valor de cálculo da tensão de cedência ou da tensão limite convencional de proporcionalidade a 0,2% à compressão do aço das armaduras ordinárias.	$f_{syed}$ 普通鋼筋屈服應力或規定非比例壓縮應力 (0.2%) 設計值
$f_{syd}$ valor de cálculo da tensão de cedência ou da tensão limite convencional de proporcionalidade a 0,2% à tracção do aço das armaduras ordinárias.	$f_{syd}$ 普通鋼筋屈服應力或規定非比例拉伸應力 (0.2%) 設計值
$f_{syk}$ valor característico da tensão de cedência à tracção do aço das armaduras ordinárias.	$f_{syk}$ 普通鋼筋屈服應力標準值
$h, h_i$ altura total de uma secção; espessura de uma laje.	$h, h_i$ 截面總高度; 板厚度
$h_{tot}$ altura total de uma estrutura.	$h_{tot}$ 結構體總高度
$i$ raio de giração de uma secção.	$i$ 截面回轉半徑
$j$ dias de idade do betão.	$j$ 混凝土齡期
$k$ desvio angular parasita por unidade de comprimento da armadura de pré-esforço; coeficiente que considera o efeito de tensões auto-equilibradas não uniformes.	$k$ 每單位長度之非特意角偏位; 應力不均勻分佈自動平衡效應係數
$k_c$ coeficiente que tem em conta a natureza da distribuição de tensões na secção.	$k_c$ 應力分佈係數

$k_1$ coeficiente dependente das características de aderência dos varões.	$k_1$	鋼筋握裹力影響係數
$k_2$ coeficiente dependente da distribuição de tensões de tracção na secção.	$k_2$	拉應力分佈影響係數
$k_\sigma$ razão tensão/deformação.	$k_\sigma$	應力應變比值
$l$ vão teórico; comprimento livre de um pilar.	$l$	理論跨度; 柱自由長度
$l_b$ valor de base do comprimento da amarração de uma armadura.	$l_b$	鋼筋錨固長度基礎值
$l_{b,net}$ comprimento de amarração de uma armadura.	$l_{b,net}$	鋼筋錨固長度
$l_{bp}$ comprimento de amarração de uma armadura pretensionada.	$l_{bp}$	先張法預應力鋼筋錨固長度
$l_{b,o}$ comprimento de sobreposição na emenda de armaduras.	$l_{b,o}$	鋼筋之疊接長度
$l_{ef}$ vão efectivo.	$l_{ef}$	有效跨度
$l_e$ vão equivalente de uma viga ou de uma laje.	$l_i$	樑或板之等效跨度
$l_n$ distância livre entre as faces dos apoios.	$l_n$	支承間之淨距
$l_o$ comprimento efectivo de encurvadura.	$l_o$	挫曲有效長度
$l_o'$ distância entre pontos de momento nulo.	$l_o'$	零彎矩間之距離
$l_p$ distância de regularização de tensões devidas ao pré-esforço.	$l_p$	因預應力所引起之應力調整距離
$l_x, l_y, l_1, l_2$ distância entre eixos dos apoios.	$l_x, l_y, l_1, l_2$	支承軸間距離
$m_{Sdx}, m_{Sdy}$ valores mínimos de momentos flectores por unidade de largura nas direcções x e y.	$m_{Sdx}, m_{Sdy}$	x 及 y 方向每單位寬度之最小彎矩值
$m_x, m_y, m_{xy}$ um campo de momentos.	$m_x, m_y, m_{xy}$	彎矩值
$n$ número de andares.	$n$	樓層數目
$p_{c,Rd}$ valor de cálculo da resistência do betão a uma pressão localizada.	$p_{c,Rd}$	混凝土可抵禦之局部壓力設計值
$r$ raio de curvatura.	$r$	曲率半徑
$r_{cs}$ raio de curvatura devida à retracção.	$r_{cs}$	收縮導致之曲率
$r_{inf}$ coeficiente inferior.	$r_{inf}$	低標系數
$r_{sup}$ coeficiente superior.	$r_{sup}$	高標系數
$s$ espaçamento dos varões de uma armadura.	$s$	鋼筋間距
$s_{rm}$ distância média entre fendas.	$s_{rm}$	裂縫間平均距離
$t$ tempo; idade do betão.	$t$	時間; 混凝土澆期; 假設薄壁截面厚度
$t_s$ idade do betão no início do intervalo de tempo de contagem da retracção.	$t_s$	計算混凝土收縮之起始時間之混凝土齡期
$t_o$ instante de carregamento corrigida, idade do betão à data em que foi aplicado o pré-esforço.	$t_o$	修正受荷載作用時之混凝土齡期; 混凝土在施加預應力時之齡期
$t_{o,T}$ instante de carregamento.	$t_{o,T}$	受荷載作用時之混凝土齡期
$u$ perímetro.	$u$	周界
$u_k$ perímetro da linha média da secção oca eficaz (torção).	$u_k$	假設薄壁截面中線之周界
$V_{Rd1}$ valor de cálculo do esforço transversal resistente por unidade de comprimento do contorno crítico, para uma laje sem armadura de esforço transversal.	$V_{Rd1}$	不配置橫向筋板上臨界輪廓線每單位長度之沖切承載力設計值(沖切力)

$V_{Rd2}$  valor de cálculo máximo do esforço transversal resistente por unidade de comprimento do contorno crítico, para uma laje com armadura de esforço transversal.

$V_{Rd3}$  valor de cálculo do esforço transversal resistente por unidade de comprimento do contorno crítico, para uma laje com armadura de esforço transversal.

$V_{Sd}$  valor de cálculo do esforço transversal (ou de punçoamento) actuante por unidade de comprimento.

$w$  largura de fendas.

$w_m$  valor médio da largura de fendas.

$w_k$  valor característico da largura de fendas.

$x$  coordenada; profundidade da linha neutra.

$z$  braço do binário das forças interiores em flexão.

#### Maiúsculas gregas

$\Delta a, \Delta b, \Delta d$  tolerâncias dimensionais.

$\Delta F_{sSt}$  diferença entre as forças na armadura em 2 secções.

$\Delta x$  distantes.

$\Delta \sigma$  variação de tensão.

$\Delta \sigma_{pt,t}$  perda de tensão, ao fim do tempo  $t$ , devida à relaxação das armaduras de pré-esforço.

$\Delta \sigma_{pt,t_0,t}$  ( $x$ ) perda de tensão, entre os tempos  $t$  e  $t_0$ , na secção  $x$  da armadura de pré-esforço, devida à relaxação.

$\Delta \sigma_{pt,s+c+r}$  ( $x$ ) perda de tensão, ao fim do tempo  $t$ , na secção  $x$  da armadura de pré-esforço, devida à retracção, à fluência e à relaxação.

$\Delta \sigma_{pt,t}$  ( $x$ ) designação genérica de uma perda instantânea de tensão na secção  $x$  da armadura de pré-esforço.

$\Delta \sigma_{pt,t}$  ( $x$ ) perda instantânea de tensão na secção  $x$  da armadura de pré-esforço, devida à deformação do betão.

$\Delta \sigma_{pt,t}$  ( $x$ ) perda instantânea de tensão na secção  $x$  da armadura de pré-esforço, devida ao atrito.

$\Delta \sigma_{pt,\infty}$  ( $x$ ) perda de tensão a tempo infinito, na secção  $x$  da armadura de pré-esforço, devida à relaxação.

$\Delta \sigma_{pt,\infty}$  ( $x$ ) perda de tensão, a tempo infinito, na secção  $x$  da armadura de pré-esforço, devida à retracção e à fluência do betão.

$\Delta \sigma_{pt,\infty}$  ( $x$ ) perda de tensão, a tempo infinito, na secção  $x$  da armadura de pré-esforço, devida à retracção, à fluência e à relaxação.

$\Phi, \Phi_n$  diâmetro equivalente de um agrupamento de armaduras.

#### Minúsculas gregas

$\alpha$  expoente; ângulo; coeficiente; coeficiente de homogeneização aço-betão; expoente dependente do tipo de cimento (fluência).

$vRd2$  配有橫向筋板上臨界輪廓線每單位長度最大之沖切承載力設計值(沖切力)

$vRd3$  配有橫向筋板上臨界輪廓線每單位長度之沖切承載力設計值(沖切力)

$vSd$  每單位長度之外加剪力 (或沖切力) 設計值

$w$  裂縫寬度

$w_m$  平均裂縫寬度

$w_k$  裂縫寬度標準值

$x$  坐標; 中性軸深度

$z$  彎曲內力彎矩臂

#### 大楷希臘字母

$\Delta a, \Delta b, \Delta d$  尺寸之容許誤差

$\Delta F_{sSt}$  鋼筋兩截面上兩力值之差

$\Delta x$  距離

$\Delta \sigma$  應力變化

$\Delta \sigma_{pt,t}$  於時間  $t$  因預應力鋼筋鬆弛所引起之應力損失

$\Delta \sigma_{pt,t-t_0,r}(x)$  預應力鋼筋截面  $x$  從時間  $t$  至  $t_0$  因鋼筋鬆弛所引起之應力損失

$\Delta \sigma_{pt,s+c+r}(x)$  於時間  $t$  因混凝土收縮與蠕變及鋼筋鬆弛所引起之延時應力損失

$\Delta \sigma_{pt,i}(x)$  代表預應力鋼筋截面  $x$  之某一種瞬時應力損失

$\Delta \sigma_{pt,e}(x)$  預應力鋼筋截面  $x$  因混凝土變形所引起之瞬時應力損失

$\Delta \sigma_{pt,fr}(x)$  預應力鋼筋截面  $x$  因摩擦力所引起之瞬時應力損失

$\Delta \sigma_{pt,\infty,r}(x)$  於無限長時間預應力鋼筋截面  $x$  因鋼筋鬆弛所引起之應力損失

$\Delta \sigma_{pt,\infty,s+c}(x)$  於無限長時間預應力鋼筋截面  $x$  因混凝土收縮與蠕變所引起之應力損失

$\Delta \sigma_{pt,\infty,s+c+r}(x)$  於無限長時間預應力鋼筋截面  $x$  因混凝土收縮與蠕變及鋼筋鬆弛所引起之應力損失

$\Phi, \Phi_n$  束筋之等效直徑

#### 小楷希臘字母

$\alpha$  冪; 角度; 係數; 同性係數; 視乎水泥種類之冪 (蠕變)

