

pondente ao texto da Constituição na redacção que lhe foi dada pela Lei Constitucional n.º 1/92, de 25 de Novembro.

#### Artigo 299.º

(Data e entrada em vigor da Constituição)

1. A Constituição da República Portuguesa tem a

data da sua aprovação pela Assembleia Constituinte, 2 de Abril de 1976.

2. A Constituição da República Portuguesa entra em vigor no dia 25 de Abril de 1976.

(D.R. n.º 218, I Série - A, de 20 de Setembro de 1997)

## GOVERNO DE MACAU

Decreto-Lei n.º 42/97/M

de 13 de Outubro

Com o objectivo de dotar o Território com regulamentação específica na área da construção civil, no âmbito do protocolo celebrado entre a Direcção dos Serviços de Solos, Obras Públicas e Transportes e o Laboratório de Engenharia Civil de Macau foi elaborada a Norma de Betões aprovada pelo presente diploma.

Depois de analisada diversa regulamentação sobre a matéria, para modelo de estrutura da Norma de Betões optou-se pela norma europeia EN 206, por definir regras sobre a especificação e o fabrico de betões, bem como sobre os procedimentos a utilizar com vista ao seu controlo de qualidade, que melhor se adaptam ao Território.

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 aprovada a Norma de Betões, anexa 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 da Norma de Betões.

#### Artigo 3.º

(Obras e processos em curso)

A Norma de Betões não é aplicável às obras em curso nem àquelas cujo processo de licenciamento decorra na DSSOPT à data da entrada em vigor do presente diploma.

#### Artigo 4.º

(Regime sancionatório)

O regime sancionatório aplicável pelo incumprimento da Norma de Betões é objecto de diploma próprio.

## 澳門政府

法令 第42/97/M號

十月十三日

爲使本地區有一在民用建築方面之專門規範，故在土地工務運輸司與澳門土木工程實驗室訂立之議定書範疇內制定了本法規所核准之《混凝土標準》。

在分析各種與這方面有關之規範後，選用了歐洲標準EN206作為《混凝土標準》之結構模式，以便就混凝土之規格及製造，以及就更適用於本地區之質量監控程序制定規則。

基於此；

經聽取諮詢會意見後；

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《混凝土標準》。

#### 第二條

(監察)

土地工務運輸司及其他促進公共工程之實體負責監察對《混凝土標準》之遵守。

#### 第三條

(正在進行之工程及程序)

《混凝土標準》不適用於本法規開始生效時正在進行之工程以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。

#### 第四條

(處罰制度)

因不遵守《混凝土標準》而適用之處罰制度爲專有法規之標的。

## Artigo 5.º

## (Revogação)

É revogado o Decreto n.º 404/71, de 23 de Setembro, estendido a Macau pela Portaria n.º 629/71, de 17 de Novembro, ambos publicados no *Boletim Oficial* n.º 49, de 4 de Dezembro de 1971.

## Artigo 6.º

## (Entrada em vigor)

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

Aprovado em 8 de Outubro de 1997.

Publique-se.

O Governador, *Vasco Rocha Vieira*.

## 第五條

## (廢止)

廢止經十一月十七日第629/71號訓令延伸至澳門之九月二十三日第404/71號命令，該命令及訓令均公布於一九七一年十二月四日第四十九期《政府公報》。

## 第六條

## (開始生效)

本法規於公布六十日後開始生效。

一九九七年十月八日核准。

命令公布。

總督 韋奇立

## NORMA DE BETÕES

## ARTIGO 1º

## (Objecto)

A presente Norma de Betões estabelece as regras a observar no fabrico, no transporte, na colocação e na cura do betão e os procedimentos para efectuar o controlo da qualidade.

## ARTIGO 2º

## (Referências normativas e outras)

EN 196 - 1	Métodos de ensaio de cimento – Determinação da resistência.
EN 196 - 2	Métodos de ensaio de cimento – Análise química do cimento.
EN 196 - 21	Métodos de ensaio de cimento – Determinação dos teores em cloretos, dióxido de carbono e álcalis.
EN 196 - 3	Métodos de ensaio de cimento – Determinação do tempo de presa e expansibilidade.
EN 196 - 6	Métodos de ensaio de cimento – Determinação da finura.
EN 196 - 7	Métodos de ensaio de cimento – Métodos de recolha e preparação de amostras de cimento.
EN 197 - 1	Cimento - Composição, especificação e critérios de conformidade: Cimentos comuns.
EN 451 - 1	Método de ensaio de cinza volante – Teor de óxido de cálcio livre.
EN 451 - 2	Método de ensaio de cinza volante – Finura por peneiração a seco.
EN 480 - 1	Adjuvantes para betão, argamassa e calda: Métodos de ensaio, Betão e argamassa de referência para ensaio.
EN 480 - 2	Adjuvantes para betão, argamassa e calda: Métodos de ensaio, Determinação do tempo de presa.
EN 480 - 4	Adjuvantes para betão, argamassa e calda: Métodos de ensaio, Determinação da exsudação do betão.
EN 480 - 5	Adjuvantes para betão, argamassa e calda: Métodos de ensaio, Determinação da absorção capilar.
EN 480 - 7	Adjuvantes para betão, argamassa e calda: Métodos de ensaio, Determinação da densidade de adjuvantes líquidos.
EN 480 - 8	Adjuvantes para betão, argamassa e calda: Métodos de ensaio, Determinação do teor em sólidos.
EN 480 - 9	Adjuvantes para betão, argamassa e calda: Métodos de ensaio, Determinação do pH.
EN 480 - 10	Adjuvantes para betão, argamassa e calda: Métodos de ensaio, Determinação do teor em cloretos.
EN 45011	Critérios gerais para organismos de certificação de produtos.
EN 45014	Critérios gerais para a declaração de conformidade.
ISO 1920: 1976	Ensaio de betão - Dimensões, tolerâncias e utilização das amostras para ensaio.

ISO 2736/1: 1986	Ensaio de betão – Preparação das amostras para ensaio – Parte 1: Amostragem de betão fresco.
ISO 2736/2: 1986	Ensaio de betão - Preparação das amostras para ensaio – Parte 2: Preparação e cura das amostras para ensaio de resistência.
ISO 4012: 1978	Betão - Determinação da resistência à compressão das amostras de ensaio.
ISO 4013: 1978	Betão - Determinação da resistência à flexão das amostras de ensaio.
ISO 4103: 1979	Betão – Classificação da consistência.
ISO 4108: 1980	Betão - Determinação da resistência ao arranque por tracção em provetas de ensaio.
ISO 4109: 1980	Betão fresco - Determinação da consistência – Ensaio de abatimento.
ISO 4110: 1979	Betão fresco - Determinação da consistência – Ensaio Vébê.
ISO 4111: 1979	Betão fresco - Determinação da consistência – Grau de compactação.
ISO 4848: 1980	Betão - Determinação do teor em ar de betão fresco – Método de pressão.
ISO 6275: 1982	Betão endurecido - Determinação da densidade.
ISO 6276: 1982	Betão fresco compactado - Determinação da densidade.
ISO 6782: 1982	Inertes para betão - Determinação da baridez.
ISO 6783: 1982	Inertes grossos para betão - Determinação da densidade das partículas e da absorção - Método da balança hidrostática.
ISO 7031	Betão endurecido - Determinação da profundidade de penetração de água em pressão.
ISO 7033: 1987	Densidade das partículas e absorção de inertes finos e grossos para betão (método do picnômetro).
ISO 7034	Carotes de betão endurecido – Extração, observação e ensaio em compressão.
ISO 8045	Betão endurecido - Determinação do índice esclerométrico.
ISO 8046	Betão endurecido - Determinação da resistência ao arranque.
ISO 8047	Betão endurecido - Determinação da velocidade de ultra-sons.
ISO 9297: 1989	Qualidade da água - Determinação do teor em cloretos : Nitrato de prata com indicador de crómio (método de Mohr).
ISO 9812	Betão fresco - Determinação da consistência – Ensaio de espalhamento.
ISO 9964: 1993	Qualidade da água - Determinação do sódio e potássio. Parte 3 - Determinação do sódio e potássio por espectrometria com emissão de chama.
ASTM C 40	Método de determinação de impurezas orgânicas em inertes finos para betão.
ASTM C 70	Método de determinação da água superficial em inertes finos.
ASTM C 117	Método de determinação do material de dimensão inferior a 75 lm em inertes minerais por peneiração húmida.
ASTM C 123	Método de determinação de partículas leves em inertes.

ASTM C 127	Método de determinação da massa volúmica e absorção de inertes grossos.	Acelerador de endurecimento - acelera o desenvolvimento das resistências iniciais do betão, afectando ou não o tempo de presa;
ASTM C 128	Método de determinação da massa volúmica e absorção de inertes finos.	Retardador de presa - prolonga o tempo de transição entre o estado plástico e o estado rígido do betão;
ASTM C 131	Método de determinação da resistência ao desgaste de inertes de pequena dimensão, por abrasão e impacto na máquina de Los Angeles.	Hidrófugo - reduz a absorção capilar no betão endurecido.
ASTM C 136	Método de análise da granulometria de inertes finos e grossos.	c) Amassadura
ASTM C 142	Método de determinação de argila e partículas friáveis em inertes.	Quantidade de betão amassado num ciclo de operações de uma betoneira, ou a quantidade de betão pronto transportada num veículo, ou a quantidade de betão descarregada durante um minuto de uma betoneira trabalhando em contínuo, ou ainda a operação que produz estas quantidades;
ASTM C 170	Método de determinação da resistência à compressão de rochas naturais.	d) Argamassa
ASTM C 227	Método de determinação da reactividade potencial com os álcalis dos cimentos - Misturas de inertes (método da barra de argamassa).	Material constituído pela mistura devidamente proporcionada de areia, cimento, água e, eventualmente, contendo adições e adjuvantes, que endurece conferindo à mistura coesão e resistência;
ASTM C 289	Método de determinação da reactividade potencial com os inertes (método químico).	e) Ar introduzido
ASTM C 403	Método de determinação da presa do betão pela resistência à penetração.	Ar intencionalmente introduzido no betão durante a amassadura, em geral através do uso de tensioactivos, e que se apresenta sob a forma de bolhas microscópicas de diâmetro entre 10 µm e 100 µm;
ASTM C 566	Método de determinação da humidade total dos inertes por secagem.	f) Ar ocluído
ASTM C 586	Método de determinação da reactividade potencial dos álcalis com inertes de betão provenientes de rochas carbonatadas (método do cilindro de rocha).	Vazios de ar que não foram propositalmente introduzidos no betão com dimensão igual ou superior a 1 mm;
ASTM D 422	Método de determinação da granulometria de solos.	g) Betão
ASTM D 511	Método de determinação do cálcio e magnésio na água.	Material constituído pela mistura devidamente proporcionada, de inertes grossos e areia, com cimento, água e eventualmente com adições e adjuvantes. Os produtos da reacção do cimento com a água têm a propriedade de fazer presa e endurecer conferindo à mistura coesão e resistência;
ASTM D 516	Método de determinação dos iões de sulfatos na água.	h) Betão endurecido
ASTM D 1252	Métodos de determinação da necessidade química de oxigénio da água.	Betão que endureceu e desenvolveu uma certa resistência;
ASTM D 1293	Método de determinação do pH da água.	i) Betão fabricado no local
ASTM D 1426	Método de determinação do nitrogénio amoniacal na água.	Betão doseado e amassado pelo empreiteiro, no local da obra ou na sua proximidade;
ASTM D 1888	Método de determinação de partículas e materiais dissolvidos, sólidos e resíduos na água.	j) Betão fresco
RILEM CPC7	Tracção directa. (Recomendação, 1975).	Betão ainda no estado plástico e capaz de ser compactado por métodos normais;
BS 812:Parte 110	Método de determinação da resistência ao esmagamento (ACV).	k) Betão pronto
BS 1881:Parte 120	Ensaio de betão - Método de determinação da resistência à compressão de carões de betão.	Betão doseado numa central exterior ou não ao local de construção, amassado em central fixa ou em camião betoneira, e entregue pelo produtor ao empreiteiro no estado fresco, pronto para uso no local de construção ou para enchimento do veículo do empreiteiro;
NP 1385	Betões. Determinação da composição do betão fresco.	l) Camião agitador
NP 1416	Águas. Determinação da agressividade para o carbonato de cálcio de águas de amassadura e das águas de contacto com betões.	Equipamento montado num chassis automotor, capaz de manter homogeneamente misturado durante o percurso um betão previamente amassado;
Norma de Macau	Cimentos - Composição, especificação, controlo de recepção e critérios de conformidade.	m) Camião betoneira
LECM 104	Determinação dos sulfatos na água de um solo.	Unidade misturadora de betão, geralmente montada num chassis automotor, capaz de produzir e entregar um betão homogeneamente misturado. Um camião betoneira pode ser utilizado como camião agitador;
LECM 105	Agregados. Determinação do teor de partículas moles.	n) Cimento
LECM 106	Determinação do índice volumétrico.	Material inorgânico finamente moído que, quando misturado com a água, forma uma pasta que faz presa e endurece em virtude das reacções e processos de hidratação e que se desenvolvem mesmo debaixo de água e que, depois de endurecer, mantém a sua resistência e estabilidade tanto no ar como na água;
LECM 107	Determinação da resistência à abrasão.	o) Controlo da qualidade

### ARTIGO 3º

#### ( Definições )

Para efeitos da presente Norma de Betões considera-se:

##### a) Adição

Material inorgânico finamente dividido que pode ser adicionado ao betão com a finalidade de melhorar certas propriedades ou para adquirir propriedades especiais. Existem dois tipos de adições, as quase inertes e as adições hidráulicas latentes;

##### b) Adjuvante

Substância adicionada, durante a amassadura dos constituintes do betão, em percentagem inferior a 5% da massa do cimento com o fim de modificar certas propriedades do betão, quer do betão fresco quer do betão endurecido. Os adjuvantes considerados são os seguintes:

Redutor de água ou plastificante - reduz a quantidade de água mantendo a trabalhabilidade ou, para a mesma quantidade de água aumenta a trabalhabilidade ou origina estes dois efeitos simultaneamente;

Redutor de água de alta gama ou superplastificante - reduz significativamente a quantidade de água mantendo a mesma trabalhabilidade ou, sem modificar a quantidade de água aumenta consideravelmente a trabalhabilidade ou origina estes dois efeitos simultaneamente;

Retentor de água - reduz a exsudação;

Acelerador de presa - diminui o tempo de transição entre o estado plástico e o estado rígido do betão;

Acelerador de endurecimento - acelera o desenvolvimento das resistências iniciais do betão, afectando ou não o tempo de presa;

Retardador de presa - prolonga o tempo de transição entre o estado plástico e o estado rígido do betão;

Hidrófugo - reduz a absorção capilar no betão endurecido.