$\alpha_a$ coeficiente (amarração).	$\alpha_a$	係數 (錨固)
$\alpha_E$ coeficiente sísmico.	$\alpha_E$	地震係數
$\alpha_e$ coeficiente (emenda).	$\alpha_e$	係數 (拼接).
$\alpha_{min}$ menor dos valores de $\alpha_1$ ou $\alpha_2$ .	$\alpha_{min}$	$\alpha_1$ 或 $\alpha_2$ 較小之值
$\alpha_\theta$ coeficiente de homogeneização.	$\alpha_\theta$	有效同性係數
$\alpha_1, \alpha_2$ parâmetro relativo a umas das extremidades do pilar.	$\alpha_1, \alpha_2$	柱每一端之參數
$\alpha, \alpha_{//}$ valores do parâmetro calculado, respectivamente, para as condições não fendilhada e totalmente fendilhada.	$\alpha_1, \alpha_{//}$	分別指非開裂與完全開裂情況所得之參數
$\beta$ expoente; ângulo; coeficiente.	$\beta$	冪; 角度; 係數
$\beta_c$ função que traduz o desenvolvimento da fluência ao longo tempo.	$\beta_c$	蠕變長期生成函數
$\beta_p$ coeficiente que tem em conta os efeitos de excentricidade das cargas.	$\beta_p$	荷載偏心效應係數
$\beta_s$ função que exprime a variação da retracção do betão no tempo.	$\beta_s$	隨著時間之收縮演變函數
$\beta_{sc}$ coeficiente que depende do tipo de cimento (retracção).	$\beta_{sc}$	視乎水泥種類之係數 (收縮)
$\beta_v$ coeficiente (majoração da resistência ao esforço transversal).	$\beta_v$	增加抗剪強度係數
$\beta_1$ coeficiente dependente das características de aderência dos varões da armadura.	$\beta_1$	鋼筋握裹特性係數
$\beta_2$ coeficiente dependente da permanência ou da repetição das acções.	$\beta_2$	永久性或循環性作用係數
$\gamma_c$ factor parcial de segurança relativo às características resistentes do betão.	$\gamma_c$	混凝土強度特徵分項安全係數
$\gamma_f$ designação geral dos factores parciais de segurança relativos às acções.	$\gamma_f$	一般作用分項安全係數
$\gamma_g$ factor parcial de segurança relativo às acções permanentes, excepto pré-esforço.	$\gamma_g$	永久作用分項安全係數
$\gamma_m$ designação geral dos coeficientes factores parciais de segurança relativos às características resistentes dos materiais.	$\gamma_m$	材料強度特徵分項安全係數
$\gamma_p$ factor parcial de segurança às acções de pré-esforço.	$\gamma_p$	預應力作用分項安全係數
$\gamma_s$ factor parcial de segurança relativo às características resistentes do aço das armaduras.	$\gamma_s$	鋼筋強度特徵分項安全係數
$\delta$ coeficiente de redistribuição dos esforços.	$\delta$	外力重分佈係數
$\epsilon_c$ deformação do betão.	$\epsilon_c$	混凝土變形
$\epsilon_c(t)$ deformação total no instante t.	$\epsilon_c(t)$	於時間 t 之總變形
$\epsilon_{cc}(t), \epsilon_{cc}(t, t_0)$ deformação de fluência no instante $t > t_0$ .	$\epsilon_{cc}(t), \epsilon_{cc}(t, t_0)$	於時間 $t > t_0$ 由蠕變產生之應變量
$\epsilon_{ci}(t_0)$ deformação instantânea no carregamento.	$\epsilon_{ci}(t_0)$	荷載作用下瞬間之應變量
$\epsilon_{cn}(t)$ deformação independente da tensão no instante $t > t_0$ .	$\epsilon_{cn}(t)$	於時間 $t > t_0$ 與應力無關之應變量
$\epsilon_{cs}$ extensão de retracção livre.	$\epsilon_{cs}$	自由收縮應變量
$\epsilon_{cs}(t)$ deformação de retracção no instante $t > t_0$ .	$\epsilon_{cs}(t)$	於時間 $t > t_0$ 由收縮產生之應變量
$\epsilon_{cs}(t, t_s)$ deformação devida à retracção livre do betão entre as idades $t_s$ e t.	$\epsilon_{cs}(t, t_s)$	於時間 t 之總收縮應變量

$\varepsilon_{cs}(t_{\infty}, t_0)$ deformação devida à retracção livre do betão entre as idades $t_0$ e $t_{\infty}$ .	$\varepsilon_{CS}(t_{\infty}, t_0)$ 於時間 $t_{\infty} > t_0$ 由收縮產生之應變量
$\varepsilon_{cso}$ valor de referência da extensão devida à retracção do betão.	$\varepsilon_{CSO}$ 混凝土收縮參考值
$\varepsilon_{CT}(t)$ deformação térmica no instante $t > t_0$ .	$\varepsilon_{CT}(t)$ 於時間 $t > t_0$ 由熱產生之應變量
$\varepsilon_{cs}(t)$ $\varepsilon_{cs}(t, t_0)$ deformação dependente da tensão no instante $t > t_0$ .	$\varepsilon_{CS}(t), \varepsilon_{CS}(t, t_0)$ 於時間 $t > t_0$ 與應力有關之應變量
$\varepsilon_{c1}$ extensão no betão na fibra mais comprimida.	$\varepsilon_{C1}$ 混凝土受較大壓力纖維上之應變量
$\varepsilon_{c2}$ extensão no betão na fibra menos comprimida.	$\varepsilon_{C2}$ 混凝土受較小壓力纖維上之應變量
$\varepsilon_s$ extensão da armadura.	$\varepsilon_S$ 鋼筋之應變量
$\varepsilon_{sm}$ extensão média da armadura.	$\varepsilon_{SM}$ 鋼筋之平均應變量
$\varepsilon_1, \varepsilon_2$ a maior e a menor extensão de tracção nas fibras extremas de secção.	$\varepsilon_1, \varepsilon_2$ 受較大或較小拉應力之混凝土纖維
$\zeta$ coeficiente de distribuição.	$\zeta$ 分佈係數
$\eta$ coeficiente.	$\eta$ 係數
$\theta$ ângulo.	$\theta$ 角度
$\lambda$ coeficiente; esbelteza de um elemento.	$\lambda$ 係數; 構件細長度
$\mu$ coeficiente de atrito.	$\mu$ 磨擦力係數
$\nu$ coeficiente de Poisson.	$\nu$ 泊松比
$\rho$ percentagem de armadura.	$\rho$ 配筋率
$\rho_x, \rho_y$ armadura de tracção nas direcções x e y.	$\rho_x, \rho_y$ x 及 y 方向之拉力配筋
$\rho_w$ percentagem da armadura de esforço transversal.	$\rho_w$ 剪力配筋率
$\rho_r$ percentagem efectiva de armadura.	$\rho_r$ 鋼筋有效比率
$\sigma_c$ tensão de compressão no betão.	$\sigma_C$ 混凝土壓應力
$\sigma_c(x)$ tensão de compressão no betão na secção x.	$\sigma_C(x)$ 於截面 x 之混凝土壓應力
$\sigma_{cp,ef}$ tensão média efectiva no betão devida ao esforço normal.	$\sigma_{CP,ef}$ 混凝土有效平均應力
$\sigma_{cs}(x)$ tensão no betão, na secção x, devida às acções permanentes, excepto pré-esforço.	$\sigma_{C,g}(x)$ 於截面 x 上由永久作用所產生在混凝土之應力
$\sigma_{c,max}$ tensão máxima.	$\sigma_{C,max}$ 混凝土最大壓應力
$\sigma_{c,po}(x)$ tensão no betão, na secção x, devida ao pré-esforço inicial.	$\sigma_{C,po}(x)$ 於截面 x 上由起始預應力所產生在混凝土之應力
$\sigma_{c,pe}(x)$ tensão no betão, na secção x, devida ao pré-esforço final.	$\sigma_{C,pe}(x)$ 於截面 x 上由最終預應力所產生在混凝土之應力
$\sigma_c(t_0)$ tensão constante aplicada ao betão a partir da idade $t_0$ (fluência).	$\sigma_C(t_0)$ 於時間 $t_0$ 混凝土所受之恒量應力
$\sigma_p(x)$ tensão na armadura de pré-esforço na secção x.	$\sigma_P(x)$ 於截面 x 預應力鋼筋上之應力
$\sigma_{po}$ tensão na armadura de pré-esforço correspondente ao pré-esforço na origem.	$\sigma_{PO}$ 原始預應力值
$\sigma_{po}(x)$ tensão na secção x da armadura de pré-esforço, devida ao pré-esforço inicial.	$\sigma_{PO}(x)$ 於截面 x 上由起始預應力所產生在預應力鋼筋之應力
$\sigma_{po+g}(x)$ tensão na secção x na armadura de pré-esforço, devida ao pré-esforço inicial e às outras acções permanentes.	$\sigma_{PO+g}(x)$ 於截面 x 上由起始預應力及其它永久作用所產生在預應力鋼筋之應力



$\sigma_{pm}(x)$  tensão na secção  $x$  da armadura de pré-esforço, correspondente ao pré-esforço final.

$\sigma_s$  tensão no aço, em geral de uma armadura ordinária.

$\sigma_{sSt}$  tensão na armadura correspondente ao valor de cálculo de um esforço actuante.

$\sigma_{sr}$  tensão na armadura correspondente ao início da fendilhação.

$\tau_{bSd}$  tensão de aderência correspondente ao valor de cálculo de um esforço actuante.

$\tau_{Rd}$   $\tau_{Rd2}$  tensões relacionadas com os valores de cálculo do esforço transversal e do momento torsor resistente.

$\phi, \phi_i$  diâmetro de um varão, fio ou cabo.

$\phi_n$  diâmetro equivalente de um agrupamento de armaduras.

$\phi(t, t_0)$  coeficiente de fluência do betão na idade  $t$ , correspondente à aplicação da tensão à idade  $t_0$ .

$\phi(t_\infty, t_0)$  coeficiente de fluência do betão a tempo infinito, correspondente à aplicação da tensão à idade  $t_0$ .

$\phi_0$  valor de referência de coeficiente de fluência.

$\phi_{0,k}$  valor de referência do coeficiente não linear de fluência.

$\psi$  designação genérica dos coeficientes que determinam os valores reduzidos das acções.

*Abreviaturas*

ASTM American Society for Testing and Materials

A235, A335, A400, A500 Designações dos tipos correntes de armaduras ordinárias.

B15, B20, ... Designações das classes de betões.

FIP Fédération Internationale de la Précontrainte.

ISO International Organization for Standardization.

CEB Comité Euro-international du Béton.

LNEC Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

LNEC E- ... Especificação do Laboratório Nacional de Engenharia Civil n.º ...

NA Norma de Aços para Armaduras Ordinárias

NB Norma de Betões.

NP- ... Norma Portuguesa n.º ...

RILEM Réunion Internationale des Laboratoires d'Essais et de Recherches sur les Matériaux et les Constructions.

REBAP Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-Esforçado.

RSA Regulamento de Segurança e Acções para Estruturas de Edifícios e Pontes.

$\sigma_{p\alpha}(x)$

於截面  $x$  上由最終預應力所產生在預應力鋼筋之應力

$\sigma_s$

一般指普通鋼筋之應力

$\sigma_{sSd}$

外加作用設計值下之鋼筋應力

$\sigma_{sr}$

起始開裂時之鋼筋拉應力

$\tau_{bSd}$

外力設計值下之握裹應力

$\tau_{Rd}, \tau_{Rd2}$

計算抗剪力參考值

$\phi, \phi_i$

鋼筋、鋼絲、或鋼紋線直徑

$\phi_n$

束筋之等效直徑

$\phi(t, t_0)$

於  $t$  齡期之蠕變係數，相對在  $t_0$  齡期時施加應力

$\phi(t_\infty, t_0)$

於無限齡期之蠕變係數，相對在  $t_0$  齡期時施加應力

$\phi_0$

蠕變係數參考值

$\phi_{0,k}$

非線性蠕變係數參考值

$\psi$

一般計算作用折減值之係數

簡稱

ASTM

American Society for Testing and Materials

A235, A335, A400, A500 普通鋼筋等級表示

B15, B20, ... 混凝土等級表示

FIP

Fédération Internationale de la Précontrainte.

ISO

International Organization for Standardization.

CEB

Comité Euro-international du Béton.

LNEC

葡國國立土木工程實驗室

LNEC E- ...

葡國國立土木工程實驗室規格 n.o..

NA

鋼筋混凝土用熱軋鋼筋標準

NB

混凝土標準

NP- ...

葡國標準 n.o. ...

RILEM

Réunion Internationale des Laboratoires d'Essais et de Recherches sur les Matériaux et les Constructions.

REBAP

鋼筋混凝土及預應力混凝土結構規範

RSA

屋宇結構及橋樑結構之安全及荷載規範

Anexo 2

附件二

Verificação da Segurança de Estruturas de Betão Armado e Pré-esforçado em Relação à Acção do Fogo

鋼筋及預應力混凝土防火安全確定

1. Generalidades

一、總則

Este anexo contém as regras práticas para a verificação da segurança de vigas, lajes, pilares, paredes e tirantes, tendo em conta as classes de resistência ao fogo definidas no «Regulamento de Segurança contra Incêndios», em função das classes de altura e grupos de utilização dos edifícios. Estas regras permitem conferir às estruturas segurança satisfatória face à acção do fogo, nos aspectos relacionados quer com a função de suporte quer com as funções de comparticipação, sejam estas de isolamento térmico ou de estanquidade às chamas.

本附件包含對樑、板、柱、牆及拉桿之防火性能安全確定所取之實用規則，防火性能級別按《防火安全規章》中從屋宇高度及使用類別來擬定出。該等規則允許確定結構物在火作用下有關其支承功能及隔離功能有足夠之安全性，後者指其絕熱性能或火焰密封性能。

Para cada tipo de elemento, em função das suas dimensões e condições de exposição, definem-se as exigências relativas à espessura do elemento e do recobrimento das armaduras, expressas em quadros, elaborados admitindo que se trata de elementos cuja armadura é a mínima compatível com a segurança requerida à temperatura ordinária, em que se tomou  $\gamma_f = 1,5$  e  $\gamma_s = 1,15$ . Nestes casos, considerando que os coeficientes parciais de segurança  $\gamma_f$  e  $\gamma_s$  são iguais à unidade em presença da acção do fogo, a tensão correspondente ao colapso quando se considera essa acção — tensão crítica — é igual a cerca de 58% (1 / 1,15 / 1,5) do valor característico da tensão de cedência ou da tensão limite convencional de proporcionalidade a 0,2% do aço à temperatura ordinária.

對每一類構件，視乎其尺寸及外露情況，決定出有關構件厚度及鋼筋保護層之要求，以構件在普通溫度下符合安全所需之最小配筋，用  $\gamma_f = 1.5$  及  $\gamma_s = 1.15$  計算，細心列於表中。在該等情況中，當有火作用時，分項安全系數  $\gamma_f$  及  $\gamma_s$  作 1 考慮，該火作用下相對倒塌之應力（臨界應力），相等於大約在普通溫度鋼筋屈服應力或規定非比例伸長應力 0.2% 之 58% (1/1.15/1.5)。

Em vigas com os aços correntemente utilizados em armaduras ordinárias, a tensão crítica corresponde a uma temperatura da ordem de 500 °C — temperatura crítica —, conforme se verifica na Figura 22. No entanto, no caso dos aços de pré-esforço (Figura 23) a temperatura crítica é da ordem de 350 °C, pelo que a utilização dos quadros requer a correspondente correcção, dado que estes foram elaborados para a temperatura de referência de 500 °C.

在樑構件，一般常用鋼筋之臨界應力所相應力之臨界溫度大約為 500°C，見圖二十二作證明。此際，在預應力用鋼筋時，臨界溫度大約為 350°C（見圖二十三），當採用表時需要作相應之改正，因為表中均以 500 °C 為參考值。

O mesmo se aplica ao caso de haver excesso de armadura relativamente à mínima compatível com a segurança requerida à temperatura ordinária (ou seja,  $M_{Rd} > M_{Sd}$ ), em que a tensão crítica na armadura é inferior a 58%. Esta tensão pode ser estimada, com suficiente aproximação, multiplicando a tensão crítica determinada na hipótese de armadura mínima pela relação  $M_{Sd} / M_{Rd}$ , relação esta que, aproximadamente, pode ser considerada igual à razão entre a área da armadura mínima e a área da armadura existente. A este valor da tensão crítica corresponde um valor da temperatura crítica mais elevado do que 500 °C, que se pode obter a partir da Figura 22.

當構件有超過符合安全所需之最小配筋時，(或若  $M_{Rd} > M_{Sd}$ ) 鋼筋臨界應力低於 58%，亦可作同樣應用。該臨界應力可由最小配筋假設下所得之臨界應力乘上  $M_{Sd} / M_{Rd}$ ，其關係亦可大概以最小配筋面積及實際所施之配筋面積之比例代替，上述之估計係有足夠精準之概算。相應計算所得之臨界應力之臨界溫度將高出 500 °C，其值可從圖二十二獲得。

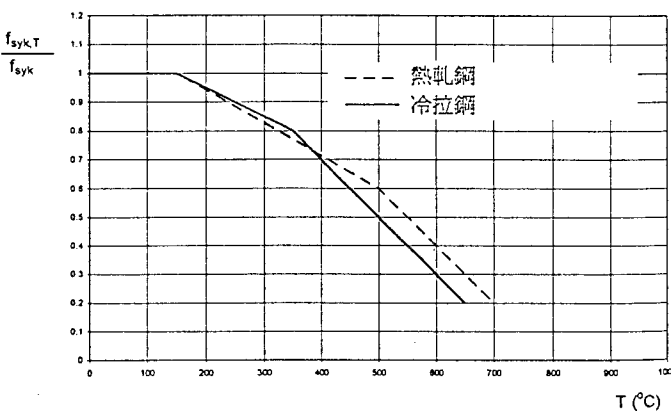
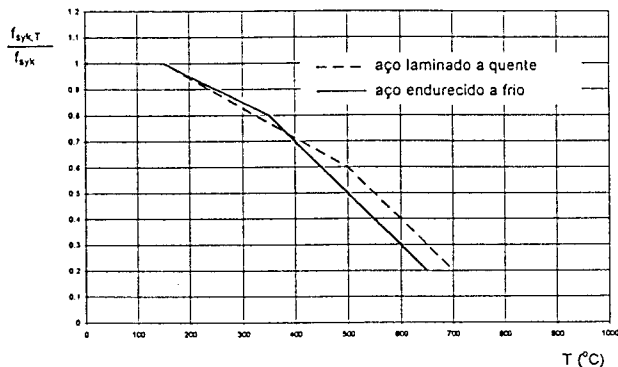


Figura 22. Variação da tensão de cedência ou da tensão limite convencional de proporcionalidade a 0,2% de aços para armaduras ordinárias,  $f_{syk,T}$ , com a temperatura.

圖二十二：隨溫度 T 普通筋屈服強度或規定非比例伸長應力 0.2%  $F_{syk}$  之變化

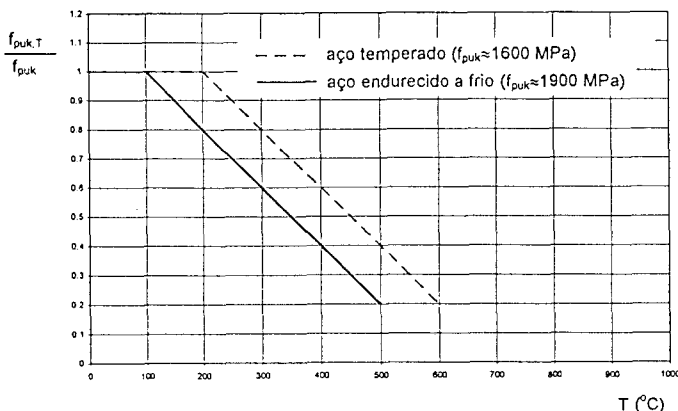


Figura 23. Variação da tensão de rotura de aços para armaduras de pré-esforço,  $f_{puk,T}$ , com a temperatura.

O caso de pilares e paredes é mais complexo, pois a acção do fogo pode reduzir significativamente a secção útil do betão e agravar os fenómenos de encurvadura. A informação disponível, porém, permite tratar estes elementos simplificada, tomando também, para referência nos respectivos quadros, uma temperatura crítica de 500 °C.

2. Condições gerais de aplicação dos quadros

Os quadros são aplicáveis a betões correntes satisfazendo a Norma de Betões. Todas as dimensões que neles figuram estão expressas em centímetros.

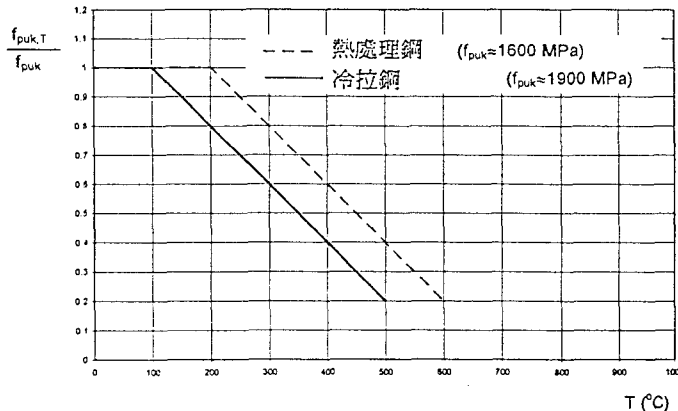
Estes quadros são de aplicação directa no caso de elementos com armaduras ordinárias e com a percentagem mínima correspondente à segurança requerida à temperatura ordinária, situação em que a temperatura crítica do aço é de 500 °C. Nos casos de outros tipos de armaduras ou de percentagens superiores, há que proceder a ajustamentos, fazendo intervir outros valores da temperatura crítica. Para as vigas armadas com aço de pré-esforço ou com percentagens superiores à mínima, tal temperatura pode ser estimada da forma indicada na secção anterior. Para os pilares, não se pondo em geral o problema do tipo de aço, e uma vez que o benefício resultante da existência de percentagens superiores à mínima não é de considerar perante o modo simplificado como estes elementos são tratados, os respectivos quadros podem ser aplicados sem correcções em todos os casos.

Quando a temperatura crítica for diferente de 500°C, a correcção dos valores de  $a$  e  $b$  indicados nos quadros deve ser feita do seguinte modo:

- a distância  $a$  deve ser aumentada 0,5 cm por cada redução de 50°C da temperatura crítica, e ser reduzida do mesmo valor por cada acréscimo de 50°C;
- para valores da temperatura crítica inferiores a 400°C, os valores mínimos de  $b$  devem ser aumentados de 4 cm por cada redução de 50°C relativamente àquele limite.

O valor de  $a$  indicado nos quadros é um valor ponderado, tendo em conta a área da secção de cada varão da armadura interessada e as distâncias do seu eixo às faces do elemento expostas ao fogo:

$$a = \frac{\sum_i A_{si} a_i}{\sum_i A_{si}}$$



圖二十三：隨溫度T預應力用鋼筋極限強度  $f_{puk}$ 之變化

柱及牆構件較為複雜，因火作用可能令混凝土之有效面積大量減小及挫曲現象惡化。所得資料可允許簡化地對構件作處理，同樣在相關之參考表上取臨界溫度為 500 °C。

二、應用制表之一般情況

下表適用於符合混凝土規定之常用混凝土。所有圖之尺寸以公分表示。

當構件採用普通鋼筋及設有按普通溫度下符合安全所需之最低配筋時，所指之鋼筋之臨界溫度為 500 °C，下表可直接使用。當採用其它鋼筋或較高配筋率時，要進行調整，換入其它臨界溫度值。樑構件配有預應力鋼筋或高於最低配筋時，其臨界溫度可按先前一節所述之形式來作估計。對柱構件，一般上問題不在鋼筋種類，而當超出最低配筋率時帶出有利效果，在處理該類構件之簡化方法上不作考慮，而相應之表可不作修正而應用於所有情況上。

當臨界溫度有別於 500 °C 時，表中  $a$  及  $b$  值應按以下方式作調整：

- 臨界溫度降低每 50 °C 時，距離長度  $a$  應增加 0.5 cm，而當溫度升高每 50 °C 時，該長度則以相同幅度減短；
- 當臨界溫度低於 400 °C 時， $b$  值應按相對該界限之每 50 °C 降低而增長 4 cm。

表中所示  $a$  值係由每一有關之鋼筋截面面積及其軸與構件受燒面之距離所制定：

$$a = \frac{\sum_i A_{si} a_i}{\sum_i A_{si}}$$

em que  $A_{si}$  é a área da secção do varão de ordem  $i$  e  $a_i$  é a menor das distâncias do eixo desse varão às faces expostas ao fogo, ou seja, a menor das distâncias  $a'_i$  e  $a''_i$  (Figura 24).

此處  $A_{si}$  指  $i$  鋼筋之面積而  $a_i$  則指其軸與各受燒面之最短距離，或指  $a'_i$  與  $a''_i$  較小之距離 (圖二十四)。

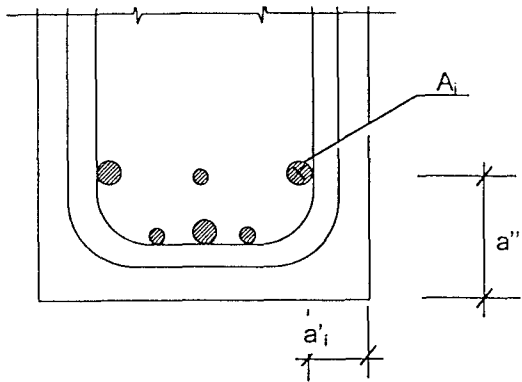
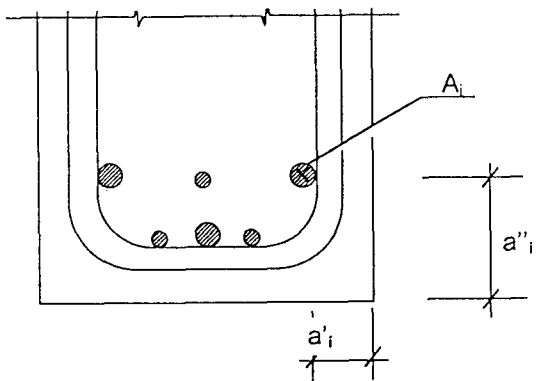


Figura 24. Elementos para determinação da distância  $a$ .