##### c) Amassadura

Quantidade de betão amassado num ciclo de operações de uma betoneira, ou a quantidade de betão pronto transportada num veículo, ou a quantidade de betão descarregada durante um minuto de uma betoneira trabalhando em contínuo, ou ainda a operação que produz estas quantidades;

##### d) Argamassa

Material constituído pela mistura devidamente proporcionada de areia, cimento, água e, eventualmente, contendo adições e adjuvantes, que endurece conferindo à mistura coesão e resistência;

##### e) Ar introduzido

Ar intencionalmente introduzido no betão durante a amassadura, em geral através do uso de tensioactivos, e que se apresenta sob a forma de bolhas microscópicas de diâmetro entre 10 µm e 100 µm;

##### f) Ar ocluído

Vazios de ar que não foram propositalmente introduzidos no betão com dimensão igual ou superior a 1 mm;

##### g) Betão

Material constituído pela mistura devidamente proporcionada, de inertes grossos e areia, com cimento, água e eventualmente com adições e adjuvantes. Os produtos da reacção do cimento com a água têm a propriedade de fazer presa e endurecer conferindo à mistura coesão e resistência;

##### h) Betão endurecido

Betão que endureceu e desenvolveu uma certa resistência;

##### i) Betão fabricado no local

Betão doseado e amassado pelo empreiteiro, no local da obra ou na sua proximidade;

##### j) Betão fresco

Betão ainda no estado plástico e capaz de ser compactado por métodos normais;

##### k) Betão pronto

Betão doseado numa central exterior ou não ao local de construção, amassado em central fixa ou em camião betoneira, e entregue pelo produtor ao empreiteiro no estado fresco, pronto para uso no local de construção ou para enchimento do veículo do empreiteiro;

##### l) Camião agitador

Equipamento montado num chassis automotor, capaz de manter homogeneamente misturado durante o percurso um betão previamente amassado;

##### m) Camião betoneira

Unidade misturadora de betão, geralmente montada num chassis automotor, capaz de produzir e entregar um betão homogeneamente misturado. Um camião betoneira pode ser utilizado como camião agitador;

##### n) Cimento

Material inorgânico finamente moído que, quando misturado com a água, forma uma pasta que faz presa e endurece em virtude das reacções e processos de hidratação e que se desenvolvem mesmo debaixo de água e que, depois de endurecer, mantém a sua resistência e estabilidade tanto no ar como na água;

##### o) Controlo da qualidade

Acções e decisões, tomadas de acordo com especificações e verificações, que asseguram a satisfação das exigências especificadas;

##### p) Controlo da conformidade

Combinação de acções e decisões, tomadas de acordo com regras de conformidade previamente adoptadas;

##### r) Dosagem efectiva de água

Soma da água de amassadura com a água presente na superfície dos inertes, nos adjuvantes e nas adições;

##### s) Entrega

Processo de fornecimento de betão ao empreiteiro, normalmente por descarga do camião de betão pronto;

##### t) Ensaio inicial

Ensaio ou ensaios para estudar a composição do betão a fim de satisfazer todos os requisitos de comportamento nos estados fresco e endurecido, tendo em atenção os materiais constituintes a utilizar e as condições particulares na obra;

## u) Ensaio prévio

Ensaio dumha composição constituído por três amassaduras realizadas em dias diferentes na mesma central de betão, para demonstração de que as propriedades especificadas se verificam com uma margem adequada;

## v) Equipamento não agitador,

Camião, tremoinha de transporte ou outro equipamento utilizado para transporte de betão sem dispositivo de agitação;

## x) Inerte

Material constituído por substâncias naturais ou artificiais, britadas ou não, com partículas de tamanho e forma adequados para o fabrico de betão;

## z) Razão A/C

Razão entre a dosagem efectiva de água e a dosagem de cimento no betão.

## ARTIGO 4º

## ( Materiais constituintes )

## 1. Cimentos

Os tipos de cimentos que podem ser utilizados no fabrico de betão são os indicados na Norma de Cimentos.

## 2. Inertes

As características dos inertes, os documentos normativos e as exigências a satisfazer indicam-se no quadro 1.

**Quadro 1. Características dos inertes**

Características		Normas de ensaio	Exigências
Resistência mecânica dos inertes grossos (1)	resistência à compressão ou	ASTM C170	≥ 50 MPa
	resistência ao esmagamento ou	BS 812: Part 110	≤ 45 %
	desgaste Los Angeles(2)	ASTM C 131	≤ 50 %
Absorção de água (1)	inertes grossos	ISO 6783	absorção ≤ 5,0 %
	areias	ASTM C 128	absorção ≤ 5,0 %
Quantidades de matérias prejudiciais	matéria orgânica	ASTM C 40	não prejudicial
	partículas muito finas e matéria solúvel	ASTM C 117	areia natural ≤ 3,0 % areia britada ≤ 15,0 % godo ≤ 2,0 % brita ≤ 3,0 %
	partículas de argila	ASTM D 422	≤ 2,0 % da massa do cimento
	partículas friáveis	ASTM C 142	areia ≤ 1,0 % godo ou brita ≤ 0,25 %
	partículas moles	LECM 105	godo ou brita ≤ 5,0 %
	partículas leves (1)	ASTM C 123	areia ≤ 0,5 % godo ou brita ≤ 1,0 %
	Índice volumétrico	LECM 106	godo ≥ 0,12 brita ≥ 0,15
Reactividade potencial com os álcalis dos cimentos	Processo químico	ASTM C 289	negativo
	Processo da barra de argamassa	ASTM C 227	extensão ≤ $1,0 \times 10^{-3}$ ao fim de 6 meses
Reactividade com os sulfatos (3)		ASTM C 586	provetas de argamassa: ausência de fendilhamento e extensão < $0,5 \times 10^{-3}$ provetas de rocha: extensão < $1,0 \times 10^{-3}$ ao fim de 6 meses
Massa volúmica		ASTM C 127 ASTM C 128	(4)
Análise granulométrica		ASTM C 136	(4)
Tear de água total		ASTM C 566 ASTM C 70	(4)

(1) Os valores exigidos não se aplicam a inertes leves

(2) O ensaio de Los Angeles não é significativo para inertes calcários

(3) Este ensaio só é exigido quando os betões ficam em contacto com a água do mar ou com águas ou solos que contenham concentrações em sulfatos iguais ou superiores à da água do mar, ou ainda se os inertes contiverem feldspatos.

(4) Estas características são exigidas para o estudo de composição

### 3. Água de amassadura

Em geral a água da rede de abastecimento pode ser utilizada não necessitando de ser analisada. A água do mar não pode ser utilizada no fabrico de betão armado ou pré-esforçado. Águas de outras proveniências só podem ser utilizadas na amassadura se verificarem os requisitos indicados no quadro 2.

Quadro 2. Características da água para amassadura de betões

Característica	Normas de ensaio	Exigências	
		Betão simples	Betão armado e pré-esforçado
pH	ASTM D 1293	≥ 4	≥ 4
Resíduo dissolvido (g/dm <sup>3</sup> )	ASTM D 1888	≤ 35	≤ 10
Resíduo em suspensão (g/dm <sup>3</sup> )	ASTM D 1888	≤ 5	≤ 2
Materia orgânica (mg/dm <sup>3</sup> )	ASTM D 1252	≤ 500	≤ 500
Cloreto (mg/dm <sup>3</sup> )	ISO 9297	≤ 4500	≤ 600
Sulfato (mg/dm <sup>3</sup> )	ASTM D 516	≤ 2000	≤ 2000
Álcalis totais (mg/dm <sup>3</sup> )	ISO 9964	≤ 1000	≤ 1000

Em casos de dúvida, devem efectuar-se ensaios comparativos de resistência à compressão, aos sete dias, feitos em argamassas utilizando a água a ensaiar e água destilada ou desionizada. Estes ensaios devem ser feitos de acordo com a norma EN 196-1.

O valor médio da tensão de rotura à compressão, dos provetes preparados com a água a ensaiar deve ser, pelo menos, igual a 90% do valor médio da tensão de rotura obtida com os provetes preparados com a água destilada ou desionizada.

Quadro 4. Características suplementares, normas de ensaio e exigências a satisfazer por cada tipo de adjuvante

Tipos de adjuvante	Características	Normas de ensaio	Exigências <sup>(1)</sup>	
			Redução de água <sup>(2)</sup>	Resistência à compressão <sup>(2)</sup>
Plastificante	Redução de água <sup>(2)</sup>	ISO 4109	≥ 5% e ≤ 12%	
	Resistência à compressão <sup>(2)</sup>	ISO 4012	≥ 110% aos 28 dias	
	Redução de água <sup>(2)</sup>	ISO 4109	≥ 12%	
	Resistência à compressão <sup>(2)</sup>	ISO 4012	≥ 140% a 1 dia ≥ 115% a 28 dias	
	Aumento da consistência <sup>(3)</sup>	ISO 9812	≥ 160 mm para um espalhamento inicial de 380 ± 20 mm	
super-plastificante		ISO 4109	≥ 120mm para um abaixamento inicial de 70 ± 10 mm	
	Manutenção da consistência <sup>(3)</sup>	ISO 4109	pelo menos durante 30 min	
	Resistência à compressão <sup>(3)</sup>	ISO 4012	≥ 90% aos 28 dias	
	Retentor de água	Exsudação <sup>(2)</sup>	EN 480-4	≤ 50%
		Resistência à compressão <sup>(2)</sup>	ISO 4012	≥ 80% aos 28 dias
Acelerador de presa	Tempo de início de presa <sup>(2)</sup>	EN 480-2	≥ 30 min	
	Resistência à compressão <sup>(2)</sup>	ISO 4012	≥ 80% aos 28 dias aos 90 dias a resistência deve ser superior à obtida aos 28 dias	
Acelerador de endurecimento	Resistência à compressão <sup>(2)</sup>	ISO 4012	≥ 120% ao fim de 24 horas ≥ 90% aos 28 dias	
Retardador de presa	Tempos de início e fim de presa <sup>(2)</sup>	EN 480-2	Início: ≥ 90 min Fim: no máximo mais 360 min	
	Resistência à compressão <sup>(2)</sup>	ISO 4012	≥ 80% aos 7 dias ≥ 90% aos 28 dias	
Hidrófugos	Absorção capilar <sup>(4)</sup>	EN 480-5	≤ 50% aos 7 dias após os 7 dias de cura ≤ 60% aos 28 dias após 90 dias de cura	
	Resistência à compressão <sup>(4)</sup>	ISO 4012	≥ 80% aos 7 dias ≥ 90% aos 28 dias	

<sup>(1)</sup> Exigências a verificar em betões ou argamassas de referência definidos na norma EN 480 - 1, relacionando os resultados obtidos na composição de ensaio (i.e., com adjuvante) com os obtidos na composição de controlo (i.e., sem adjuvante).

<sup>(2)</sup> As composições de ensaio e de controlo desta característica têm igual consistência.

<sup>(3)</sup> As composições de ensaio e de controlo desta característica têm igual razão A/C.

<sup>(4)</sup> As composições de ensaio e de controlo desta característica têm igual consistência ou igual razão A/C.

### 4. Adjuvantes

Podem ser utilizados os seguintes tipos de adjuvantes classificados em função da sua acção principal: plastificantes, superplastificantes, retentores de água, aceleradores de presa, aceleradores de endurecimento, retardadores de presa e hidrófugos.

Os adjuvantes devem apresentar-se homogéneos e a sua cor deve ser uniforme. No caso de apresentarem segregação o fabricante deve indicar o processo de homogeneização. Devem satisfazer as exigências indicadas no quadro 3 quanto aos valores fornecidos pelo fabricante relativamente à massa volúmica, teor de sólidos, pH, teor de cloreto, teor de álcalis e teor de ar.

Cada tipo de adjuvante deve ainda observar as exigências indicadas para características específicas constantes no quadro 4.

Quadro 3. Características, normas de ensaio e exigências a satisfazer por todos os tipos de adjuvantes

Característica	Normas de ensaio	Exigências
pH	EN 480 - 9	± 1 do valor indicado ou dentro da gama de pH indicada pelo fabricante.
Massa volúmica	EN 480 - 7	± 0,03 se for >1,10 kg/dm <sup>3</sup> ± 0,02 se for < 1,10 kg/dm <sup>3</sup>
Teor de sólidos	EN 480 - 8	± 5% do valor indicado pelo fabricante
Teor de cloreto	EN 480 - 10	inferior ao indicado pelo fabricante
Teor de álcalis em Na <sub>2</sub> O	EN 196-21	inferior ao indicado pelo fabricante
Teor de ar no betão fresco	ISO 4848	no máximo 2% relativamente ao teor do betão de referência <sup>(1)</sup> , salvo indicação diferente do fabricante.

<sup>(1)</sup> Betões de referência conforme definidos na norma EN 480-1.

## 5. Adições

### a) Cinzas volantes

No quadro 5 apresentam-se as características físicas e químicas, os documentos normativos e as exigências a satisfazer para as cinzas volantes. Para além das exigências referidas e sempre que seja solicitado pelo comprador, deve ser fornecida a composição química das cinzas volantes nomeadamente os teores de sílica, de alumina, de óxido de ferro, de óxido de cálcio e de álcalis expressos em óxido de sódio. Estas determinações devem ser efectuadas segundo as normas EN 196-2 e EN 196-21.

**Quadro 5. Características das cinzas volantes para betão**

Características	Normas de ensaio	Exigências
Sílica reactiva	EN 197-1	≥ 25%
Perda ao rubro	EN 196-2	≤ 8,0% <sup>(1)</sup>
Cloreto	EN 196-21	≤ 0,10%
Sulfatos, SO <sub>3</sub>	EN 196-2	≤ 3,0%
Óxido de cálcio livre	EN 451-1	≤ 1,0% <sup>(2)</sup>
Óxido de magnésio	EN 196-2	≤ 4,0%
Finura	EN 451-2	≤ 40%
Índice de actividade <sup>(3)</sup>	-	aos 28 dias ≥ 75% aos 90 dias ≥ 85%
Expansibilidade <sup>(4)</sup>	EN 196-3	≤ 10 mm
Massa volúmica	EN 196-6	± 150 kg / m <sup>3</sup> relativamente ao indicado pelo fornecedor

<sup>(1)</sup> Podem ser aceites cinzas com teores de perda ao rubro até 10% se se demonstrar que o teor de carbono nas cinzas é inferior ou igual a 8,0%.

<sup>(2)</sup> Podem ser aceites cinzas com teores de óxido de cálcio livre até 2,5% desde que satisficiam o ensaio de expansibilidade.

<sup>(3)</sup> Razão, em percentagem, entre a resistência à compressão de provetes de argamassa preparada com 75% de cimento de referência (Tipo I - 42,5) e 25% de cinzas volantes, e a resistência à compressão de provetes de argamassa preparada apenas com cimento de referência, quando ensaiados com a mesma idade.

<sup>(4)</sup> Determinada numa pasta preparada com 50% de cinzas e 50% de cimento de referência, no caso do teor de óxido de cálcio livre ser não inferior a 1,0% em massa.

### b) Outras adições

A utilização no betão de outras adições como a sílica de fumo, as pozolanas e as escórias de alto forno fica dependente de autorização prévia da DSSOPT.

## ARTIGO 5º

### ( Requisitos básicos para a composição do betão )

#### 1. Generalidades

A composição do betão, isto é, a dosagem de cimento, de inertes, de água e ainda de adições e de adjuvantes, deve ser seleccionada de maneira a satisfazer os critérios de comportamento para o betão fresco e para o betão endurecido quanto à consistência, densidade, resistência, durabilidade e protecção das armaduras contra a corrosão. A composição deve ser estudada de modo a minimizar a possibilidade de segregação e exsudação do betão fresco e deve permitir obter uma trabalhabilidade compatível com o método de construção a utilizar. Em todos os casos o betão deve satisfazer os requisitos básicos indicados no presente artigo e no artigo 6º.

#### 2. Compacidade do betão

O betão deve ter uma composição tal que, quando compactado de acordo com a norma ISO 2736, Parte 2, apresente uma estrutura fechada, isto é, um teor de ar no betão fresco inferior a 3%.

#### 3. Tipos de cimento, dosagem de cimento e razão A/C

A escolha do cimento deve ter em conta o tipo de betão (simples, armado ou pré-esforçado), o desenvolvimento de calor no betão, as dimensões da estrutura e as condições ambientais a que está exposta. A dosagem mínima de cimento e a máxima razão A/C dependem das condições ambientais e do tipo de betão como indicado no quadro 9. Quaisquer outras exigências relativas às propriedades do betão, como por exemplo a impermeabilidade à água, devem também ser consideradas ao fixar a dosagem de cimento.

As dosagens mínimas de cimento e as máximas razões A/C estabelecidas no quadro 9 só devem ser consideradas para os cimentos referidos no n.º 1 do artigo 4º.

Nos casos em que se adicionam cinzas volantes ao betão com cimento do tipo I as quantidades indicadas no quadro 9 correspondem à mistura de cimento com cinzas volantes, devendo sempre observar-se as classes mínimas de resistência correspondentes. Quando se adiciona mais do que 25% de cinzas volantes a verificação da resistência mínima do betão pode ser feita aos 90 dias de idade.

#### 4. Inertes

A máxima dimensão do inerte tem de ser escolhida de modo que o betão possa ser colocado e compactado à volta das armaduras sem que haja segregação. A máxima dimensão do inerte não deve exceder:

- um quarto da menor dimensão do elemento estrutural;
- a distância livre entre os varões da armadura ou das bainhas de pré-esforço diminuída de 5 mm;
- 1,3 vezes a espessura do recobrimento das armaduras.

Um inerte pode ser considerado da mesma classe granulométrica quando o seu módulo de finura não variar mais do que 0,20.

#### 5. Reacção álcali-sílica

Alguns inertes podem conter variedades particulares de sílica susceptíveis de reagirem com os álcalis do ligante. Para evitar ou minimizar as consequências da reacção álcali-sílica convém limitar a quantidade total de álcalis no betão o que se poderá conseguir utilizando:

- um cimento com um teor de álcalis não superior a 0,6% expresso em Na<sub>2</sub>O;
- um cimento pozolânico;
- inertes não reactivos;
- limitando o grau de saturação do betão.

#### 6. Teor de cloreto no betão

No betão, o teor de cloreto, referido à massa de cimento, não deve exceder os valores indicados no quadro 6.

**Quadro 6. Teor máximo de cloreto no betão**

Tipo de betão	Teor de cloreto ( em relação à massa de cimento )
Betão simples	-
Betão armado	0,4%
Betão pré-esforçado	0,2%

#### 7. Consistência durante a betonagem

A consistência deve ser tal que o betão fresco seja trabalhável sem segregação e possa ser totalmente compactado nas condições existentes no local.

#### 8. Adjuvantes

A quantidade total de adjuvantes não deve exceder 50 g/kg de cimento e não convém utilizar quantidades inferiores a 2 g/kg de cimento. Só são permitidas quantidades inferiores de adjuvantes se estes forem dispersos numa parte da água de amassadura. Sempre que a quantidade de adjuvantes líquidos excede 3 litros/m<sup>3</sup> de betão, a água dos adjuvantes deve ser considerada no cálculo da razão A/C.

Os adjuvantes à base de cloreto de cálcio ou de outros cloreto não devem ser adicionados ao betão armado, betão pré-esforçado e betão contendo metal embebido.

#### 9. Adições

A substituição de parte do cimento do tipo I por adições, para além de permitir a utilização de subprodutos industriais com vantagens económicas e ambientais, pode conduzir à melhoria das propriedades do betão quer sob o ponto de vista de colocação quer de durabilidade.

A utilização de cinzas volantes diminui a exsudação, retarda o início de presa e aumenta a trabalhabilidade facilitando a bombagem. A sua incorporação no betão reduz a resistência inicial, mas pode conduzir a resistências a longo prazo iguais ou superiores às do betão com cimento do tipo I quando a percentagem de substituição do cimento não ultrapassa 30 a 40%. Quando a percentagem de cinzas volantes utilizadas é superior a 30 ou 40%, o betão resiste melhor à ação dos sulfatos e à reacção álcali-sílica, mas as resistências mecânicas podem ser comprometidas.

#### 10. Temperatura do betão

A temperatura do betão fresco não deve exceder 35°C nem ser inferior a 5°C durante o tempo que decorre entre a amassadura e a colocação em obra.

## 11. Durabilidade

Para produzir um betão durável, que proteja as armaduras contra a corrosão e suporte satisfatoriamente as condições ambientais e de serviço durante o seu tempo de vida útil, deve ter-se em consideração o seguinte:

- utilizar na sua constituição materiais adequados isto é, que não contenham elementos prejudiciais que afectem a durabilidade do betão ou provoquem a corrosão das armaduras;
- selecionar uma composição do betão de tal modo que satisfaça todos os critérios de comportamento estabelecidos para o betão fresco e endurecido, e que permita a colocação e compactação do betão de modo a formar um revestimento denso nas armaduras. Por outro lado deve ainda suportar acções internas (ver nº 5) bem como resistir a acções externas como por exemplo as influências do clima e ataques mecânicos como a abrasão;
- a amassadura, a colocação e a compactação do betão fresco devem ser feitas de modo que os constituintes do betão fiquem distribuídos uniformemente na massa, sem segregação, e o betão adquira uma estrutura fechada;
- a cura do betão deve ser feita de modo que a zona superficial (recobrimento das armaduras) adquira as propriedades potenciais que se esperam da composição (ver nº 6 do artigo 8º).

Todos os aspectos acima referidos devem ser controlados e verificados através de um controlo da produção, efectuado pelo empreiteiro ou fornecedor, em função das atribuições específicas de cada um (ver artigo 9º).

## 12. Resistência às acções do ambiente

Entende-se por acções do ambiente as acções químicas e físicas a que o betão está exposto e das quais resultam efeitos não considerados como cargas no projecto estrutural. No quadro 7 apresentam-se as classes de exposição correspondentes aos diferentes tipos de ambientes a que o betão pode ficar exposto.

**Quadro 7. Classes de exposição relacionadas com as condições ambientais**

Classes de exposição	Exemplo de condições ambientais
1	betão sem contacto directo com águas ou solos
2	betão exposto ao ar, a águas ou solos não agressivos
3	betão em contacto com água do mar ou solos agressivos (ver quadro 8)

No quadro 8 estabelecem-se as determinações a efectuar para caracterizar as águas e solos agressivos, sendo apenas necessário que se verifique só uma das condições para que sejam considerados agressivos.

**Quadro 8. Características de águas ou solos agressivos**

Determinações	Exigências	Normas de ensaio
pH	< 5,0	ASTM D 1293
Dióxido de carbono livre, CaCO <sub>3</sub> (mg/dm <sup>3</sup> )	>150	NP 1416
Azoto amoniacal, NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/dm <sup>3</sup> )	>50	ASTM D 1426
Magnésio, Mg <sup>2+</sup> (g/dm <sup>3</sup> )	>2	ASTM D 511
Sulfatos, SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (g/dm <sup>3</sup> )	>2	ASTM D 516
Sulfatos no solo, SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (g/kg)	>8	LECM 104

No quadro 9 é estabelecida a dosagem mínima de cimento e a máxima razão A/C e as classes mínimas de resistência que devem ser observadas quando se consideram as três classes de exposição ambiental.

**Quadro 9. Requisitos de durabilidade relacionados com a exposição ambiental**

Requisitos	Classes de exposição		
	1	2	3
Dosagem mínima de cimento (kg/m <sup>3</sup> )			
• betão simples	230	260	330
• betão armado	300	330	350
• betão pré-esforçado	330	350	380
Máxima razão A/C			
• betão simples	0,70	0,65	0,55
• betão armado	0,60	0,55	0,50
• betão pré-esforçado	0,55	0,50	0,45
Classe mínima de resistência			
• betão simples	B15	B20	B30
• betão armado	B25	B30	B35
• betão pré-esforçado	B30	B35	B40

## ARTIGO 6º

### ( Especificação de betão )

#### 1. Propriedades

Para especificar um betão devem ser sempre definidos os seguintes elementos:

- classe de resistência do betão;
- tipo e classe de resistência do cimento;
- máxima dimensão do inerte;
- limitações básicas na composição de acordo com a utilização do betão, por exemplo as resultantes das diferentes classes de exposição;
- classe de consistência.

O betão endurecido é classificado de acordo com a resistência à compressão uniaxial, aos 28 dias, determinada em cubos de 150 mm conforme indicado no quadro 10. Pode também determinar-se a resistência em cilindros de 150 mm de diâmetro por 300 mm de altura, devendo neste caso adoptar-se a relação entre as resistências dos cubos e dos cilindros de acordo com o indicado no quadro 10.

**Quadro 10. Classes de resistência do betão**

Classe de resistência	B15	B20	B25	B30	B35	B40	B45	B50	B55	B60	B70	B80
Cubos (MPa)	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	80
Cilindros (MPa)	12	16	20	24	28	32	36	40	45	50	60	70

A consistência do betão fresco pode ser determinada por ensaios de abaixamento, Vêbê, compactação ou espalhamento, cujas classes são as indicadas nos quadros 11, 12, 13 e 14, respectivamente. Salienta-se que estas quatro classes não são directamente relacionáveis.