圖二十四 構件  $a$  距離之制定

Para o cômputo dos parâmetros  $a$  e  $b$  pode ser tida em conta a eventual existência de revestimentos isolantes, desde que mantenham a sua eficiência durante a exposição ao fogo. Apresentam-se em seguida coeficientes que, multiplicando a espessura do revestimento, permitem reduzi-la a uma espessura equivalente de betão:

計算  $a, b$  數值係可考慮最外存在之絕熱層，若該層能在受燒時保持本身之功效。下面列出之系數，在乘上外層厚度時，可變成相等之混凝土層厚度：

- argamassa de cimento, cal e areia ..... 0,6
- massas à base de gesso (estruque) ..... 1,5
- argamassa de gesso com inertes leves (vermiculite, perlite, fibras minerais) ..... 2,0

- 水泥、石灰、及砂漿.....0.6
- 石膏質 (灰泥).....1.5
- 輕骨材石膏質灰漿.....2.0

A espessura destes revestimentos não deve exceder 2,5 cm e, quando estiver em causa elevada resistência ao fogo, convém utilizar redes metálicas para melhorar a sua fixação. Em qualquer caso, o parâmetro  $a$  deverá também satisfazer as exigências relativas ao recobrimento das armaduras que constam do artigo 74.º deste Regulamento.

該等外層厚度不應超過 2.5 cm，及當需有高抗火能力時，應採用鋼網以增加其固定。在任何情況亦應同時滿足本規章第七十四條有關鋼筋保護層之要求。

As tensões de compressão devem ser limitadas a fim de minorar o risco de destacamento do betão devido à acção do fogo. Para tal, a relação entre a largura  $b_0$  da zona de compressão em causa e a tensão máxima de compressão nessa zona,  $\sigma_{cmax}$ , correspondente à combinação accidental de acções relativa à acção do fogo, sem considerar a tensão resultante dessa acção, deve satisfazer a condição:

壓應力應限制因火作用而導致混凝土剝落之危險。為此，對於相應火作用偶然組合下受壓區寬度  $b_0$  與最大壓應力  $\sigma_{cmax}$  之關係，在不計算火作用所產生之應力下，應滿足下面要求：

$$\sigma_{cmax} \leq 3(b_0 - 8)$$

$$\sigma_{cmax} \leq 3(b_0 - 8)$$

此處  $b_0$  以 cm 表示， $\sigma_{cmax}$  以 MPa 表示。

em que  $b_0$  é expresso em cm e  $\sigma_{cmax}$  em MPa.

### 3. Vigas

### 三、樑

Os quadros que se apresentam nesta secção referem-se a vigas expostas ao fogo por três faces, admitindo-se que a face superior está protegida pelo pavimento. Para vigas com todas as faces expostas ao fogo são apresentadas condições especiais.

本節所呈之表適用於三面受燒之樑，允許樑之上面由路面層保護。在樑全部四面受火燒時，應作特別情況處理。

As larguras  $b$  e  $b_w$  da secção das vigas consideradas nos quadros são as indicadas na Figura 25, e o valor  $a_{st}$  significa a distância do eixo dos varões extremos à face lateral da viga.

表內考慮邊面之距離樑截面寬度  $b$  及  $b_w$  在圖二十五中指示，而  $a_{st}$  指最外鋼筋軸心與樑腹。

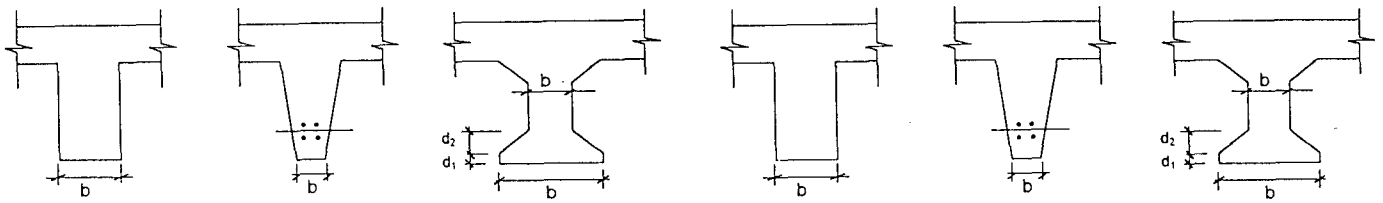


Figura 25. Dimensões de referência de vigas.

圖二十五 樑之參考尺寸

Para além das condições expressas nos quadros, quando se exija classe de resistência ao fogo superior a CRF 90, devem ser usados estribos de, pelo menos, 4 ramos, sempre que o valor de cálculo do esforço transversal actuante exceder  $V_{Rd1}$ , calculado de acordo com o artigo 47.º do presente Regulamento,  $b$  é a largura da alma ( $b_w$  para vigas em I) e  $d$  é a altura útil da viga.

Para as vigas em I devem ter-se ainda em conta as seguintes condições:

- em todos os casos há que respeitar a relação:

$$d_1 + 0,5 d_2 \geq b_{min}$$

sendo  $b_{min}$  o valor mínimo de  $b$  indicado nos quadros;

- quando  $b > 1,4 b_w$ , o valor de  $a$  indicado nos quadros deve ser substituído por:

$$a \left( 1,85 - \sqrt{\frac{b_w}{b}} \times \frac{d_1 + 0,5 d_2}{b_{min}} \right) \geq a$$

- quando  $b > 3,5 b_w$ , os quadros relativos a vigas já não devem ser utilizados, e o talão da viga deve ser considerado como tirante (ver secção 7 deste anexo);

- para secções em que  $b_w < b/2$  deve ser disposta uma armadura de esforço transversal, constituída por estribos verticais, cuja percentagem,  $\rho_w$ , não seja inferior a 0,25, sendo:

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{b_w} \times 100$$

em que  $A_{sw}$  é a área total da secção dos vários ramos de um estribo e  $s$  é o espaçamento dos estribos. A fim de evitar o destacamento do betão, a distância dos ramos exteriores destes estribos às faces da alma, contada a partir do eixo dos varões, não deve exceder  $0,2 b_w$ .

### 3.1. Vigas simplesmente apoiadas

No Quadro 18 apresentam-se as regras a observar para garantir às vigas simplesmente apoiadas segurança perante a acção do fogo, para as diferentes classes de resistência CRF consideradas.

### 3.2. Vigas contínuas

Nos tramos das vigas contínuas sujeitas à acção do fogo pela parte inferior desenvolvem-se, devido a essa acção, momentos negativos quer nos vãos quer nos apoios.

在超出表中所指示之情況時，當要求有高於 CRF 90 級別之抗火能力，而外加剪應力設計值大於  $V_{Rd1}$  應採用不小於四肢之箍筋，此處  $V_{Rd1}$  用本規章第四十七條方法計算， $b$  指樑腹寬度 (I形樑時用  $b_w$ ) 而  $d$  則指樑有效高度。

I 形樑應另外考慮以下情況：

- 所有情況要遵照以下關係：

$$d_1 + 0,5 d_2 \geq b_{min}$$

$b_{min}$  指表內最小之  $b$  值；

- 當  $b > 1,4 b_w$  時，表內所示之  $a$  值應用以下代替：

$$a \left( 1,85 - \sqrt{\frac{b_w}{b}} \times \frac{d_1 + 0,5 d_2}{b_{min}} \right) \geq a$$

- 當  $b > 3,5 b_w$  時，有關樑之表即不能採用，及樑底部應考慮為拉桿 (見本附件第七節)。

- 當截面中  $b_w < b/2$  時應放置垂直箍筋之剪力筋，該配筋率  $\rho_w$  小於 0,25，而：

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{b_w} \times 100$$

此處  $A_{sw}$  指箍筋各肢之總面積，而  $s$  則指拍箍筋間距。為防止混凝土剝落，箍筋最外肢由鋼筋軸心與樑腹邊之間之距離不能大於  $0,2 b_w$ 。

### 三·一、簡支樑

表十八顯示要遵守之規則以保證簡支樑在火作用下之安全，當中考慮不同之抗火能力級別 CRF。

### 三·二、連續樑

底部受火作用之連續樑部分，跨中或支承產生由該作用引起之負彎矩。

Quadro 18. Vigas simplesmente apoiadas

Classes de resistência ao fogo	Valores mínimos de $b_w$ (cm)	Valores mínimos de $b$ e correspondentes mínimos de $a$ (cm)		Valores mínimos de $a$ para os valores de $b$ indicados (cm)					
		$b$	$a$	$b$	$a$	$b$	$a$	$b$	$a$
CRF60	10	12	4,0	16	3,5	20	3,0	≥ 30	2,5
CRF90	10	15	5,5	20	4,5	24	4,0	≥ 40	3,5
CRF120	12	20	6,5	24	5,5	30	5,0	≥ 50	4,5
CRF180	14	24	8,0	30	7,0	40	6,5	≥ 60	6,0
CRF240	16	28	9,0	35	8,0	50	7,5	≥ 70	7,0

Nota: No caso de armadura disposta numa só camada, deve considerar-se  $a_{st} \geq a + 1,0$ , para valores de  $b$  inferiores a 20, 30, 40, 50, 60 e 70, respectivamente, para CRF 60, 90, 120, 180 e 240; nos restantes casos será  $a_{st} \geq a$ .

Daqui resulta que, nos vãos, as tensões na armadura de momentos positivos diminuem, o que permite a esta armadura suportar temperaturas mais elevadas e, conseqüentemente, possibilita a utilização de recobrimentos menos espessos. Os valores de  $a$  estabelecidos no Quadro 19 evidenciam este facto, quando comparados com os que constam do Quadro 18.

No que diz respeito às armaduras de momentos negativos, apesar do aumento destes momentos anteriormente referido, os valores de cálculo dos momentos actuantes em situação de fogo (soma dos momentos devidos às cargas com os devidos à acção do fogo, afectados do coeficiente  $\gamma_f = 1,0$ ) são, em geral, inferiores aos correspondentes valores de cálculo dos momentos actuantes considerados na verificação da segurança à temperatura ordinária, em que se adopta o coeficiente  $\gamma_f = 1,5$ ; portanto, uma vez que a resistência destas armaduras não é afectada pelo pequeno aumento de temperatura que sofrem, não é necessário reforçar a sua secção. Deve, porém, evitar-se a ocorrência de tensões muito elevadas na zona comprimida de betão, visto que ela ficará submetida a elevadas temperaturas, com a conseqüente diminuição da resistência do betão nas suas camadas exteriores.

No entanto, dado que a zona da viga sujeita a momentos negativos aumenta, é necessário prolongar as armaduras dimensionadas para a temperatura ordinária, mediante as seguintes regras:

- deve estender-se a todo o vão pelo menos 20% da armadura existente nos apoios;
- deve prolongar-se de um comprimento igual a 0,15 do vão a armadura existente no apoio, considerando-se, para o efeito, o maior dos vãos adjacentes; este prolongamento deve ser contado a partir da extremidade da armadura considerada para a temperatura ordinária.

Por outro lado, no caso de vigas contínuas em que, junto aos apoios intermédios, podem ocorrer esforços de flexão e esforços transversos de valor elevado, para exposições ao fogo prolongadas, os valores de  $b$  devem satisfazer as seguintes condições:

$$\text{CRF 120 } b \geq 22 \text{ cm}$$

$$\text{CRF 180 } b \geq 40 \text{ cm}$$

$$\text{CRF 240 } b \geq 60 \text{ cm}$$

表十八 簡支樑

抗火能力級別	$b_w$ 最小值 (cm)	b 最小值及其相對之 a 最小值 (cm)		從 b 值所得之 a 最小值 (cm)					
		b	a	b	a	b	a		
CRF 60	10	12	4.0	16	3.5	20	3.0	≥30	2.5
CRF 90	10	15	5.5	20	4.5	24	4.0	≥40	3.5
CRF 120	12	20	6.5	24	5.5	30	5.0	≥50	4.5
CRF 180	14	24	8.0	30	7.0	40	6.5	≥60	6.0
CRF 240	16	28	9.0	35	8.0	50	7.5	≥70	7.0

注意：當配筋放置在單層時，應考慮  $a_{st} \geq a + 1.0$ ，當  $b$  值少於 20, 30, 40, 50, 60 及 70，每一數值分別相對每一級別 CRF 60, 90, 120, 180 及 240；其他情況  $a_{st} \geq a$ 。

該結果令在跨中正彎矩配筋之應力減低，因而允許該配筋支持更高之溫度，最終使保護層可能採用較小之厚度。表十九所建立之值，當與表十八比較時，證明了該事實。

有關負彎矩配筋，如前述，雖然有所增加，但在受火燒時外加彎矩設計值（指由火作用及荷載導致之總彎矩和，分項安全系數  $\gamma_f = 1.0$ ）一般係小於在普通溫度下安全確定所考慮之相對外加彎矩設計值，此處  $\gamma_f = 1.5$ ；因此，若配筋受少量溫度提升而不影響其抵抗強度時，不應對該截面進行加固。但應防止在受高溫時混凝土受壓區出現太高之應力，最終造成其外層抗力降低。

此際，在樑受負彎矩增加之部分，需要將其普通溫度時所設計之配筋按以下規則延長：

- 應將不小於 20 % 之支承配筋延長至整跨；
- 支承配筋延伸長度為 0.15 跨長，考慮兩鄰跨較大之長度；該延長應由在普通溫度下所考慮之配筋最終端開始計算。

另一方面，當長時間受火燒時，接連內支承之連續樑可能出現高彎矩及剪力值， $b$  值應滿足下列條件：

$$\text{CRF 120 } b \geq 22 \text{ cm}$$

$$\text{CRF 180 } b \geq 40 \text{ cm}$$

$$\text{CRF 240 } b \geq 60 \text{ cm}$$

A aplicação desta regra é particularmente importante, por exemplo, no caso de vigas contínuas de dois tramos em que se verifiquem simultaneamente as seguintes situações:

- liberdade de rotação nos apoios extremos da viga;
- existência de esforços transversos actuantes com valor de cálculo superior a  $V_{Rd1}$ ;
- quando a capacidade resistente da viga for fundamentalmente condicionada pela existência de cargas concentradas, que determinem relações  $M_{Sd} / V_{Sd}$  compreendidas entre 2,5 e 3, sendo  $M_{Sd}$  e  $V_{Sd}$ , respectivamente, os valores de cálculo do momento flector e do esforço transversal actuantes, e  $d$  a altura útil da secção.

Como foi referido, o Quadro 19 tem em conta os efeitos da redistribuição de esforços devidos à elevação da temperatura. Consequentemente, as suas possíveis correcções, quando da utilização de armaduras pré-esforçadas ou armaduras sobredimensionadas à temperatura ordinária, devem ser feitas de acordo com as regras gerais indicadas no ponto 2 deste anexo, sem considerar qualquer efeito adicional da redistribuição de esforços.

Quadro 19. Vigas contínuas

Classes de resistência ao fogo	Valores mínimos de $b_w$ (cm)	Valores mínimos de $b$ e correspondentes mínimos de $a$ (cm)		Valores mínimos de $a$ para os valores de $b$ indicados (cm)	
CRF 60	10	$b$	12	$b$	$\geq 20$
		$a$	2,5	$a$	1,5
CRF 90	10	$b$	15	$b$	$\geq 25$
		$a$	3,5	$a$	2,5
CRF 120	12	$b$	20	$b$	$\geq 30$
		$a$	4,5	$a$	3,5
CRF 180	14	$b$	24	$b$	—
		$a$	5,0	$a$	—
CRF 240	16	$b$	28	$b$	—
		$a$	6,0	$a$	—

Notas: São de aplicar a  $a_{st}$ , as condições indicadas na nota ao Quadro 18. Nas vigas em I, a largura mínima da alma, numa extensão igual a duas vezes a altura da viga, contada para um e outro lados dos apoios intermédios, não deve ser menor do que a correspondente ao valor mínimo de  $b$ .

3.3. Vigas com todas as faces expostas ao fogo

No caso de vigas com todas as faces expostas ao fogo, podem aplicar-se as regras e quadros anteriormente apresentados, desde que sejam observadas as seguintes disposições:

- a altura da viga não deve ser inferior ao valor de  $b_{min}$  correspondente à classe de resistência ao fogo em causa;
- a área da secção transversal da viga não deve ser inferior a  $2b_{min}^2$ ;

os valores das distâncias  $a$  devem ser aplicados a todas as armaduras longitudinais, seja qual for a face a que se encontrem adjacentes;

- nas vigas em I aplicam-se ao banzo superior as mesmas regras indicadas para o banzo inferior.

4. Lajes

As lajes desempenham, em geral, além da função de suporte, a função de compartimentação, ao passo que só a primeira função é exigida às vigas.

使用該等規則係特別重要，例如當兩跨之連續樑證實同時有下列情形：

- 樑兩端支承係自由旋轉；
- 外加設計剪力值大於  $V_{Rd1}$ ；
- 當樑抵抗強度基本由集中荷載情況下所設定時，而  $M_{Sd} / V_{Sd}$  之關係係 2.5 與 3 之間， $M_{Sd}$  及  $V_{Sd}$  分別指外加彎距力及剪力設計，而  $d$  則指截面之有效高度。

正如上述，表十九對高溫而產生之內力重分佈已作考慮。因此，當在普通溫度採用預應力鋼筋或超設計配筋，本身之改正應按本附件第二點之一般規則進行，而不考慮任何內應力重分佈之附加效應。

表十九 連續樑

抗火能力級別	$b_w$ 最小值 (cm)	b 最小值及其相對之 a 最小值 (cm)		從 b 所得之 a 最小值 (cm)	
		b	a	b	a
CRF 60	10	b	12	b	$\geq 20$
		a	2.5	a	1.5
CRF 90	10	b	15	b	$\geq 25$
		a	3.5	a	2.5
CRF 120	12	b	20	b	$\geq 30$
		a	4.5	a	3.5
CRF 180	14	b	24	b	—
		a	5.0	a	—
CRF 240	16	b	28	b	—
		a	6.0	a	—

注意：要採用表十八指示  $a_{st}$  之條件。

I 樑之最小樑腹寬度，從內支承一邊至另一邊之一斷相等兩倍樑高之範圍內，不能小於相應之最小  $b$  值。

三、三、全部四面受燒之樑

四面受燒之樑，若按照下列之設置時，得採用先前所呈各表之規則：

- 樑高應不小於相對抗火能力級別所需求之  $b_{min}$ ；
- 樑橫截面面積應不小於  $2b_{min}^2$ ；
- 無論在構件之任何一面，所有縱向配筋應採用  $a$  值之距離；
- I 形樑之樑翼面採用樑翼底所指示之相同規則。

四、板

通常板之功用除提供支承功能外，亦有隔離功能，而樑則只僅有第一項之功能。

No que se refere à função de suporte, ela é condicionada pela protecção das armaduras, que é naturalmente dependente do seu revestimento. A função de compartimentação, em especial no aspecto de isolamento térmico, está relacionada fundamentalmente com a espessura da laje e com a eventual presença de revestimentos isolantes, desde que estes mantenham a sua eficiência perante o aumento de temperatura a que ficam sujeitos.

Deste modo, os dados apresentados nas secções seguintes, relativos a lajes maciças, a lajes aligeiradas (vazadas, nervuradas, ou com blocos de cofragem incorporados) e a lajes fungiformes, referem-se a classes de resistência ao fogo, CRF, que envolvem os dois tipos de exigências indicados — de suporte e de compartimentação.

Note-se que os valores de *a* especificados nos quadros são análogos aos indicados para as vigas, embora menores nos casos em que é possível ter em conta os efeitos do funcionamento bidireccional das lajes.

Quadro 20. Lajes maciças

Classes de resistência ao fogo	Valores mínimos da espessura <i>h</i> (cm)	Valores mínimos de <i>a</i> (cm)				Lajes contínuas
		Lajes simplesmente apoiadas				
		armadas numa só direcção	armadas nas duas direcções			
		$l_y/l_x \leq 1,5$	$l_y/l_x \leq 2,0$			
CRF 60	8	2,5	1,0	2,5	1,0	
CRF 90	10	3,5	1,5	3,5	1,5	
CRF 120	12	4,5	2,0	4,5	2,0	
CRF 180	15	6,0	3,0	6,0	3,0	
CRF 240	18	7,0	4,0	7,0	4,0	

Notas: *h* é a espessura da laje acrescida das espessuras equivalentes, em betão, dos revestimentos de piso e de tecto (ver parte final da secção 2 do presente capítulo);  $l_x$  e  $l_y$  são os vãos da laje ( $l_y > l_x$ );

para  $1,5 < l_y/l_x < 2,0$ , os valores de *a* podem ser interpolados linearmente; nas lajes contínuas armadas numa só direcção devem ser aplicadas as regras definidas para as vigas contínuas no que se refere às armaduras de momentos negativos.

4.1. Lajes maciças

No Quadro 20 apresentam-se as regras a observar para conferir às lajes maciças segurança em face da acção do fogo, no que se refere quer à função de suporte — parâmetro *a* — quer à função de compartimentação parâmetro *h*.

4.2. Lajes vazadas

As lajes vazadas podem ser tratadas como lajes maciças, desde que o valor da espessura da laje seja substituído pelo valor da relação  $A_c/m$ , em que  $A_c$  é a área de betão correspondente à largura *m* indicada na Figura 26.

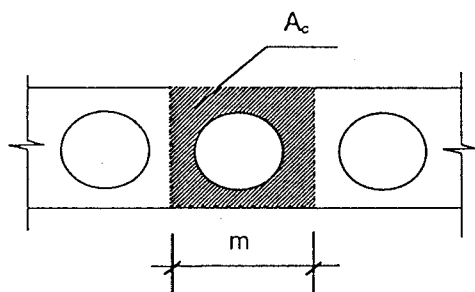


Figura 26. Laje vazada

關於支承功能，係由配筋之保護來支配，該保護則視乎其保護層。隔離功能，特別係指其絕熱性能，基本上與板厚度或最外加絕熱層有關，在遇上溫度提升時應保持其功效。

參照抗火能力級別 CRF，當中包括了支承及隔離兩類所指之要求，以下幾節呈達之資料係關乎實心板，格子板 (空心、肋，或引入模板塊) 及平板。

注意表內規定之 *a* 值為類似樑構件中所提及，當考慮板雙向功能情況時，其值較低。

表二十 實心板

抗火能力級別	最小厚度 <i>h</i> 值 (cm)	最小之 <i>a</i> 值 (cm)				連續板
		簡支承板				
		單向配筋	雙向配筋			
		$l_y/l_x \leq 1,5$	$l_y/l_x \leq 2,0$			
CRF 60	8	2.5	1.0	2.5	1.0	
CRF 90	10	3.5	1.5	3.5	1.5	
CRF 120	12	4.5	2.0	4.5	2.0	
CRF 180	15	6.0	3.0	6.0	3.0	
CRF 240	18	7.0	4.0	7.0	4.0	

注意：*h* 係板厚度加上路面或屋頂保護層之相等混凝土厚度 (見本章第二節之最後部分)；

$l_x$  及  $l_y$  係板跨度 ( $l_y > l_x$ )；

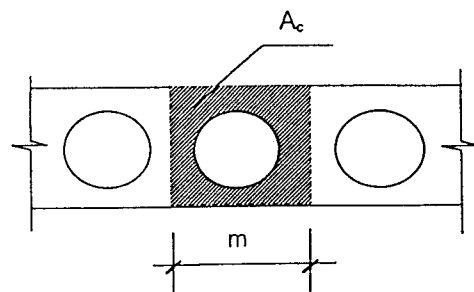
在  $1,5 < l_y/l_x < 2,0$  之間，*a* 值可以線性推算；連續單向板應採用連續樑中負彎距筋所議定之規則。

四·一、實心板

表二十所載為確保實心板遇火作用時其安全所遵守之規則，參照支承功能系數為 *a*，而隔離功能系數則為 *h*。

四·二、空心板

空心板可作實心板處理，而板厚值混凝土由  $A_c/m$  關係式所得之值代替，此處  $A_c$  指相對圖二十六寬度 *m* 內之混凝土面積。



圖二十六 空心板



No caso da existência de vazios de grande largura, a espessura de betão acima e abaixo desses vazios não deve ser inferior a 5 cm.

### 4.3. Lajes nervuradas

Do ponto de vista da resistência ao fogo, as lajes nervuradas devem satisfazer as condições indicadas no Quadro 21, quando a distância entre nervuras não exceder 1,50 m e quando a rotura de uma nervura não envolver o colapso da laje. Se qualquer destas condições não se verificar, as nervuras devem ser tratadas como vigas e as lajetas como lajes maciças.