**Quadro 11. Classes de abaixamento**

Classe	Abaixamento (mm)
S1	10 a 40
S2	50 a 90
S3	100 a 150
S4	≥ 160

**Quadro 12. Classes Vêbê**

Classe	Vêbê (segundos)
V0	≥ 31
V1	30 a 21
V2	20 a 11
V3	10 a 5*
V4	≤ 4

Quadro 13. Classes de compactação

Classe	Grau de compactabilidade
C0	$\geq 1,46$
C1	1,45 a 1,26
C2	1,25 a 1,11
C3	1,10 a 1,04

Quadro 14. Classes de espalhamento

Classe	Diâmetro de espalhamento
F1	$\leq 340$
F2	350 a 410
F3	420 a 480
F4	490 a 600

Em certas condições devem ainda indicar-se elementos adicionais relativos às características da composição e às propriedades do betão endurecido. Estes elementos devem ser indicados com os métodos de ensaio respectivos.

a) Elementos adicionais sobre as características da composição:

- teor de ar;
- desenvolvimento acelerado da resistência;
- desenvolvimento de calor durante a hidratação;
- hidratação retardada;
- requisitos especiais para os inertes;
- requisitos especiais quanto à resistência à reacção álcali-sílica;
- requisitos especiais relativos à temperatura do betão fresco;
- outros requisitos técnicos adicionais.

b) Elementos adicionais sobre as propriedades do betão endurecido:

- massa volúmica;
- resistência à penetração da água;
- resistência ao ataque químico;
- resistência à abrasão;
- resistência às altas temperaturas;
- absorção capilar;
- módulo de elasticidade;
- retracção e fluência.

Quando se pretender obter um betão impermeável deve ser verificada a resistência à penetração de água e satisfeitas as exigências da alínea g) do n.º 3 do artigo 9º.

Para pavimentos rodoviários ou quando se pretender obter um betão com resistência à abrasão o betão deve satisfazer as seguintes exigências adicionais:

- classe de resistência não inferior a B40;
- inertes britados;
- proporção elevada de inertes grossos;
- prolongamento do tempo de cura, de acordo com a alínea c) do n.º 6 do artigo 8º.

Para o betão pronto devem ainda indicar-se as condições de transporte e os procedimentos no local (a indicar pelo empreiteiro), como por exemplo:

- quantidade de betão;
- hora de entrega;
- transporte especial no local da obra (bombagem, tela transportadora);
- tipo (equipamento agitador/não agitador), tamanho, altura ou peso do veículo de transporte.

## 2. Métodos de ensaio

### a) Betão fresco

Os métodos de ensaio a utilizar na determinação das propriedades do betão fresco são indicados no quadro 15.

Quadro 15. Propriedades do betão fresco e métodos de ensaio

Propriedades	Normas de ensaio
Consistência Vêbê <sup>(1)</sup>	ISO 4109
	ISO 4110
	ISO 4111
	ISO 9812
Massa volúmica	ISO 6276
Teor de ar	ISO 4848
Razão A/C	NP 1385
Tempos de presa	ASTM C 403

<sup>(1)</sup> Ver classificação no quadro 11

<sup>(2)</sup> Ver classificação no quadro 12

<sup>(3)</sup> Ver classificação no quadro 13

<sup>(4)</sup> Ver classificação no quadro 14

### b) Betão endurecido

Os métodos de ensaio a utilizar na determinação das propriedades do betão endurecido são indicados no quadro 16.

Quadro 16. Propriedades do betão endurecido e métodos de ensaio

Propriedade	Norma de ensaio
Resistência mecânica à:	
compressão	ISO 4012
flexão	ISO 4013
tracção por compressão linear	ISO 4108
tracção uniaxial	RILEM CPC7
Resistência à abrasão	LECM 107
Resistência à penetração da água	ISO 7031
Massa volúmica	ISO 6275 <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> A massa volúmica do betão endurecido pode também ser determinada pela norma ISO 4012 quando se conhece a razão entre a massa volúmica do betão, seco em estufa, e a massa volúmica aparente.

## ARTIGO 7º

### ( Fabrico de betão )

#### 1. Pessoal

No local de fabrico deve existir uma pessoa com conhecimentos e experiência adequados responsável pelo fabrico e, no caso do betão pronto, também pela entrega. Na sua ausência, deve estar presente o seu representante devidamente qualificado. Deve também existir uma pessoa encarregada do controlo de fabrico, com conhecimentos e experiência apropriados da tecnologia do betão, ou seja, dos métodos de fabrico, de ensaio e de controlo.

#### 2. Equipamento e instalações

##### a) Armazenamento de materiais

Devem estar disponíveis as quantidades adequadas de materiais, cimentos, inertes, adições e adjuvantes que garantam a manutenção do ritmo planeado de fabrico e de entrega. Os diferentes tipos de materiais devem ser transportados e armazenados de forma a evitar a sua mistura, contaminação e deterioração.

O cimento e as adições devem ser protegidos da humidade e de impurezas durante o transporte e armazenamento. Os vários tipos e classes de cimento e as adições devem estar claramente identificados e armazenados de modo a excluir qualquer possibilidade de engano. O cimento em saco deve ser armazenado de tal forma que seja utilizado segundo a ordem de entrega.

Os inertes de diferentes granulometrias ou tipos, se forem entregues separadamente, não devem ser misturados inadvertidamente. A segregação das diferentes fraccões não deve ser permitida.

Os adjuvantes devem ser transportados e armazenados de modo que a sua qualidade não seja afectada por acções físicas ou químicas e estar claramente identificados de modo a excluir qualquer possibilidade de engano.

Devem existir meios que permitam uma colheita fácil das amostras dos materiais nos locais de armazenamento, transporte e medição.

**b) Equipamento de dosagem**

A precisão do equipamento de medição deve satisfazer os valores mínimos indicados no quadro 17 e em condições normais de utilização, permitir obter a precisão no doseamento dos materiais conforme indicado no quadro 18.

Cada divisão da escala convém que represente uma massa não superior a 1/500 do valor máximo da escala.

Quadro 17. Precisão do equipamento de medição

Posição na escala ou do indicador digital	Precisão na instalação	Precisão em operação
entre 0 e 1/4 do valor máximo da escala ou do indicador digital	0,5% de 1/4 do valor máximo da escala	1,0%
de 1/4 ao valor máximo da escala ou do indicador digital	0,5% do valor da leitura efectuada	1,0%

**c) Betoneiras**

As betoneiras devem ser capazes de conseguir uma distribuição uniforme dos materiais constituintes e uma trabalhabilidade uniforme num determinado tempo de mistura, de acordo com a sua capacidade.

Os camiões betoneira devem estar equipados de modo que o betão entregue esteja homogeneamente amassado.

**3. Doseamento dos materiais constituintes**

Para a amassadura de cada betão deve dispor-se de instruções escritas referentes à amassadura, pormenorizando o tipo e a quantidade dos materiais constituintes.

O doseamento dos materiais constituintes deve ser feito com a precisão indicada no quadro 18.

O cimento, os inertes e as adições na forma de pó convém que sejam doseados em peso, sendo contudo permitidos outros métodos se se puderem obter as precisões exigidas no doseamento. A água, os adjuvantes e as adições líquidas podem ser doseadas em peso ou em volume.

Quadro 18. Precisão no doseamento dos materiais

Material	Precisão
Cimento	± 3% da quantidade requerida
Água	
Inertes	
Adições	
Adjuvantes	± 5% da quantidade requerida

**4. Amassadura do betão**

A mistura dos constituintes deve ser feita numa betoneira ou camião-betoneira até que se obtenha uma mistura uniforme. A amassadura considera-se iniciada a partir do momento em que todos os materiais se encontram na betoneira. As betoneiras não devem ser carregadas para além da sua capacidade útil.

Se os adjuvantes são adicionados em pequenas quantidades eles devem ser adicionados numa parte da água da amassadura (ver nº 8 do artigo 5º).

Quando no local tiverem de ser adicionados adjuvantes redutores de água de alta gama, convém amassar uniformemente o betão antes de adicionar o adjuvante devido à curta duração dos seus efeitos. Após a adição do adjuvante, o betão deve ser novamente amassado até que o adjuvante esteja completa e uniformemente disperso na massa.

Não é permitida qualquer outra alteração da composição do betão durante o transporte, recepção e colocação.

**ARTIGO 8º**

## ( Transporte, colocação e cura de betão fresco )

**1. Pessoal**

O pessoal envolvido no transporte, colocação e cura de betão deve ter conhecimentos, qualificação e experiência adequados para exercer a sua função específica.

No local da obra deve existir uma pessoa com experiência e conhecimentos adequados encarregada da recepção de betão e responsável pelas operações de transporte no local, de colocação e de cura. Esta pessoa ou um seu representante, devidamente qualificado, deve estar presente durante a colocação de betão.

**2. Transporte**

Deverem ser tomadas medidas apropriadas para evitar a segregação de materiais, perda de constituintes ou contaminação durante o transporte e a descarga.

O tempo máximo de transporte de betão depende essencialmente da sua composição e das condições atmosféricas.

**3. Entrega****a) Informação do fabricante no caso de betão pronto**

O empreiteiro deve solicitar informações sobre a composição de betão para proceder adequadamente à colocação e cura de betão fresco e também para avaliar o desenvolvimento da resistência na estrutura. Tais informações devem ser fornecidas pelo fabricante, a pedido, antes ou durante a entrega conforme mais adequado. A informação a fornecer é a seguinte:

- tipo, classe de resistência e origem do cimento;
- tipo de inertes e respectivas características;
- tipo de adjuvantes e especificações técnicas do fabricante;
- tipo e dosagem das adições, se for o caso;
- razão A/C;
- resultados de ensaios prévios relevantes para a composição, por exemplo, do controlo de fabrico ou de ensaios iniciais.

Esta informação pode também ser obtida através do catálogo de composições de betão do fornecedor, no qual se indicam as classes de resistência e do desenvolvimento da resistência, classes de consistência, as dosagens e outras indicações relevantes.

**b) Guia de remessa no caso de betão pronto**

O fabricante, antes de descarregar o betão, deve fornecer ao empreiteiro uma guia de remessa para cada entrega, na qual vêm impressas, estampadas ou escritas, pelo menos as seguintes informações:

- nome da central fornecedora de betão pronto;
- número de série da guia;
- data e hora da amassadura, i.e., do primeiro contacto entre o cimento e a água;
- matrícula do camião;
- nome do empreiteiro;
- nome e localização do estaleiro;
- especificação, pormenores ou referências a especificações, por exemplo, número de código, número do pedido;
- volume de betão entregue, em metros cúbicos;
- nome ou marca do organismo certificador, se for o caso;
- classe de resistência;
- classe de exposição ou limitação correspondente da composição;
- classe de consistência;
- tipo de cimento e classe de resistência;
- tipo de adjuvante e de adição, se for o caso;
- propriedades especiais.

**c) Entrega no caso de betão fabricado no local pelo empreiteiro**

No caso de betão fabricado no local pelo empreiteiro, em obras importantes ou quando se fabricam vários tipos de betão, devem ser fornecidos os elementos relevantes indicados na alínea anterior.

**4. Consistência na entrega**

Se na entrega a consistência do betão não estiver conforme o especificado na alínea d) do n.º 3 do artigo 9º, o betão pode ser rejeitado.

**5. Colocação e compactação**

Após a amassadura, o betão deve ser colocado tão cedo quanto possível a fim de minimizar a perda de trabalhabilidade. A colocação do betão deve ser efectuada no prazo máximo de uma hora e trinta minutos, após o início da amassadura. No caso de serem utilizados adjuvantes retardadores, o tempo útil de colocação do betão deve ser devidamente justificado através de ensaios prévios para determinação do início de presa.

A altura de queda livre do betão durante a colocação deve ser limitada de forma a evitar a sua segregação, não sendo de aceitar alturas de queda superiores a três metros.

O betão deve ser cuidadosamente compactado durante a colocação, especialmente à volta das armaduras do betão armado ou pré-esforçado, das bainhas e das amarragens, e ainda nos cantos das cofragens, de modo que se forme uma massa compacta, livre de vazios, em particular na zona do recobrimento das armaduras.

Enquanto se coloca e compacta o betão, deve haver o cuidado de não deslocar ou danificar as armaduras, cabos pré-tensionados, bainhas, ancoragens e cofragens.

Em caso de haver exigências especiais para o acabamento da superfície, estas devem ser objecto de especificações adicionais.

Quando se utilizam vibradores, convém que a vibração seja aplicada continuamente durante a colocação de cada amassadura de betão e, de modo a não provocar segregação, até que praticamente cesse a expulsão de ar.

## 6. Cura e protecção

### a) Generalidades

Para que se obtenham no betão as propriedades potenciais esperadas, em especial na zona superficial, são necessárias uma cura e protecção adequadas durante um período conveniente. A cura é uma prevenção contra a secagem prematura, particularmente devida a humidades relativas ambientais baixas e ao vento, enquanto a protecção é uma prevenção contra o arrastamento de finos pela chuva ou água corrente, o arrefecimento rápido durante os primeiros dias após a colocação, as grandes diferenças de temperaturas internas, bem como a vibração e o impacto que podem romper o betão e interferir com a sua aderência às armaduras.

A prevenção contra a secagem consiste em impedir ou reduzir drasticamente a evaporação da água do betão, aplicando à superfície do betão os métodos de cura a seguir indicados (cura externa).

Admite-se no entanto que aquela prevenção possa ser feita no próprio interior do betão, recorrendo a adjuvantes, do tipo retentores de água.

Após a compactação do betão, convém iniciar a cura e a protecção tão cedo quanto possível. A cura deve ser iniciada assim que estiverem terminadas as operações de acabamento das superfícies do betão e sem as danificar. Eventualmente pode ser necessário fazer uma cura prévia antes das operações de acabamento para evitar a fendiulação por retracção plástica.