### 4.4. Lajes com blocos de cofragem incorporados

As lajes com blocos de cofragem incorporados devem ser tratadas como lajes nervuradas. No entanto, se na face inferior da laje for aplicado um revestimento adequado e se a distância entre nervuras (ou entre vigotas incorporadas) não exceder 0,60 m, estas lajes podem ser consideradas como lajes vazadas.

Consideram-se adequados os revestimentos de argamassa de cimento, cal e areia de espessura não inferior a 1,5 cm e os de argamassa de gesso de espessura não inferior a 1,0 cm.

### 4.5. Lajes fungiformes

As lajes fungiformes devem satisfazer as condições expressas nas secções anteriores excepto no que se refere à espessura da zona maciça sobre os apoios.

Com efeito, esta espessura que, de acordo com o artigo 93.º, não deve nunca ser inferior a 15 cm, deverá ser aumentada para 20 cm, no mínimo, no caso de pilares sem capitéis e desde que a classe de resistência ao fogo seja igual ou superior a CRF 60.

Quadro 21. Lajes nervuradas

Classes de resistência ao fogo	Valores mínimos da espessura da lajeta h (cm)	Valores mínimos de b e correspondentes mínimos de a (cm)			
		Lajes simplesmente apoiadas		Lajes contínuas	
CRF 60	8	b	9	b	8
		a	3,0	a	2,5
CRF 90	10	b	11	b	9
		a	4,0	a	3,0
CRF 120	12	b	13	b	11
		a	5,5	a	4,5
CRF 180	14	b	15	b	13
		a	6,5	a	5,5
CRF 240	15	b	18	b	15
		a	7,5	a	6,5

Nota: h é a espessura da lajeta acrescida das espessuras equivalentes, em betão, dos revestimentos de piso e de tecto (ver parte final da secção 2 do presente capítulo).

## 5. Pilares

O comportamento dos pilares de betão armado face à acção do fogo é influenciado, de modo muito significativo, pelas condições de exposição, pela maior sensibilidade aos fenómenos de encurvadura e ainda pela ocorrência de deslocamentos transversais das extremidades dos pilares, devido à dilatação das vigas a que se encontram ligados, o que pode causar roturas por esforço transversal no caso de pilares muito rígidos.

當存在很寬之空洞時，空洞上及下之混凝土厚度應不小於 5 cm。

### 四·三、肋板

從抗火能力角度上，肋板應符合表二十一所指示之條件，當中肋距離不大於 1.50m 及當單一肋破壞時並不導致整塊板倒塌。如果任何所指之條件未能被確定時，該肋板應作樑及實心樑翼板處理。

### 四·四、引入模板塊板

引入模板塊板應作肋板處理。但若板裏面設有足夠保護層及肋距離 (或引入小樑之間之距離) 不超出 0.60 m，該板可作空心板考慮。

當水泥、石灰及砂漿外層不小於 1.5 cm 或石膏質外層不小於 1.0 cm 時，該保護層可視作足夠。

### 四·五、平板

平板應符合以上各節所述之條件，在支承上實心範圍厚度除外。

該厚度，按第九十三條，任何時間應不小於 15 cm，而當在沒有柱冠之柱及其抗火能力級別相等或大於 CRF 60 時，應最小增加至 20cm。

表二十一 肋板

抗火能力級別	板翼最小厚度 h 值 (cm)	相對最小 a 值之小 b 值 (cm)			
		簡支承板		連續板	
CRF 60	8	b	9	b	8
		a	3.0	a	2.5
CRF 90	10	b	11	b	9
		a	4.0	a	3.0
CRF 120	12	b	13	b	11
		a	5.5	a	4.5
CRF 180	14	b	15	b	13
		a	6.5	a	5.5
CRF 240	15	b	18	b	15
		a	7.5	a	6.5

注意：h 係板翼厚度加上路面或屋頂保護層之相等混凝土厚度 (見本章第二節之最後部分)。

## 五、柱

鋼筋混凝土柱在火作用下之表現係極受接觸情況所影響，因為更容易出現挫曲現象，亦因從結點上樑構件膨脹所導致出現柱端橫向位移，若柱之剛度很高時，可能產生剪力破壞。

O tratamento geral do problema é portanto naturalmente complexo, só sendo possível estabelecer regras simples desde que se delimite o seu campo de aplicação. Assim, as indicações contidas no Quadro 22 são apenas aplicáveis aos casos correntes de pilares de secção rectangular que satisfaçam as seguintes condições:

- a esbelteza deve ser limitada de modo que a relação  $l/b$  não exceda valores da ordem de 25, sendo  $l$  a altura do pilar e  $b$  a menor dimensão da sua secção recta;
- as extremidades dos pilares devem estar ligadas a vigas ou outros elementos que lhes confirmam um certo grau de encastramento;
- o deslocamento relativo entre as extremidades do pilar, resultante da dilatação térmica das vigas, não deve ser significativo (o que pode ser conseguido por meio de uma adequada compartimentação corta-fogo ou por recurso a juntas de dilatação);
- os varões longitudinais devem ser suficientemente cintados.

Quadro 22. Pilares

Classes de resistência ao fogo	Pilares expostos por todas as faces				Pilares expostos por uma só face	
	Valores mínimos de $b$ e correspondentes mínimos de $a$ (cm)		Valores mínimos de $a$ para os valores de $b$ indicados (cm)		Valores mínimos de $b$ e correspondentes mínimos de $a$ (cm)	
CRF 60	$b$	20	$b$	$\geq 24$	$b$	12
	$a$	3.0	$a$	2.5	$a$	2.5
CRF 90	$b$	24	$b$	$\geq 30$	$b$	14
	$a$	4.5	$a$	3.5	$a$	3.5
CRF 120	$b$	30	$b$	$\geq 40$	$b$	16
	$a$	5.5	$a$	4.5	$a$	4.5
CRF 180	$b$	40	$b$	$\geq 50$	$b$	20
	$a$	7.0	$a$	6.0	$a$	6.0
CRF 240	$b$	45	$b$	—	$b$	24
	$a$	8.0	$a$	—	$a$	7.0

Nota: O valor de  $b$ , no caso de pilares expostos por todos os lados, é o da menor dimensão da secção transversal; no caso de pilares expostos apenas por uma face, o valor de  $b$  é o da face exposta ao fogo.

## 6. Paredes

### 6.1. Paredes sem funções de suporte de cargas

As paredes de que se trata nesta secção são paredes maciças de betão (armado ou não armado) destinadas, fundamentalmente, a funções de compartimentação, embora possam também servir como elementos de contraventamento.

As exigências de resistência ao fogo atribuídas a estas paredes reduzem-se às que são específicas daquelas funções (estanquidade às chamas e isolamento térmico) e são satisfeitas, essencialmente, condicionando a sua espessura. No Quadro 23 apresentam-se, em função da classe de resistência ao fogo, as espessuras mínimas requeridas.

Quadro 23. Paredes sem funções de suporte de cargas

Classes de resistência ao fogo	Espessura da parede
CRF 60	8
CRF 90	10
CRF 120	12
CRF 180	15
CRF 240	18

一般性地處理該問題係很複雜，因此只可能建立簡單之規則，但卻限制了其使用範圍。所以，表二十二所包括之指引只適用於普通符合以下條件之矩形截面柱：

- 細長度應以  $l/b$  關係式作界限，其值不大於 25， $l$  指柱高而  $b$  指直截面之短邊長；
- 柱兩端應與證實有一定固定之樑或其它構件結連；
- 柱兩端因樑遇熱膨脹之相對位移應不能太大（該情況得利用一足夠截火隔離或採用伸縮縫）；
- 縱向筋應被足夠地箍緊。

表二十二 柱

抗火能力級別	全部四面受燒之柱				單一面受燒之柱	
	相對最小 $a$ 值之最小 $b$ 值 (cm)		按 $b$ 值所得之最小 $a$ 值 (cm)		相對最小 $a$ 值之最小 $b$ 值 (cm)	
CRF 60	$b$	20	$b$	$\geq 24$	$b$	12
	$a$	3.0	$a$	2.5	$a$	2.5
CRF 90	$b$	24	$b$	$\geq 30$	$b$	14
	$a$	4.5	$a$	3.5	$a$	3.5
CRF 120	$b$	30	$b$	$\geq 40$	$b$	16
	$a$	5.5	$a$	4.5	$a$	4.5
CRF 180	$b$	40	$b$	$\geq 50$	$b$	20
	$a$	7.0	$a$	6.0	$a$	6.0
CRF 240	$b$	45	$b$	—	$b$	24
	$a$	8.0	$a$	—	$a$	7.0

注意：當柱全部面受燒時， $b$  指其橫截面之短邊；當柱單面受燒時， $b$  則指受燒面之寬度。

## 六、牆

### 六·一、非受力牆

本節所處理之牆係指基本上用作隔離功能之實心牆（配筋或沒配筋），雖然亦可能與其它抵抗構件一起運作。

該類牆之抗火能力要求簡略為其功能之規定（火焰密封性及絕熱性），主要可以其厚度來滿足要求。表二十三所載為按抗火能力級別所需之最小厚度。

表二十三 非受力牆

抗火能力級別	牆厚
CRF 60	8
CRF 90	10
CRF 120	12
CRF 180	15
CRF 240	18

6.2. Paredes com funções estruturais

As paredes com funções estruturais têm que assegurar, em todos os casos, estabilidade ao fogo e, frequentemente, também estanquidade às chamas e isolamento térmico correspondentes às funções de compartimentação.

As regras indicadas no Quadro 24 aplicam-se a paredes que obedecem às seguintes condições:

- a razão entre a altura da parede e a sua espessura não seja superior a 25;
- a relação entre o momento flector e o esforço normal, em qualquer secção, não seja superior a 1/6 da espessura da parede.

Quadro 24. Paredes com funções estruturais

Classes de resistência ao fogo	Valores mínimos de e (espessura da parede) e correspondentes mínimos de a, em função da tensão máxima $\sigma_{c,max}$ na parede (cm)			
	$\sigma_{c,max} < 0,15 f_{ck}$		$0,15 f_{ck} \leq \sigma_{c,max} < 0,30 f_{ck}$	
CRF 60	e	12	e	14
	a	1,5	a	2,5
CRF 90	e	14	e	17
	a	2,5	a	3,5
CRF 120	e	16	e	22
	a	3,5	a	4,5
CRF 180	e	20	e	30
	a	5,5	a	6,5
CRF 240	e	24	e	40
	a	7,5	a	8,5

7. Tirantes

Para assegurar a resistência ao fogo dos elementos sujeitos predominantemente a esforços de tração, as dimensões da secção transversal e o recobrimento das armaduras devem ser tais que respeitem as condições indicadas no Quadro 25, relativas a elementos expostos ao fogo por todas as faces.

Quadro 25. Tirantes

Classes de resistência ao fogo	Valores mínimos de b e correspondentes mínimos de a (cm)		Valores mínimos de a para os valores de b indicados (cm)	
	CRF 60	b	12	b
	a	5,0	a	3,5
CRF 90	b	15	b	$\geq 40$
	a	6,5	a	4,5
CRF 120	b	20	b	$\geq 50$
	a	7,5	a	5,5
CRF 180	b	24	b	$\geq 60$
	a	9,0	a	7,0
CRF 240	b	28	b	$\geq 70$
	a	10,0	a	8,0

Nota: O valor de b corresponde a menor dimensão da secção transversal do tirante.

Quando haja que considerar a deformabilidade dos tirantes devido à elevação da temperatura, por os alongamentos resultantes poderem comprometer a capacidade resistente da estrutura, deve-se considerar a variação, com a temperatura, do módulo de elasticidade e do coeficiente de dilatação térmica do aço.