### b) Métodos de cura

Os métodos que a seguir se indicam podem ser utilizados separadamente ou combinados e devem ser definidos antes do início do trabalho no local. Os métodos para a cura de betão podem dividir-se em métodos com e sem utilização de água:

#### Métodos com utilização de água:

- cobertura das superfícies do betão com materiais saturados de água limpa e protecção destes materiais contra a secagem com membranas plásticas, impermeáveis ao vapor de água;
- aspersão da superfície do betão com água limpa, de forma a manter aquela superfície contínua e visivelmente húmida;
- manutenção de uma camada de água limpa sobre as superfícies do betão.

#### Métodos sem utilização de água:

- manutenção da cofragem no lugar, com cura das superfícies expostas por um dos restantes métodos;
- cobertura das superfícies do betão com membranas plásticas com espessura mínima de 0,125 mm impermeáveis ao vapor de água, fixas às peças e sem juntas abertas, de forma a evitar correntes de ar entre a membrana e a superfície do betão;
- pintura com membrana de cura.

### c) Tempo de cura

No quadro 19 indica-se o tempo mínimo de cura em função do tipo de estrutura e do tipo de cimento.

Quadro 19. Tempos mínimos de cura

Tipo de estrutura	Cimento do tipo I	Outros tipos de cimento ou cimento do tipo I com adições
de retenção de águas ou com exigências de impermeabilidade	7 dias	9 dias
pavimentos rodoviários e betão resistente à abrasão	9 dias	12 dias
outros tipos	4 dias	5 dias

Em alternativa o tempo mínimo de cura pode ser definido pela idade em que a resistência do betão atinge 70% do valor da classe de resistência especificada, excepto em estruturas de retenção de águas ou com exigências de impermeabilidade, ou em pavimentos rodoviários e betão resistente à abrasão, em que o tempo mínimo de cura pode ser definido pela idade em que a resistência do betão atinge 85% do valor da classe de resistência especificada.

## ARTIGO 9º

### ( Procedimentos para o controlo da qualidade )

#### 1. Generalidades

O fabrico, a colocação e a cura de betão devem ser sujeitos ao controlo da qualidade. O controlo da qualidade compreende duas partes distintas, o controlo da produção e o controlo da conformidade.

#### 2. Controlo da produção

##### a) Generalidades

O controlo da produção compreende todas as medidas necessárias para manter e regular a qualidade do betão em conformidade com as exigências especificadas. Inclui inspecções e ensaios e a análise dos resultados dos ensaios no que respeita ao equipamento, materiais constituintes, betão fresco e betão endurecido. Compreende igualmente a inspecção antes da betonagem bem como as inspecções respeitantes ao transporte, colocação, compactação e cura de betão.

O controlo da produção deve ser efectuado pelo empreiteiro e fornecedores, cada um dentro do seu domínio específico, nos processos de fabrico, colocação e cura de betão.

Todas as instalações e equipamento devem estar disponíveis para realizar as inspecções e ensaios necessários sobre o equipamento, materiais e betão.

Toda a informação relevante do controlo da produção, na obra, na central de betão pronto ou na fábrica de elementos pré-fabricados de betão deve ser anotada num livro de registos indicando-se:

- nome dos fornecedores de cimento, inertes, adjuvantes e adições;
- números das guias de remessa de cimento, inertes, adjuvantes e adições;
- origem da água de amassadura;
- consistência do betão;
- massa volémica do betão fresco;
- razão A/C do betão fresco;
- quantidade de água adicionada ao betão fresco;
- dosagem de cimento;
- data e hora da moldagem dos provetes de ensaio;
- número de provetes de ensaio;
- cronograma de execução de determinadas fases de trabalho durante a colocação e cura do betão;
- temperatura e condições meteorológicas durante a colocação e cura do betão;
- elemento estrutural em que determinada amassadura foi aplicada.

No caso de betão pronto devem ainda indicar-se o nome do fornecedor e o número da guia de remessa. Todas as alterações aos procedimentos especificados relativamente ao transporte, entrega, colocação, compactação e cura devem ser registadas e relatadas à pessoa responsável.

Os procedimentos de controlo da produção podem ser verificados por um organismo de certificação qualificado, como parte do controlo da conformidade. Os ensaios realizados no âmbito do controlo da produção podem, por acordo prévio, ser considerados para o controlo da conformidade.

##### b) Controlo do fabrico

###### b1) Controlo dos materiais constituintes, equipamento, processo de fabrico e propriedades do betão

Os materiais constituintes, o equipamento, o processo de fabrico e o betão devem ser controlados a fim de verificar a sua conformidade com as especificações e as exigências.

O tipo e a frequência das inspecções ou ensaios dos materiais devem estar de acordo com o quadro 20.

O controlo do equipamento deve assegurar que os meios disponíveis para a armazenagem, o equipamento de medição, a betoneira e a aparelhagem de controlo, por exemplo, para medição do teor de humidade dos inertes, estão em boas condições e satisfazem as exigências especificadas. A frequência destas inspecções ou ensaios é indicada no quadro 21.

Para observar se o processo de fabrico é adequado e correctamente executado, e se o betão está conforme as exigências especificadas, devem ser feitas as inspecções indicadas no quadro 22.

b) Controlo de betão pronto pelo empreiteiro

O controlo de betão pronto pelo empreiteiro deve ser feito conforme indicado no quadro 23. Além disso, deve obter do fabricante de betão as informações estabelecidas no nº 3 do artigo 8º.

c) Controlo de betão pelo fabricante de betão pronto ou por uma empresa de pré-fabricação, num processo de fabrico contínuo

O fabricante de betão pronto ou a empresa de pré-fabricação deve efectuar as inspecções e ensaios estabelecidos no quadros 20, 21 e 22.

Se num processo de fabrico contínuo for produzido mais de um tipo de betão, a frequência mínima de ensaios de resistência à compressão deve ser determinada na base de famílias de composições. Os betões podem ser considerados como sendo da mesma família se forem fabricados com cimento do mesmo tipo, da mesma classe de resistência e proveniente duma única origem, e com inertes da mesma origem geológica e do mesmo tipo, por exemplo, britado ou não britado. Se forem utilizados adjuvantes ou adições, estes podem dar origem a famílias distintas. Dentro de cada família devem ser registadas e documentadas as relações entre as propriedades relevantes das composições de betão. A amostragem deve abranger toda a gama de composições fabricadas dentro de uma mesma família.

d) Inspecção antes da betonagem

Antes de se iniciarem as operações de betonagem, e para além das regras de garantia de qualidade estabelecidas no Título IV do Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-esforçado, devem ser feitas inspecções pelo menos relativamente aos aspectos seguintes:

- geometria da cofragem e posicionamento das armaduras;
- remoção de poeira, serradura, restos de arame de ligação das cofragens ou das camadas anteriores de betão;
- tratamento das superfícies de betão endurecido das juntas de betonagem;

- molhagem das cofragens ou das camadas anteriores de betão;
- estabilidade das cofragens;
- janelas de visita;
- estanquidade das cofragens para evitar a saída da pasta de cimento;
- preparação da superfície das cofragens;
- limpeza das armaduras de depósitos superficiais que prejudiquem a aderência (óleos, pinturas, ferrugem solta);
- fixações (localização, estabilidade, limpeza);
- disponibilidade de meios eficazes de transporte, compactação e cura, apropriados à consistência especificada para o betão;
- disponibilidade de pessoal competente.

e) Inspecção durante o transporte, colocação, compactação e cura de betão fresco

Durante as operações de betonagem têm de ser feitas inspecções pelo menos relativamente aos seguintes aspectos:

- manutenção da uniformidade do betão durante o transporte e colocação;
- distribuição uniforme do betão no interior das cofragens;
- compactação uniforme e ausência de segregação durante a compactação;
- altura máxima admitida para a queda livre do betão;
- espessura das camadas;
- ritmo de betonagem e subida do betão na cofragem, tendo em atenção a pressão admissível sobre esta;
- tempo entre a amassadura ou entrega do betão e a betonagem, tendo em atenção o tempo especificado;
- medidas especiais sob condições meteorológicas extremas, tais como forte chuva;
- localização das juntas de betonagem;
- tratamento das juntas de betonagem antes do endurecimento do betão;
- operações de acabamento tendo em atenção o acabamento especificado;
- método de betonagem e tempo de cura tendo em atenção as condições ambientais e o desenvolvimento de resistência;
- ausência de danos provocados por vibração ou choques no betão recentemente colocado.

Quadro 20. Controlo dos materiais

	Materiais	Inspecção/ Ensaio	Finalidade	Frequência mínima
1	Cimentos(1)	Inspecção da guia de remessa	Assegurar que o fornecimento está conforme o pedido (2) e é de origem correcta	Cada entrega
2		Inspecção da guia de remessa	Assegurar que o fornecimento está conforme o pedido e é de origem correcta	Cada entrega
3	Inertes(3)	Inspecção do fornecimento	Comparação com a aparência habitual, relativamente à granulometria, forma e impurezas	Cada entrega
4		Ensaio de peneiração	Avaliar a conformidade com a granulometria normalizada ou outra acordada	i) Primeira entrega de nova origem ii) Em caso de dúvida após inspecção visual iii) Semanalmente
5	Adjuvantes(4)	Ensaio para deteção de impurezas	Determinar a presença e quantidade de impurezas	i) Primeira entrega de nova origem ii) Em caso de dúvida após inspecção visual iii) Mensalmente
6		Inspecção do rótulo	Assegurar que está conforme o pedido	Cada entrega
7		Inspecção do adjuvante	Comparação com a aparência habitual	i) Cada entrega ii) Durante a utilização
8		Determinação da massa volúmica	Comparação com a massa volúmica nominal	Cada entrega
9	Adições em pó(4)	Inspecção da guia de remessa	Assegurar que o fornecimento está conforme o pedido e é de origem correcta	Cada entrega
10	Adições em suspensão(4)	Inspecção da guia de remessa	Assegurar que o fornecimento está conforme o pedido e é de origem correcta	Cada entrega
11		Determinação da massa volúmica	Assegurar a uniformidade	Cada entrega

	Materiais	Inspecção/ Ensaio	Finalidade	Frequência mínima
12	Água	Análise química	Assegurar que a água não contém constituintes nocivos	Em caso de dúvida
13		Ensaio de provetes de betão ou argamassas	Comparar a presa e a resistência com a de provetes fabricados com água de qualidade reconhecida	Em caso de dúvida
(1) Recomenda-se que as amostras de cada tipo de cimento sejam colhidas e armazenadas, uma vez por semana, para ensaio em caso de dúvida. Para amostragem ver EN 196, Parte 7.				
(2) Em cada entrega deve indicar-se na guia de remessa pelo menos o tipo, a origem e a classe de resistência.				
(3) A guia de remessa deve conter informação sobre o teor máximo de cloreto solúveis. A guia de remessa convém que indique a possível susceptibilidade à reacção álcali-sílica, quando relevante.				
(4) Recomenda-se que em cada entrega se colham e armazenem amostras.				

Quadro 21. Controlo do equipamento

	Equipamento	Inspecção/ Ensaio	Finalidade	Frequência mínima
1	Tremonhas, pilhas de armazenamento, etc.	Inspecção, visual	Assegurar a conformidade com as exigências	Uma vez por semana
2	Equipamento de pesagem	Inspecção visual do funcionamento	Assegurar que o equipamento de pesagem está a funcionar correctamente	Diariamente
3		Ensaio de calibração	Assegurar que a precisão está de acordo com o quadro 17	i) Quando da instalação ii) Semestralmente
4	Doseadores de adjuvantes	Inspecção visual do funcionamento	Assegurar que o doseador está limpo e funciona correctamente	Primeira amassadura do dia para cada adjuvante
5		Ensaio de calibração	Evitar dosagens erradas	i) Quando da instalação ii) Mensalmente após instalação iii) Em caso de dúvida
6	Contador de água	Comparação da quantidade real com a leitura no indicador	Assegurar a precisão de acordo com o quadro 17	i) Quando da instalação ii) Mensalmente após instalação iii) Em caso de dúvida
7	Equipamento para medição continua do teor de água das areias	Comparação do teor com a leitura no indicador	Assegurar a precisão	i) Quando da instalação ii) Mensalmente após instalação iii) Em caso de dúvida
8	Sistema de doseamento	Comparação da massa real dos constituintes na mistura com a massa pretendida, por um método adequado dependente do sistema de dosagem	Assegurar a precisão de doseamento de acordo com o quadro 17	i) Quando da primeira instalação ii) Em caso de dúvida nas instalações subsequentes iii) Mensalmente após instalação
9		Inspecção visual	Assegurar que o sistema de doseamento está a funcionar correctamente	Diariamente
10	Equipamento para execução de ensaios	Ensaios de acordo com as normas ou outros documentos normativos	Verificar a conformidade	Regularmente, dependendo do equipamento; e grau de utilização, pelo menos anualmente
11	Betoneira (incluindo camiões betoneira)	Inspecção visual	Verificar o desgaste do equipamento	Mensalmente