六·二、結構牆

在所有情況下，結構牆在受燒時要確保穩定性，同時有隔離功能所相應之火焰密封性及絕熱性。

表二十四所示之規定適用於遵照以下條件之牆：

- 牆高及牆厚之關係不大於 25；
- 在任何截面上彎矩及軸心力之關係不能大於 1/6 牆厚。

表二十四 結構牆

抗火能力級別	按牆最大應力 $\sigma_{c,max}$ 所得之最小 e 值(牆厚)及相對之最小 a 值			
	$\sigma_{c,max} < 0,15 f_{ck}$		$0,15 f_{ck} \leq \sigma_{c,max} < 0,30 f_{ck}$	
	e	a	e	a
CRF60	e	12	e	14
	a	1,5	a	2,5
CRF90	e	14	e	17
	a	2,5	a	3,5
CRF120	e	16	e	22
	a	3,5	a	4,5
CRF180	e	20	e	30
	a	5,5	a	6,5
CRF240	e	24	e	40
	a	7,5	a	8,5

七、拉桿

要確定主要受拉構件之抗火能力，其橫截面尺寸及配筋保護層厚度應遵守表二十五所示之條件，該表係相對全部面受燒之情況。

表二十五 拉桿

抗火能力級別	相對最小 a 值之最小 b 值 (cm)		按 b 值所得之最小 a 值 (cm)	
	b	a	b	a
CRF 60	b	12	b	$\geq 30$
	a	5,0	a	3,5
CRF 90	b	15	b	$\geq 40$
	a	6,5	a	4,5
CRF 120	b	20	b	$\geq 50$
	a	7,5	a	5,5
CRF 180	b	24	b	$\geq 60$
	a	9,0	a	7,0
CRF 240	b	28	b	$\geq 70$
	a	10,0	a	8,0

注意：b 值指拉桿橫截面之短邊

當考慮用高溫而導致拉桿變形時，該增長可能令結構功能受損，應考慮鋼筋彈性模量及熱膨脹系數隨溫度之變化。

## Anexo 3 Pré-esforços

## 附件三 預應力

## 1. Valor máximo do pré-esforço na origem

O valor máximo do pré-esforço na origem  $P_{o'}$ , traduzido pela correspondente tensão na armadura,  $\sigma_{po'}$ , não deve ser superior a 0,75 do valor característico da tensão de rotura,  $f_{puk}$ , nem exceder 0,85 do valor característico da tensão limite convencional de proporcionalidade a 0,1%,  $f_{p0,1k}$ , ou seja:

$$\sigma_{po'} \leq 0,75 f_{puk}$$

$$\sigma_{po'} \leq 0,85 f_{p0,1k}$$

## 2. Perdas instantâneas devidas a atritos ao longo das armaduras

Em elementos de betão pós-tensionados, as perdas de tensão por atrito ao longo das armaduras,  $\Delta\sigma_{po,fr}(x)$ , quando da aplicação do pré-esforço, podem ser calculadas pela expressão:

$$\Delta\sigma_{po,fr}(x) = \sigma_{po'} (1 - e^{-\mu(\beta+kx)})$$

em que:

$x$  distância da secção considerada à extremidade da armadura em que é aplicado o pré-esforço; no caso de ser aplicado em ambas as extremidades, a distância  $x$  será referida à extremidade que determina o maior valor de pré-esforço na secção;

$\sigma_{po'}$  tensão de tracção (positiva) correspondente ao pré-esforço na origem,  $P_{o'}$ ;

$\mu$  coeficiente de atrito entre a armadura de pré-esforço e a conduta;

$\beta$  soma dos valores absolutos (em radianos) dos ângulos de desvio do traçado da armadura de pré-esforço, ao longo da distância  $x$ ;

$k$  desvio angular parasita por unidade de comprimento.

Os valores de  $\mu$  e de  $k$  dependem basicamente das características das superfícies em contacto e das condições em que se encontram (lubrificadas, por exemplo) e devem, portanto, para cada tipo de armadura e de conduta, ser objecto de determinações experimentais.

Em elementos de betão pretensionados não há, em geral, que considerar perdas por atrito. Nos casos, porém, em que o traçado da armadura entre os dispositivos de aplicação de forças não seja livre, mas vinculado de qualquer forma, haverá que ter tal facto em consideração, determinando experimentalmente as perdas de tensão.

No caso de não se dispor de dados experimentais de confiança para a fixação dos valores de  $k$  e  $\mu$ , poderão adoptar-se para  $k$  o valor de 0,01 por metro e para  $\mu$  os valores seguintes:

para armaduras em condutas sem revestimento  $\mu = 0,50$

para cabos em feixe, constituídos por fios ou por cordões, em bainhas metálicas  $\mu = 0,30$

para cordões ou fios isolados, em bainhas metálicas  $\mu = 0,25$

## 一、最大之原始預應力值

最大之原始預應力值  $P_{o'}$ , 以相對之鋼筋應力表示時, 應不大於 0.75 乘以標準強度  $f_{puk}$ , 亦不大於 0.85 乘以規定非比例伸長應力 0.1% 之標準值  $f_{p0.1k}$ , 或

$$\sigma_{po'} \leq 0.75 f_{puk}$$

$$\sigma_{po'} \leq 0.85 f_{p0,1k}$$

## 二、沿鋼筋摩擦力所產生之瞬時損失

在後張法混凝土構件上施加預應力時, 沿鋼筋摩擦力所產生之應力損失  $\Delta\sigma_{po,fr}(x)$ , 可採用下列公式計算:

$$\Delta\sigma_{po,fr}(x) = \sigma_{po'} (1 - e^{-\mu(\beta+kx)})$$

此處:

$x$  從施加預應力鋼筋一端起計算之截面距離; 當預應力從兩端施加時,  $x$  距離由預應力較大之一端之截面起計算;

$\sigma_{po'}$  原始預應力  $P_{o'}$  之拉應力 (正值);

$\mu$  預應力鋼筋與套管之摩擦係數;

$\beta$  在距離  $x$  預應力鋼筋曲線角偏位總和之絕對值 (以弧度計算);

$k$  每單位長度之非特意角偏位。

$\mu$  及  $k$  值基本上視乎表面接觸之特徵及所遇上之情況 (例如使用潤滑設施), 因此應每一類之鋼筋及套管所用之值係由實驗結果決定。

通常先張法混凝土構件不用考慮摩擦損失。倘若當施加應力設備之間之鋼筋並非自由運作, 而係受任何形式束縛時, 在考慮該情況, 其應力損失須經由實驗而決定。

當無任何實驗結果來支持  $k$  及  $\mu$  值時,  $k$  得採用每單位長度 0.01/每米而  $\mu$  則可採用下列數值:

預埋不設保護層管鋼筋  $\mu = 0.50$

預埋鋼管由鋼絲或鋼絞線組成之束筋  $\mu = 0.30$

預埋鋼管之獨立鋼絲或鋼絞線  $\mu = 0.25$

Estes valores de  $\mu$  pressupõem que não são utilizados lubrificantes e que, no caso de cabos, todos os seus elementos são traccionados simultaneamente; o emprego de lubrificantes permitiria considerar valores menores, enquanto que deverão ser adoptados valores mais elevados se a aplicação de tensão aos elementos do cabo não for simultânea. Os valores de  $k$  são dependentes dos deslindamentos parasitas das bainhas e estão portanto relacionados com a rigidez das bainhas e a perfeição do seu posicionamento.

Note-se, finalmente, que a expressão apresentada em 2.1 pode, nos casos em que  $\mu(\beta+kx) < 0,20$ , ser substituída por:

$$\Delta\sigma_{po,fr}(x) = \sigma_{po}' [\mu(\beta+kx)]$$

3. Perdas instantâneas devidas à deformação do betão

Em elementos de betão pretensionados, as perdas de tensão devidas à deformação instantânea do betão,  $\Delta\sigma_{po,e}(x)$ , podem ser calculadas pela expressão:

$$\Delta\sigma_{po,e}(x) = -\frac{E_p}{E_{c,j}} \sigma_c(x)$$

em que:

$E_p$  módulo de elasticidade da armadura de pré-esforço;

$E_{c,j}$  módulo de elasticidade do betão com a idade que tem quando lhe são aplicadas as acções (pré-esforço e outras acções permanentes);

$\sigma_c(x)$  tensão de compressão (negativa) no betão, na secção  $x$ , calculada ao nível do centro mecânico da armadura de pré-esforço, resultante do pré-esforço aplicado e de outras acções permanentes actuantes.

Em elementos de betão pós-tensionados, haverá que considerar perdas deste tipo para atender aos efeitos da aplicação do pré-esforço em cada armadura sobre os pré-esforços das armaduras vizinhas, já tensionadas anteriormente.

De uma forma simplificada e nos casos em que as armaduras sejam iguais e se situem relativamente próximas umas das outras, poder-se-ão estimar as perdas referidas no artigo, assimilando-as a uma perda média, afectando cada uma das armaduras, dada por:

$$\Delta\sigma_{po,e}(x) = -\frac{1}{2} \frac{n-1}{n} \frac{E_p}{E_{c,j}} \sigma_c(x)$$

sendo  $n$  o número de armaduras e compreendendo  $\sigma_c(x)$  a totalidade do pré-esforço.

4. Perdas instantâneas nos dispositivos de amarração

As perdas de tensão devidas ao escorregamento da armadura no dispositivo de amarração, e à deformação ou deslocamento deste, devem ser convenientemente consideradas com base em resultados experimentais relativos ao sistema de pré-esforço em causa.

No caso de elementos pretensionados, as perdas deste tipo a considerar são as resultantes do deslizamento eventual da armadura em relação à sua amarração na mesa de fabrico.

該等  $\mu$  值假設不用潤滑設施及當用未筋時，所有線或絲應同時受拉；採用潤滑設施時，允許考慮較低之值，而若束筋之絲或絞線並非同時受拉時，應取用更高之值。 $k$  值視乎套管之偏移，因此與套管之剛度及其放位之完善性有關。

最後注意當  $\mu(\beta+kx) < 0.20$ ，第二·一節所呈之公式可用以下代替：

$$\Delta\sigma_{po,fr}(x) = \sigma_{po}' [\mu(\beta+kx)]$$

三、因混凝土變形而產生之瞬時損失

先張法混凝土構件因混凝土變形而產生之應力損失  $\Delta\sigma_{po,e}(x)$  得以下列公式計算：

$$\Delta\sigma_{po,e}(x) = -\frac{E_p}{E_{c,j}} \sigma_c(x)$$

此處：

$E_p$  預應力鋼筋之彈性模量；

$E_{c,j}$  受施加作用（預應力或其他永久作用）下混凝土在該齡期之彈性模量；

$\sigma_c(x)$  由施加預應力及其他外加永久作用所產生在截面  $x$  之混凝土壓應力（負值），計算位置為預應力筋之力學中心。

後張法混凝土所考慮之該類損失係理會到每一鋼筋在施加預應力之效應疊加在鄰近剛受預拉之鋼筋所引起之效應。

一簡化方式及當鋼筋係相同及位於相對地互相接近時，本條所指之損失得以一影響每一鋼筋之平均損失作估算如下：

$$\Delta\sigma_{po,e}(x) = -\frac{1}{2} \frac{n-1}{n} \frac{E_p}{E_{c,j}} \sigma_c(x)$$

$n$  指預應力鋼筋數目而  $\sigma_c(x)$  則指總預應力。

四、錨固設施之瞬時損失

因鋼筋錨固設施滑動及其變形或位移所導致之應力損失應適當地對有關之預應力系統以實驗結果作考慮。

先張法構件上所考慮之該類損失係由鋼筋對其在生產檯上錨固之滑動所得。

Note-se que estas perdas de tensão, no caso de elementos pós-tensionados, são máximas na extremidade da armadura e decrescem, devido ao atrito, para o interior do elemento, podendo mesmo anular-se a partir de uma certa distância da extremidade.

5. Outras perdas instantâneas de pré-esforço

Além das perdas referidas nos artigos anteriores, deverá ainda considerar-se a possibilidade de ocorrência de outras perdas instantâneas resultantes do processo particular de execução.

Em especial, no caso de elementos pretensionados, devem considerar-se como perdas instantâneas a perda de tensão devida a relaxação das armaduras, desde o seu traccionamento até à sua libertação, efectuada após a presa do betão já processada quando se efectua a referida libertação.

6. Pré-esforço inicial

A tensão na armadura de pré-esforço na secção x, devida ao pré-esforço inicial  $\sigma_{po}(x)$ , obtém-se da tensão na origem,  $\sigma_{po}$ , subtraindo-lhe o somatório das perdas instantâneas,  $\Sigma\Delta\sigma_{po,i}(x)$ , referidas nos (2) a (5). Será portanto:

$$\sigma_{po}(x) = \sigma_{po} - \Sigma\Delta\sigma_{po,i}(x)$$

7. Perdas diferidas resultantes da retracção e fluência do betão e da relaxação das armaduras

As perdas de tensão devidas à retracção e fluência do betão e à relaxação das armaduras,  $\Delta\sigma_{pt,s+c+r}(x)$ , devem ser determinadas tendo em conta a evolução destes fenómenos no tempo e considerando de modo adequado a sua interacção.