**Quadro 22. Controlo do processo de fabrico e das propriedades do betão**

	<b>Tipo de ensaio</b>	<b>Inspecção/Ensaio</b>	<b>Finalidade</b>	<b>Frequência mínima</b>
1	Verificação da composição especificada	Ensaio prévio	Demonstrar que as propriedades especificadas se verificam com uma margem adequada	Antes de utilizar uma nova composição se não existirem resultados de uma experiência a longo prazo
2	Teor de cloreto na amassadura	Determinação prévia	Assegurar que o teor máximo de cloreto não é excedido	Ensaio prévio e no caso de alteração do teor de cloreto dos constituintes
3	Teor de água dos inertes grossos	Ensaio de secagem ou equivalente	Determinar a água suplementar a adicionar	i) Se não for contínua, diariamente. ii) Conforme as condições locais e meteorológicas, podem ser necessários ensaios com maior ou menor frequência
4	Teor de água das areias	Sistema de medição contínuo, ensaio de secagem ou equivalente	Determinar a água suplementar a adicionar	i) Se não for contínua, diariamente. ii) Conforme as condições locais e meteorológicas, podem ser necessários ensaios com maior ou menor frequência
5	Consistência do betão	Inspecção visual	Comparar com a aparência normal	Cada amassadura ou carga
6		Ensaio de consistência	Avaliar a conformidade com a classe de consistência requerida e verificar as variações possíveis da dosagem de água	i) Ao moldar provetes para ensaio do betão endurecido ii) Em caso de dúvida após inspecção visual
7	Resistência à compressão em provetes de betão	Ensaio de acordo com ISO 4012	Avaliar as propriedades de resistência à compressão da composição	A necessária para o controlo da conformidade mas não menos do que a indicada no quadro 25
8	Dosagem de água adicionada ao betão fresco	Registo da quantidade de água adicionada	Fornecer informações sobre a razão A/C	Cada amassadura
9	Dosagem de cimento do betão fresco	Registo da quantidade de cimento adicionada	Verificar a dosagem de cimento e fornecer informações sobre a razão A/C	Cada amassadura
10	Dosagem de adições no betão fresco	Registo da quantidade de adições utilizadas	Verificar a dosagem de adições	Cada amassadura
11	Razão A/C no betão fresco	A soma dos teores de água (3 + 4 + 8) a dividir pela dosagem de cimento (9)	Avaliar a razão A/C especificada	Frequência a acordar
12	Uniformidade	Ensaio de comparação de propriedades de amostras colhidas em diferentes partes da amassadura	Avaliar a uniformidade da amassadura	Em caso de dúvida
13	Penetração de água	Ensaio de acordo com a ISO 7031	Avaliar a resistência à penetração da água	i) Ensaio prévio ii) Ensaios seguintes, frequência a acordar

**Quadro 23. Controlo de betão pronto pelo empreiteiro**

	<b>Assunto</b>	<b>Inspecção/Ensaio</b>	<b>Finalidade</b>	<b>Frequência mínima</b>
1	Guia de remessa	Inspecção visual	Assegurar que a entrega corresponde ao especificado	Cada entrega
2	Consistência do betão	Inspecção visual	Comparar com a aparência normal	Cada entrega
3		Ensaio de consistência	Avaliar a conformidade com a classe de consistência requerida	i) Ao moldar provetes para ensaio de betão endurecido ii) De acordo com 3 d) deste artigo

	Assunto	Inspecção/ Ensaio	Finalidade	Frequência mínima
4	Uniformidade do betão	Inspecção visual	Comparar com a aparência normal	Cada entrega
5		Ensaio de comparação de propriedades de amostras colhidas em partes diferentes da amassadura	Avaliar a uniformidade da amassadura	Em caso de dúvida, após inspecção visual
6	Aspecto geral do betão	Inspecção visual	Comparar com a aparência normal, por exemplo, cor	Cada entrega
7	Controlo de fabrico do fornecedor do betão	Verificar se o fabrico está controlado através de um organismo de certificação; caso contrário, inspecção da central de betão pronto	Assegurar que o controlo de fabrico é efectuado	i) Primeiro contrato com novo fornecedor ii) Em caso de dúvida
8	Resistência à compressão do betão amostrado na obra	Ensaio de acordo com ISO 4012	Avaliar a resistência à compressão da composição	A exigida pelo controlo da conformidade

### 3. Controlo da conformidade

#### a) Critérios de conformidade

A conformidade ou não conformidade é julgada com base nos procedimentos indicados no corpo deste artigo. A conformidade conduz à aceitação enquanto que a não conformidade pode conduzir a acções posteriores.

A inspecção, a amostragem, o tamanho dos lotes e os critérios de conformidade devem estar de acordo com os procedimentos indicados no corpo deste artigo. Para as propriedades não incluídas neste artigo, os critérios de conformidade devem ser acordados tendo em conta o sistema de verificação e o nível de segurança pretendido para a estrutura ou seus componentes. Se os resultados dos ensaios dos provetes moldados não satisfizerem as exigências de conformidade ou não estiverem disponíveis, devem realizar-se ensaios suplementares em carões retiradas da estrutura, como indicado em c7), podendo estes ensaios ser acompanhados de outros não destrutivos, como os indicados nas normas ISO 8045, ISO 8046 e ISO 8047.

A realização de ensaios suplementares pode também ser exigida no caso em que os defeitos de execução ou a influência de condições meteorológicas extremas originarem dúvidas quanto à resistência, durabilidade e segurança da estrutura.

#### b) Sistemas de verificação

O controlo da conformidade para centrais de betão pronto, para fábricas de pré-fabricação ou estaleiros, pode ser verificado por um organismo independente devidamente reconhecido para o efeito ou pelo dono da obra. Esta certificação refere-se apenas à produção, não contemplando os meios de transporte, nem dispensando os ensaios de recepção em obra.

A verificação da conformidade realizada por um organismo de certificação, de acordo com o definido na norma EN 45011, observa se a produção está sujeita a um controlo da produção e se os resultados dos ensaios deste controlo satisfazem as propriedades exigidas ao betão.

Como parte da verificação, o organismo de certificação pode colher e ensaiar amostras do fabrico corrente, para verificar os resultados do controlo de fabrico.

No caso de betão não certificado, a verificação da conformidade pode ser feita pelo dono da obra ou pelo seu representante, com pessoal devidamente qualificado para o efeito. Deve verificar-se se os ensaios do controlo de fabrico são adequados às propriedades exigidas ao betão. Como parte desta verificação o dono da obra pode ensaiar amostras, por ele colhidas, para confirmar os resultados do controlo de fabrico.

c) Plano de amostragem e critérios de conformidade para a resistência à compressão do betão

#### c1) Critérios de conformidade para a resistência à compressão

##### Critério 1:

Este critério aplica-se quando a conformidade é verificada considerando 6 ou mais amostras consecutivas, cujas resistências são  $x_1, x_2, \dots, x_n$ .

O valor da resistência de uma amostra deve ser igual ao valor médio dos resultados do ensaio de pelo menos dois provetes. A resistência, em MPa, deve satisfazer as seguintes condições:

$$f_{cm} \geq f_{ck} + \lambda s_n$$

$$f_{cm,min} \geq f_{ck} - k$$

onde:

$f_{cm}$  - resistência média do conjunto de amostras;

$f_{cm,min}$  - menor valor individual do conjunto de amostras;

$s_n$  - desvio padrão das resistências do conjunto de amostras;

$f_{ck}$  - resistência característica especificada para o betão;

$\lambda$  e  $k$  - constantes que dependem do número ( $n$ ) de amostras (quadro 24).

Quadro 24. Valores de  $\lambda$  e  $k$

n	$\lambda$	k
6	1.87	3
7	1.77	3
8	1.72	3
9	1.67	3
10	1.62	4
11	1.58	4
12	1.55	4
13	1.52	4
14	1.50	4
15	1.48	4

**Critério 2:**

Este critério aplica-se quando a conformidade é verificada considerando três amostras cujas resistências são  $x_1$ ,  $x_2$  e  $x_3$ . Para 4 ou 5 amostras este critério deve ser aplicado sucessivamente às últimas três amostras.

O valor da resistência de uma amostra deve ser o valor médio dos resultados do ensaio de dois ou mais provetas. A resistência, em MPa, deve satisfazer as seguintes condições:

$$f_{cm} \geq f_{ck} + 5 \text{ MPa}$$

$$f_{c,min} \geq f_{ck} - 1 \text{ MPa}$$

onde:

$f_{cm}$  - resistência média do conjunto de amostras;

$f_{c,min}$  - menor valor individual do conjunto de amostras;

**c2) Dimensão dos lotes a adoptar na obra**

Para julgar a conformidade da resistência do betão, o volume de betão utilizado na estrutura, no elemento estrutural, etc., deve ser dividido em lotes, nos quais se verifica a conformidade. O volume total de betão de um lote deve ser fabricado em condições consideradas uniformes. A dimensão dum lote deve ser:

- sempre inferior a  $450 \text{ m}^3$  ou à produção de uma semana de betonagem, tomando-se o menor destes valores;
- a quantidade de betão fornecido para cada andar de um edifício ou grupo de vigas, lajes ou colunas/paredes de um andar de um edifício, ou partes comparáveis de outras estruturas;

**c3) Plano de amostragem e critérios de conformidade a adoptar na obra no caso de se utilizar betão fabricado no local**

Por cada lote, devem tomar-se pelo menos 6 amostras colhidas separadamente sendo a frequência de amostragem não inferior a uma amostra por cada  $30 \text{ m}^3$  de betão ou um dia de betonagem.

No caso de betonagem contínua de um elemento estrutural, com a mesma classe de betão e volume superior a  $200 \text{ m}^3$ , pode tomar-se pelo menos uma amostra por cada  $50 \text{ m}^3$ .

Quando se pretender analisar betões de classes de resistência não superiores a B20 e de pequenos lotes até  $150 \text{ m}^3$ , podem tomar-se 3 amostras colhidas separadamente.

Admite-se a conformidade se os resultados dos ensaios satisfizerem o critério 1 no caso de 6 ou mais amostras ou o critério 2 no caso de 3 a 5 amostras.

**c4) Plano de amostragem e critérios de conformidade a adoptar na obra no caso de utilização de betão pronto**

Para definir o plano de amostragem e os critérios de conformidade a adoptar na obra no caso de se usar betão pronto são possíveis duas opções.

**opção 1 - betão não certificado**

Aplica-se o plano de amostragem e os critérios de conformidade estabelecidos em c3 e a amostragem deve ser feita sempre no local.

**opção 2 - betão certificado**

Quando a conformidade do betão pronto fornecido já tiver sido verificada por um organismo de certificação e se a verificação se baseou em pelo menos 15 ensaios, então, para a verificação da conformidade no local considera-se no caso de um número de amostras  $n \geq 6$ , o valor de  $\lambda = 1,48$ , e no caso de 3 a 5 amostras a resistência deve satisfazer as seguintes condições:

$$f_{cm} \geq f_{ck} + 3 \text{ MPa}$$

$$f_{c,min} \geq f_{ck} - 1 \text{ MPa}$$

onde:

$f_{cm}$  - resistência média do conjunto de amostras;

$f_{c,min}$  - menor valor individual do conjunto de amostras;

Neste caso aplica-se o plano de amostragem referido em c5).

**c5) Plano de amostragem e critérios de conformidade a adoptar no fabrico contínuo de betão em centrais de betão pronto**

A verificação da conformidade de acordo com esta cláusula deve servir de base para a certificação do betão.

A amostragem deve fazer-se em cada família de betão fabricado em condições consideradas uniformes, com base no volume total ou no tempo de fabrico, como

indicado no quadro 25, tomando-se o valor que conduza a um maior número de amostras.

Admite-se a conformidade se os resultados dos ensaios satisfizerem os requisitos indicados em c1). A partir de 15 resultados satisfatórios o critério 1 deve ser aplicado sucessivamente aos últimos 15 resultados.

**Quadro 25. Número de amostras para o controlo da conformidade**

Classe de resistência	Número de amostras	
$\leq B 20$	uma amostra por $150 \text{ m}^3$ de betão mas não mais do que 6 amostras por dia	duas amostras por semana
$> B 20$	uma amostra por $75 \text{ m}^3$ de betão mas não mais do que 15 amostras por dia e, no mínimo, uma por dia de produção	

**c6) Plano de amostragem e critérios de conformidade a adoptar no fabrico contínuo de betão em fábricas de pré-fabricação**

Neste caso, deve aplicar-se o plano de amostragem e os critérios de conformidade indicados em c5).

**c7) Plano de amostragem e critérios de conformidade a adoptar no caso de ensaios de carotes retiradas da estrutura**

Se um lote de betão não satisfizer os critérios de conformidade indicados em c1) devem identificar-se os resultados que se pretendem confirmar através do ensaio de carotes retiradas da estrutura.

Em cada zona ou local correspondente a um resultado em dúvida devem extraír-se, pelo menos, três carotes com diâmetros compreendidos entre 100 mm e 150 mm. Podem ser utilizadas carotes com diâmetros diferentes dos indicados se tiver havido acordo prévio entre as partes.

A inspecção visual e o ensaio das carotes, bem como a correcção dos resultados da resistência à compressão, devem ser efectuados de acordo com a norma BS 1881: Parte 120. Esta correcção dos resultados é consequência da presença de armaduras, da orientação da carote relativamente à direcção de moldagem e da relação entre a altura e o diâmetro da carote.

No caso de vigas e pilares estima-se o valor da resistência do cubo de controlo dividindo-se por 0,85 o resultado da resistência da carote, e no caso de lajes dividindo-se por 0,80 devendo ter-se em atenção as correcções atrás referidas.

Para a verificação da conformidade, o resultado em dúvida deve ser substituído pela média de pelo menos três valores da resistência estimada, em cada local. Se não houver resultados disponíveis, devem extraír-se carotes num número de locais correspondente ao que resultaria da aplicação das regras indicadas em c3), para o lote em questão. Após o ensaio e a correcção dos resultados, estima-se a resistência dos cubos de controlo e calcula-se a respectiva média em cada local, aplicando-se os critérios indicados em c1), de acordo com o número de amostras.

**d) Plano de amostragem e critérios de conformidade para a consistência do betão**

Deve ser feita uma inspecção visual de cada amassadura ou carregamento, ou, no caso de betão pronto, de cada entrega.

Quando se colher uma amostra para o ensaio de consistência, esta deve ser representativa da amassadura, carregamento ou entrega. Admite-se a conformidade se a consistência pertencer à classe de consistência especificada.

A consistência deve ser determinada sempre que se fabricam corpos de prova, e pelo menos em cada  $15 \text{ m}^3$  de betão recebido em obra.

A amostragem e o ensaio devem ser efectuados de acordo com as normas ISO 2736 e ISO 4109, respectivamente.

No caso em que a conformidade é verificada em obra, antes da colocação do betão transportado em camião-betoneira, a amostra para o ensaio deve ser colhida após uma descarga inicial de cerca de  $0,3 \text{ m}^3$ .

Caso se verifique não conformidade o ensaio deve ser repetido sobre uma segunda amostra, colhida do mesmo modo, sendo declarada a não conformidade se a média dos dois valores não satisfizer as exigências da classe de consistência.

**e) Plano de amostragem e critérios de conformidade para a razão A/C**

A frequência da amostragem e das determinações deve ser acordada previamente.

Podem ser aceites os resultados do controlo de fabrico, quando feito de acordo com o quadro 22, no entanto, em caso de dúvida devem ser colhidas amostras.

Admite-se a conformidade se o valor médio da razão A/C não for superior ao valor especificado e, se os valores individuais não excederem o valor especificado em mais de 0,02.

Pode considerar-se que o betão satisfaz as exigências da máxima razão A/C se estiver conforme com a classe de resistência aplicável do betão, função da classe de resistência do cimento, como indicado no quadro 26.

No caso de ser necessário utilizar razões A/C diferentes das indicadas no quadro 26, por exemplo, em consequência da natureza dos inertes utilizados, elas só podem ser utilizadas se estiverem documentadas e verificadas por ensaios.

**Quadro 26. Classes de resistência do betão relacionadas com a razão A/C**

Classe de resistência do cimento	Razão A/C				
	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45
32,5	B25	B30	B40	B45	B50
42,5	B30	B40	B45	B50	B55

**f) Plano de amostragem e critérios de conformidade para a dosagem de cimento**

A frequência da amostragem e das determinações deve ser previamente acordada. Admite-se a conformidade se o valor médio da dosagem de cimento for igual ou superior ao especificado. Podem existir valores individuais inferiores, mas não mais do que 5% do valor especificado.

**g) Plano de amostragem e critérios de conformidade para a penetração da água**

A frequência da amostragem e dos ensaios deve ser previamente acordada.

Admite-se a conformidade se o valor máximo da profundidade de penetração de água for inferior a 50 mm e o valor médio da profundidade de penetração é inferior a 20 mm.

Podem ser aceites os resultados do controlo de fabrico, se os ensaios forem efectuados de acordo com o indicado no quadro 22.

**h) Plano de amostragem e critérios de conformidade para o teor de cloretos no betão**

A frequência dos ensaios e os métodos de determinação devem ser previamente acordados.

Os métodos de determinação mais comuns são:

- cálculos baseados no teor máximo nominal de cloretos dos constituintes;
- determinação do teor de cloretos no betão fresco ou endurecido.

Os valores obtidos não devem exceder os valores máximos indicados no quadro 6.

A determinação deve ser feita para cada composição e deve ser repetida se houver alteração no teor de cloretos de qualquer dos constituintes.

## 混凝土標準

### 第一條

#### (宗旨)

本標準確立了混凝土於生產、運輸、澆置過程、養護之檢驗規則及品質控制以及合格驗證之檢核程序。

### 第二條

#### (引用標準及其他)

- |          |                  |
|----------|------------------|
| EN 196-1 | 水泥測試方法 - 強度測定。   |
| EN 196-2 | 水泥測試方法 - 水泥化學分析。 |

EN 196-21	水泥測試方法 - 氯化物、二氧化炭、及鹼含量測定。
EN 196-3	水泥測試方法 - 凝固及膨脹之時間之測定。
EN 196-6	水泥測試方法 - 級度測定。
EN 196-7	水泥測試方法 - 水泥取樣及樣本準備之方法。
EN 197-1	水泥 - 普通水泥之成分，規格及合格標準。
EN 451-1	粉煤灰測試方法 - 氧化鈣含量。
EN 451-2	粉煤灰測試方法 - 乾篩法之細度。
EN 480-1	混凝土、水泥砂漿及水泥漿混合劑：測試方法 - 作測試參考用之混凝土及水泥砂漿。
EN 480-2	混凝土、水泥砂漿及水泥漿混合劑：測試方法 - 凝固時間之測定。
EN 480-4	混凝土、水泥砂漿及水泥漿混合劑：測試方法 - 混凝土泌水性測定。
EN 480-5	混凝土、水泥砂漿及水泥漿混合劑：測試方法 - 毛細管吸水性測定。
EN 480-7	混凝土、水泥砂漿及水泥漿混合劑：測試方法 - 液體混合劑之密度測定。
EN 480-8	混凝土、水泥砂漿及水泥漿混合劑：測試方法 - 固體含量測定。
EN 480-9	混凝土、水泥砂漿及水泥漿混合劑：測試方法 - 酸鹼度測定。
EN 480-10	混凝土、水泥砂漿及水泥漿混合劑：測試方法 - 氯化物含量測定。
EN 45011	成品檢定機構之一般標準。
EN 45014	合格聲明之一般標準。
ISO 1920:1976	混凝土測試 - 用於測試之樣本之尺寸，允許誤差及可用性。
ISO 2736/1:1986	混凝土測試 - 用於測試之樣本準備 - 第一部份：新拌混凝土抽樣方法。
ISO 2736/2:1986	混凝土測試 - 用於測試之樣本準備 - 第二部份：用於強度測試之樣品準備及加工。

ISO 4012:1978	混凝土 - 測試樣品之抗壓強度之測定。	ASTM C 128 ASTM C 131	細骨料視比重及吸水率測試方法。 粗骨料抗磨能力測試方法 - Los Angeles 磨耗試驗。
ISO 4013:1978	混凝土 - 測試樣品之抗彎強度之測定。	ASTM C 136	骨料篩分法。
ISO 4103:1979	混凝土 - 稠度檢定。	ASTM C 142	骨料含泥量測試方法。
ISO 4108:1980	混凝土 - 測試器劈裂抗拉強度之測定。	ASTM C 170 ASTM C 227	天然建築用石抗壓強度測試方法。 水泥及骨料之鹼反應測試方法 (水泥砂漿柱體法)。
ISO 4109:1980	新拌混凝土 - 稠度測定 - 坍落度試驗。	ASTM C 289	骨料反應測試方法 (化學方法)。
ISO 4110:1979	新拌混凝土 - 稠度測定 - 韋柏試驗。	ASTM C 403 ASTM C 566	混凝土凝固時間貫入測試方法。 骨料總含水量烘乾測試方法。
ISO 4111:1979	新拌混凝土 - 稠度測定 - 搗實試驗。	ASTM C 586	作骨料用之碳酸鹽石之鹼反應測試方法 (石圓柱法)。
ISO 4848:1980	混凝土 - 新拌混凝土之空氣含量測定 - 壓力方法。	ASTM D 422	土壤粒顆尺寸分析方法。
ISO 6275:1982	硬化混凝土 - 密度測定。	ASTM D 511	水鈣及鎂含量標準測試方法。
ISO 6276:1982	搗實新拌混凝土 - 密度測定。	ASTM D 516	水硫酸鹽含量標準測試方法。
ISO 6782:1982	混凝土骨料 - 濃密度測定。	ASTM D 1252	水化學氧份需求 (重鉻酸鹽氧需求) 標準測試方法。
ISO 6783:1982	混凝土粗骨料 - 顆粒密度及吸水率測定 - 水力平衡法。	ASTM D 1293	水 pH 值標準測試方法。
ISO 7031	硬化混凝土 - 滲水深度測定。	ASTM D 1426	水阿摩尼亞氮含量標準測試方法。
ISO 7033:1987	混凝土細骨料及粗骨料顆粒密度及吸水率測定 (比重管方法)。	ASTM D 1888	水溶解及不溶解物標準測試方法。
ISO 7034	硬化混凝土鑽芯 - 抽取、檢驗及壓力測試。	RILEM CPC 7	直接拉力試驗 (最後建議, 1975)。
ISO 8045	硬化混凝土 - 回彈儀測定。	BS 812:Part 110	骨料壓碎值測定方法 (ACV)。
ISO 8046	硬化混凝土 - 拔出強度測定。	BS 1881:Part 120	混凝土測試 - 混凝土鑽芯抗壓強度測定方法。
ISO 8047	硬化混凝土 - 超聲波測定。	NP 1385	混凝土。新拌混凝土配比測定。
ISO 9297:1989	水質 - 氯化物測定：硝酸銀容量法 (Mohr 方法)。	NP 1416	水。拌合水或與混凝土中碳酸鈣之侵食性測定。
ISO 9812	新拌混凝土 - 稠度測定 - 流動試驗。	Norma de Macau	水泥 - 成份、規格、接收控制及合格標準。
ISO 9964:1993	水質 - 鈉、鉀測定。 第三部份 - 放射光普分析測定。	LECM 104	土壤水中硫酸鹽測定。
ASTM C 40	混凝土細骨料有機雜質測試方法。	LECM 105	骨料。含泥量測定。
ASTM C 70	細骨料表面含水量測試方法。	LECM 106	體積指數測定。
ASTM C 117	細小於 75 μm 篩之礦物質骨料所用之清洗測試方法。	LECM 107	抗磨能力測定。
ASTM C 123	骨料輕粒子測試方法。		
ASTM C 127	粗骨料視比重及吸水率測試方法。		