Em geral, e quando as armaduras de pré-esforço estejam tão próximas que possam ser assimiladas a uma única armadura, as perdas referidas podem ser determinadas de modo suficientemente aproximado pela expressão seguinte:

$$\Delta\sigma_{pt,s+c+r}(x) = - \frac{\epsilon_{cs}(t, t_0)E_p + \alpha \varphi_c(t, t_0) [\sigma_{c,g}(x) + \sigma_{c,po}(x)] - \Delta\sigma_{p,t-to,r}(x)}{1 - \alpha \frac{\sigma_{c,po}(x)}{\sigma_{po}(x)} \left[ 1 + \frac{\varphi_c(t, t_0)}{2} \right]}$$

em que

$t_0$  idade do betão à data em que foi aplicado o pré-esforço;

t idade do betão à data em que se pretende determinar as perdas de pré-esforço;

$\epsilon_{cs}(t, t_0)$  extensão devida à retracção livre do betão entre as idades  $t_0$  e t (sinal negativo para encurtamento);

$E_p$  módulo de elasticidade da armadura de pré-esforço;

$\alpha$  coeficiente de homogeneização aço-betão, considerando os valores do módulo de elasticidade do betão  $E_{c,28}$  indicados no artigo 30.º;

注意在後張法構件上該應力損失在鋼筋端係最大，因摩擦力而在構件內減少，可以從端部起之一段距離後該損失消除。

五、其他預應力瞬時損失

除前幾條所提及之損失外，亦應考慮因特別施工方法時所引發之瞬時損失之可能性。

特別在先張法構件上，應考慮瞬時損失為鋼筋放鬆前本身拉力之鬆弛所導致之應力損失，其效應用在從放鬆後即時混凝土之凝固狀態上。

六、起始預應力

$\sigma_{po}(x)$  在截面 x 上預應力筋之應力係從原始預應力  $\sigma_{po}$  減去第二至第五點所指之各種瞬時損失之總和  $\Sigma\Delta\sigma_{po,i}(x)$ 。因此；

$$\sigma_{po}(x) = \sigma_{po} - \Sigma\Delta\sigma_{po,i}(x)$$

七、混凝土收縮與蠕變及鋼筋鬆弛所引發之延時損失

混凝土收縮與蠕變及鋼筋鬆弛所引發之應力損失  $\Delta\sigma_{pt,s+c+r}(x)$ ，應從其隨時間之進化現象及考慮到本身互相作用之足夠方法來決定。

通常及當預應力鋼筋之間距離很近而且可用單一鋼筋作模擬時，所述之損失可用以下公式表示之足夠近似值方法：

$$\Delta\sigma_{pt,s+c+r}(x) = - \frac{\epsilon_{cs}(t, t_0)E_p + \alpha \varphi_c(t, t_0) [\sigma_{c,g}(x) + \sigma_{c,po}(x)] - \Delta\sigma_{p,t-to,r}(x)}{1 - \alpha \frac{\sigma_{c,po}(x)}{\sigma_{po}(x)} \left[ 1 + \frac{\varphi_c(t, t_0)}{2} \right]}$$

此處：

$t_0$  混凝土在施加預應力時之齡期；

t 混凝土在計算損失時之齡期；

$\epsilon_{cs}(t, t_0)$  由  $t_0$  至 t 之間混凝土自由收縮所產生之應變 (縮短為負值)；

$E_p$  預應力鋼筋之彈性模量；

$\alpha$  鋼筋與混凝土之同質性系數，混凝土彈性模量值按第三十條取用；

$\varphi_c(t, t_0)$  coeficiente de fluência na idade  $t$ , correspondente à aplicação da tensão na idade  $t_0$ ;

$\sigma_{c,g}(x), \sigma_{c,po}(x)$  tensões no betão na secção  $x$ , calculadas ao nível da armadura de pré-esforço, devidas às acções permanentes (com exclusão do pré-esforço) e ao pré-esforço inicial, respectivamente (sinal negativo para compressão);

$\sigma_{po}(x)$  tensão na armadura de pré-esforço, na secção  $x$ , devida ao pré-esforço inicial (sinal positivo);

$\Delta\sigma_{p,t-to,r}(x)$  perda de tensão na armadura de pré-esforço, na secção  $x$ , devida à relaxação entre  $t_0$  e  $t$ , calculada para uma tensão inicial dada por:

$$\sigma_p(x) = \sigma_{po+g}(x) - 0,3 \Delta\sigma_{p,t-s+c+r}(x)$$

sendo  $\sigma_{po+g}(x)$  a tensão na armadura devida ao pré-esforço inicial e às outras acções permanentes actuantes a partir da idade  $t_0$ .

A determinação da fluência e da retracção do betão deve ser feita de acordo com o exposto no artigo 31.º; no que se refere a relaxação do aço, a sua quantificação deve ser efectuada de acordo com o artigo 41.º

No presente artigo, porém, trata-se de quantificar as perdas de pré-esforço devidas à acção dos referidos factores, intervindo simultaneamente e, portanto, com efeitos interdependentes. A resolução do problema é em si bastante complexa mas, atendendo a que a quantificação precisa dos múltiplos parâmetros que influenciam o fenómeno é, em geral, muito difícil, nas situações correntes são aceitáveis soluções aproximadas do problema tais como a indicada no artigo.

Refira-se também que, frequentemente, além do pré-esforço inicial, interessa apenas conhecer o pré-esforço final, para o que basta calcular as perdas diferidas a tempo infinito. Para este efeito, com aproximação aceitável, pode utilizar-se a seguinte expressão:

$$\Delta\sigma_{p\infty,s+c+r}(x) = \Delta\sigma_{p\infty,s+c}(x) + \Delta\sigma_{p\infty,r}(x) \left[ 1 - \frac{2 \Delta\sigma_{p\infty,s+c}(x)}{\sigma_{po}(x)} \right]$$

em que:

$$\Delta\sigma_{p\infty,s+c}(x) = -\varepsilon_{cs}(t_\infty, t_0) E_p - \alpha \varphi_c(t_\infty, t_0) [\sigma_{c,g}(x) + \sigma_{c,po}(x)]$$

8. Pré-esforço final

A tensão na armadura de pré-esforço, na secção  $x$ , devida ao pré-esforço final  $\sigma_{p\infty}(x)$ , obtém-se da tensão devida ao pré-esforço inicial  $\sigma_{po}(x)$ , subtraindo-lhe as perdas diferidas a tempo infinito, calculadas de acordo com o (7). Será portanto:

$$\Delta\sigma_{p\infty}(x) = \sigma_{po}(x) - \Delta\sigma_{p\infty,s+c+r}(x)$$

$\varphi_c(t, t_0)$   $t$  齡期之蠕變系數，相對在  $t_0$  齡期時施加應力；

$\sigma_{c,g}(x), \sigma_{c,po}(x)$  分別指在截面  $x$  預應力鋼筋水平位置上因永久作用 (不包括預應力) 及起始預應力所產生之混凝土應力 (受壓為負)；

$\sigma_{po}(x)$  因起始預應力在截面  $x$  所產生在預應力鋼筋上之應力 (正值)；

$\Delta\sigma_{p,t-to,r}(x)$  截面  $x$  預應力鋼筋從  $t_0$  至  $t$  因鬆弛所引起之應力損失，由一起始應力，可按以下計算：

$$\sigma_p(x) = \sigma_{po+g}(x) - 0,3 \Delta\sigma_{p,t-s+c+r}(x)$$

$\sigma_{po+g}(x)$  指  $t_0$  齡期時起始預應力及其他永久作用所產生在鋼筋上之應力。

混凝土之蠕變及收縮應遵照第三十一條所示；有關鋼筋鬆弛之定值則應按第四十一條進行。

在本條處理預應力損失定值可由各參照因數同時介入之作用產生，因此有互依之效應。問題之解決本身係相當複雜，影響現象之多個參數要準確定值通常係十分困難，普通情況可接納對問題取用本條所指示之近似值解答。

同時要提及除起始預應力外，經常只感興趣對最終預應力作了解，為此祇需計算在無限時間下之延時損失，可用下列已被接納之近似值方法來計算：

$$\Delta\sigma_{p\infty,s+c+r}(x) = \Delta\sigma_{p\infty,s+c}(x) + \Delta\sigma_{p\infty,r}(x) \left[ 1 - \frac{2 \Delta\sigma_{p\infty,s+c}(x)}{\sigma_{po}(x)} \right]$$

此處：

$$\Delta\sigma_{p\infty,s+c}(x) = -\varepsilon_{cs}(t_\infty, t_0) E_p - \alpha \varphi_c(t_\infty, t_0) [\sigma_{c,g}(x) + \sigma_{c,po}(x)]$$

八、最終預應力

截面  $x$  預應力鋼筋由最終預應力  $\sigma_{p\infty}(x)$  所產生之應力由起始預應力  $\sigma_{po}(x)$  扣除按第七點計算無限時間下之延時損失，因此：

$$\sigma_{p\infty}(x) = \sigma_{po}(x) - \Delta\sigma_{p\infty,s+c+r}(x)$$

## 9. Transmissão do pré-esforço ao betão

As tensões induzidas no betão pelas armaduras de pré-esforço só poderão considerar-se linearmente distribuídas na secção transversal da peça a uma distância da extremidade dessas armaduras (distância de regularização), determinada com base no especificado nos números seguintes.

No caso de elementos pós-tensionados, a referida distância de regularização de tensões pode ser determinada, admitindo que as forças de pré-esforço se difundem, a partir do órgão de amarração, no interior de um ângulo de abertura  $\beta$ , tal que  $\text{tg}\beta=2/3$  (Figura 27). Quando tal difusão, partindo da alma, atinja o plano médio de um banzo, pode admitir-se que a difusão ao longo deste se faz também de forma idêntica.

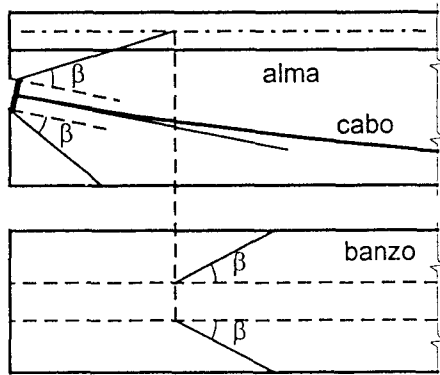


Figura 27. Regularização de tensões em elementos pós-tensionados.

No caso de elementos pré-tensionados, a distância de regularização,  $l_p$ , deve ser obtida pela expressão:

$$l_p = \sqrt{l_{bp}^2 + a^2}$$

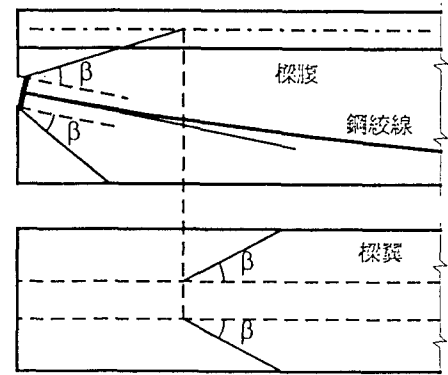
em que:

$l_{bp}$  comprimento de amarração da armadura de pré-esforço;  
 a distância entre o baricentro da armadura de pré-esforço e a fibra extrema mais afastada.

## 九、混凝土上之預應力傳送

預應力在混凝土引起之應力只可以從該鋼筋端後之一段距離開始設定為線性佈於構件橫截面上，該距離 (調整距離) 按以下幾點規定。

用後張法構件，所指之應力調整距離可從預應力之允許擴散範圍來決定，由錨固器開始，向構件內以一  $\text{tg}\beta = 2/3$  之  $\beta$  角擴散開去 (圖二十七)，當由樑腹擴至樑翼之間平面時，可允許以完全相同之方式沿該平面再擴散。



圖二十七：後張法構件應力之修正

用先張法構件，調整距離  $l_p$  應從以下公式獲取：

$$l_p = \sqrt{l_{bp}^2 + a^2}$$

此處：

$l_{bp}$  預應力鋼筋之錨固長度；  
 a 預應力鋼筋重心與最遠之極端纖維之距離。



Imprensa Oficial de Macau

澳門政府印刷署

PREÇO DESTE NÚMERO \$ 124,00

每份價銀一百二十四元正