## 第三條

## (定義)

本混凝土標準採用下列定義：

## a) 附加劑

附加劑為一微細無機物料其能被加進混凝土中以改變某些性能或得到某些特別性能。現存之兩種附加劑為惰性附加劑及潛在水硬性附加劑；

## b) 混合劑

混合劑是在拌合混凝土成份時加入之物質，其用量小於水泥質量之5%。加入混合劑之最終目的是改變新拌及硬固混凝土之性能。下列是被考慮之混合劑：

減水劑或塑化劑 — 減少水用量並保持工作度；或保持水用量但增加工作度；或該兩種效應同時出現；

高效減水劑或高度塑化劑 — 明顯地減少水用量並保持工作度；或不改變水用量但顯著地提高工作度；或該兩種效應同時出現；

滲水劑 — 減少混凝土之泌水；

早凝劑 — 縮短混凝土由塑性狀態變為硬固狀態過程所需時間；

硬化早強劑 — 速使早期強度之形成，影響或消去凝固時間；

緩凝劑 — 延緩混凝土由塑性狀態變為硬固狀態過程所需時間；

防濕劑 — 減少硬固混凝土之毛細管作用之吸水能力。

## c) 拌合

使用混凝土攪拌斗每次拌合混凝土之數量，或於運輸車輛之預拌混凝土數量，或連續使用混凝土攪拌斗之每分鐘混凝土排放量或生產相同數量混凝土之運作；

## d) 砂漿

由適當份量之砂、水泥、水，有時還加入附加劑及混合劑，拌合成之物料，硬固後產生粘著力及強度；

## e) 輸入空氣

在混凝土拌合時，使用表面活化劑將空氣刻意輸入混凝土中。表面活化劑為微細泡沫其直徑為 $10 \mu\text{m}$ 至 $100 \mu\text{m}$ ；

## f) 截留空氣

非刻意輸入混凝土而在拌合過程中產生之氣孔，其氣孔大小不少於 $1\text{mm}$ ；

## g) 混凝土

用粗骨料，砂，水泥及水(有時也會加入附加劑及混合劑)按一定比例混合而成之材料。水泥和水反應之生成物具有粘著力及強度，並使混合物凝固變硬；

## h) 硬固混凝土

已硬固並有一定強度之混凝土；

## i) 現場拌合混凝土

於工地現場或附近由承建商配量及拌合之混凝土；

## j) 新拌混凝土

混凝土仍處於塑性狀態，並可以一般方法進行搗實；

## l) 預拌混凝土

混凝土於外間或非施工場地配制、於固定攪拌工廠或於攪拌車中進行攪拌，以新拌狀態交貨給承建商，並可於施工工地使用或載裝至承建商之運輸車輛中；

## m) 混凝土拌合車

安裝於一車台上之設備，其功能為維持先前拌合之混凝土之均勻性；

## n) 混凝土攪拌車

安裝於一車台上之混凝土混合儀器，能生產一均勻之混凝土混合物並將之運輸交貨。混凝土攪拌車得作為混凝土拌合車使用；

## o) 水泥

水泥是經細磨之無機物料，當和水拌合便形成漿狀物。這些漿狀物通過水合反應過程，凝固及硬化，硬化後即使在空氣中及水中仍能保持其強度及穩定性；

## p) 品質控制

根據規範及驗證所採取之行動及決定以確保其能滿足規範之要求；

## q) 合格控制

根據先前所採用之合格性準則而採取之行動及決定；

## v) 沒有攪拌功能之運輸工具

運輸車輛、輸送斗或其他用以輸送混凝土而又不裝有攪拌之設備；

## r) 有效水配量

處於骨料表面、混合劑及附加劑中之水與拌合水之總和；

## x) 骨料

天然或人工加以壓碎之製成品，其大小及形狀適用於混凝土之製作；

## s) 交貨

一般經由預拌混凝土車從混凝土供應商中將混凝土送到承包商之交貨過程；

## z) 水灰比

有效水配量與混凝土中水泥配量之比值。

## t) 初次測試

於混凝土使用前之第一次或較多之測試，為使其配比最終能滿足新拌及硬固狀態之所有要求，這些要求由所使用之組成材料及工作環境之特性而決定；

## 第四條

## (組成材料)

## 1. 水泥

可用於生產混凝土之各種水泥均被列於《水泥標準》中。

## u) 初期測試

在同一混凝土攪拌廠內於不同期間對同一配比作三次拌合測試，以驗證其規定特性達到足夠之限值要求；

## 2. 骨料

骨料之特性，標準文獻及要求值均列於表一中。

表一 骨料特性

特 性		測試標準	要 求
粗骨料之力學強度(1)	抗壓強度或	ASTM C 170	$\geq 50\text{ MPa}$
	壓碎強度或	BS 812 : Part 110	$\leq 45\%$
	Los Angeles 損耗(2)	ASTM C 131	$\leq 50\%$
吸水量(1)	粗骨料	ISO 6783	吸收量 $\leq 5.0\%$
	砂	ASTM C 128	吸收量 $\leq 5.0\%$
	有機物	ASTM C 40	無害
	微細粒子及可溶物	ASTM C 117	天然砂 $\leq 3.0\%$ 碎砂 $\leq 15.0\%$ 卵石 $\leq 2.0\%$ 碎石 $\leq 3.0\%$
	白土粒子	ASTM D 422	$\leq$ 水泥重量之 $2.0\%$
	脆性粒子	ASTM C 142	砂 $\leq 1.0\%$ 卵石或碎石 $\leq 0.25\%$
	柔性粒子	LECM 105	卵石或碎石 $\leq 5.0\%$
體積指數	輕粒子(1)	ASTM C 123	砂 $\leq 0.5\%$ 卵石或碎石 $\leq 1.0\%$
		LECM 106	卵石 $\geq 0.12$ 碎石 $\geq 0.15$
與水泥中鹼之反應性	化學過程	ASTM C 289	陰性
	砂漿條過程	ASTM C 227	6個月後之伸長 $\leq 1.0 \times 10^{-3}$
與硫酸鹽之反應性(3)		ASTM C 586	砂漿試體：無裂縫及伸長 $< 0.5 \times 10^{-3}$ 岩石試體：6個月後之伸長 $< 1.0 \times 10^{-3}$

特性	測試標準	要求
比重	ASTM C 127 ASTM C 128	(4)
粒徑分析	ASTM C 136	(4)
含水量	ASTM C 566 ASTM C 70	(4)

- (1) 該要求值不適用於輕骨料。  
 (2) Los Angeles 測試不適用於石灰石骨料。  
 (3) 當混凝土與海水接觸，或與含有相等或高於海水中硫酸鹽濃度之水或泥土接觸，或骨料中含有長石時，需進行該測試。  
 (4) 於配合比設計時不需考慮該特性。

### 3. 拌合水

一般情況下得以自來水作為拌合水而不需進行分析。不可將海水使用於鋼筋混凝土或預應力混凝土中。由其它方法得到之水，如能符合表二規定，也可作為拌合水。

表二 混凝土拌合水之特性

特性	測試標準	要求	
		一般混凝土	鋼筋及預應力混凝土
pH	ASTM D 1293	≥4	≥4
不溶殘餘物 ( g/dm <sup>3</sup> )	ASTM D 1888	≤35	≤10
懸浮物 ( g/dm <sup>3</sup> )	ASTM D 1888	≤5	≤2
有機物 ( mg/dm <sup>3</sup> )	ASTM D 1252	≤500	≤500
氯化物 ( mg/dm <sup>3</sup> )	ISO 9297	≤4500	≤600
硫化物 ( mg/dm <sup>3</sup> )	ASTM D 516	≤2000	≤2000
總鹼 ( mg/dm <sup>3</sup> )	ISO 9964	≤1000	≤1000

如仍對水質有所懷疑，可對其性能進行測試。分別以欲測試水及蒸餾水或除離子水作為混凝土拌合水，並比較該混凝土之 7 日抗壓強度。測試按規範 EN196-1 進行。

使用以欲測試水為拌合水而成之混凝土試體，其平均抗壓強度不應少於 90% 以蒸餾水或除離子水而成之混凝土試體。

### 4. 混合劑

按混合劑在混凝土中所起之作用，可分為下列各類：塑

化劑、高度塑化劑、滯水劑、早凝劑、硬化早強劑、緩凝劑及防濕劑。

混合劑應表現出其為均質且具有均勻顏色。當混合劑出現析離現象情況下，生產商應指出其均質化過程。然而混合劑應能符合表三之要求，同時生產商應提供混合劑之比重、固體含量、pH 值、氯化物含量、鹼含量以及氣含量。

s對於每種混合劑仍應按表四進行測試。

表三 所有混合劑之特性、測試標準及要求

特 性	測試標準	要 求
pH	EN 480-9	指定值之±1或 pH指定範圍內
比重	EN 480-7	高於 $1.10 \text{ kg/dm}^3 \pm 0.03$ 低於 $1.10 \text{ kg/dm}^3 \pm 0.02$
鈉化物含量	EN 480-8	生產商指定值之±5%
氯化物含量	EN 480-10	小於生產商指定值
鹼 ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) 含量	EN 196-21	小於生產商指定值
新拌混凝土之氣含量	ISO 4848	除生產商之不同指定值外還，不大於參考混凝土 <sup>(1)</sup> 之2%

<sup>(1)</sup> 參考混凝土需符合 EN480-1

表四 各種混合劑之附加特性、測試標準及要求

混合劑種類	特 性	測試標準	要 求 <sup>(1)</sup>
塑化劑	減少水用量 <sup>(2)</sup>	ISO 4109	$\geq 5\%$ 及 $\leq 12\%$
	抗壓強度 <sup>(2)</sup>	ISO 4021	28日 $\geq 110\%$
高度塑化劑	減少水用量 <sup>(2)</sup>	ISO 4109	$> 12\%$
	抗壓強度 <sup>(2)</sup>	ISO 4012	1日 $\geq 140\%$ 28日 $\geq 115\%$
	稠度之增加 <sup>(3)</sup>	ISO 9812 ISO 4109	$\geq 160\text{mm}$ (初始擴散為 $380\pm 20\text{mm}$ ) $\geq 120\text{mm}$ (初始坍度為 $70\pm 10\text{mm}$ )
	稠度能維持 <sup>(3)</sup>	ISO 4109	不低於30分鐘
	抗壓強度 <sup>(3)</sup>	ISO 4012	28日 $\geq 90\%$
滯水劑	泌水作用 <sup>(2)</sup>	EN 480-4	$< 50\%$
	抗壓強度 <sup>(2)</sup>	ISO 4012	28日 $\geq 80\%$
早凝劑	初凝時間 <sup>(2)</sup>	EN 480-2	$\geq 30\text{分鐘}$
	抗壓強度 <sup>(2)</sup>	ISO 4012	28日 $\geq 80\%$ 90日強度必須大於28日強度
早硬劑	抗壓強度 <sup>(2)</sup>	ISO 4012	24小時後 $\geq 120\%$ 28日 $\geq 90\%$
緩凝劑	初凝及終凝固時間 <sup>(2)</sup>	EN 480-2	初凝時間應 $\geq 90\text{ 分鐘}$ 終凝時間增長應不大於360分鐘
	抗壓強度 <sup>(2)</sup>	ISO 4012	7日 $\geq 80\%$ 28日 $\geq 90\%$

混合劑種類	特 性	測試標準	要求 <sup>(1)</sup>
防濕劑	毛細管作用 <sup>(4)</sup>	EN 480-5	7 日養護後 7 日 $\leq 50\%$ 90 日養護後 28 日 $\leq 60\%$
	抗壓強度 <sup>(4)</sup>	ISO 4012	7 日 $\geq 80\%$ 28 日 $\geq 90\%$

- (1) 驗証測試配合比(滲入混合劑)及受控特性配合比(不滲入混合劑)與參考混凝土或參考水泥砂漿差異之要求。根據 EN 480-1 製定參考混凝土或參考水泥砂漿。
- (2) 測試配合比與受控特性配合比具有相同稠度。
- (3) 測試配合比與受控特性配合比具有相同水灰比。
- (4) 測試配合比與受控特性配合比具有相同稠度或水灰比。

## 5. 附加劑

### a) 粉煤灰

表五闡明粉煤灰之化學和物理要求及與該要求相關之標

準文獻。除提及之要求外，應提供其他對買方有用之化學成份之資料，包括硅含量、鋁含量、氧化鐵含量、氧化鈣含量及鹼含量(以氧化鈉形式表達)。其測定應按 EN196-2 及 EN196-21 進行。

表五 用於混凝土之粉煤灰特性

特 性	測試標準	要 求
活性硅	EN 197-1	$\geq 25\%$
燒失量	EN 196-2	$\leq 8.0\%{^{(1)}}$
氯化物	EN 196-21	$\leq 0.10\%$
硫化物 SO <sub>3</sub>	EN 196-2	$\leq 3.0\%$
自由氧化鈣	EN 451-1	$\leq 1.0\%{^{(2)}}$
氧化鎂	EN 196-2	$\leq 4.0\%$
細度	EN 451-2	$\leq 40\%$
活性指標 <sup>(3)</sup>	-	28 日 $\geq 75\%$ 90 日 $\geq 85\%$
膨脹率 <sup>(4)</sup>	EN 196-3	$\leq 10\text{mm}$
比重	EN 196-6	$\pm 150 \text{ kg} / \text{m}^3$ (與供應商所訂定之比重值比較)

- (1) 若粉煤灰中碳含量小於或等於 8%，則粉煤灰之燒失量至 10% 仍可接受。
- (2) 若加入粉煤灰後之混凝土能符合膨脹率測試，則粉煤灰之自由氧化鈣含量至 2.5% 仍可接受。
- (3) 強度百分比。以 75% 參考水泥(第一類水泥 - 42.5)混摻 25% 粉煤灰之砂漿試體之抗壓強度與純參考水泥砂漿試體於相同齡期之抗壓強度比較。
- (4) 當自由氧化鈣之含量不低於 1% (重量) 之情況下，膨脹率可由 50% 參考水泥與 50% 粉煤灰混合成之灰漿決定。

**b) 其他附加劑**

其他附加劑如硅微粒、火山灰及高爐礦渣等之使用需得土地工務運輸司預先批准。

- 鋼筋或預應力套管淨距減 5 mm；

- 1.3 倍鋼筋保護層厚。

細度模數之變異不大於 0.2 之骨料可視為同一粒徑級別。

## 第五條

### (混凝土配比之基本要求)

#### 1. 總則

混凝土配比即水泥、砂、石、水、附加劑或混合劑之數量比，選材應能滿足新拌及硬固混凝土之性能要求：包括混凝土之稠度、密度、強度、耐久性及鋼筋腐蝕保護性能之標準，並應能減少新拌混凝土之析離現象和泌水作用，且獲得一適合於施工之工作度。在任何情況下混凝土應符合第五條及第六條之基本要求。

#### 2. 混凝土密實性

混凝土配比應按 ISO 2736 Part 2 進行搗實，搗實後應表現出密實結構，其氣含量少於 3%。

#### 3. 水泥種類、水泥用量及水灰比

水泥種類之選取，應根據混凝土種類（如素混凝土、鋼筋混凝土或預應力混凝土），混凝土之水化熱、結構尺寸及混凝土與外界環境接觸狀況來考慮。最小水泥用量及最大水灰比應按外界環境狀況及表九中之水泥種類而定。混凝土之其它性能如水密性，也應在計算水泥用量時考慮。

於表九所確立之最小水泥用量及最大水灰比，其水泥應符合第四條 1 點之規定。

當使用粉煤灰附加於採用第一類水泥之混凝土時，表九之水泥用量相應為水泥及粉煤灰混合物之用量，必須遵照相關之最小強度級別。當使用粉煤灰多於 25% 時，混凝土強度驗證可按 90 天齡期進行。

#### 4. 骨料

最大骨料粒徑之選取應保證混凝土可被澆置和搗實，並能緊密包圍鋼筋部份及不至產生析離現象。最大骨料粒徑不能超過：

- 構件最小尺寸之四分一；

- 鋼筋或預應力套管淨距減 5 mm；

- 1.3 倍鋼筋保護層厚。

細度模數之變異不大於 0.2 之骨料可視為同一粒徑級別。

#### 5. 鹼硅反應

有些骨料含有不同種類之鈉，這些鈉會和水泥中之鈣起反應，為了避免這些反應或使其減至最小程度可用下列方法限制混凝土中之鈉含量。

- 使用鈉含量不大於 0.6% (以 Na<sub>2</sub>O 計算) 之硅酸鹽水泥；
- 使用火山灰水泥；
- 使用惰性骨料；
- 限制混凝土之飽和度。

#### 6. 混凝土中氯化物含量

按水泥質量計，混凝土中氯化物含量不能超出表六規定。

表六 混凝土中氯化物之最大含量

混凝土種類	氯化物含量 (混凝土中)
素混凝土	-
鋼筋混凝土	0.4%
預應力混凝土	0.2%

#### 7. 混凝土稠度

新拌混凝土應具適當工作度以不至出現析離現象，並在澆置現場中能被完全搗實。

#### 8. 混合劑

每公斤水泥中，混合劑之總用量不應大於 50g 及不應少於 2g，如其溶於拌合水中則可少於 2g。每立方米混凝土中如液體混合劑之用量大於 3 公升，則其水量應計算在水灰比內。

帶有氯化鈣或其它氯化物之混合劑不應用於鋼筋混凝土、預應力混凝土及有金屬預埋件之混凝土。

## 9. 附加劑

以附加劑取代一部份第一類水泥，不單允許有經濟及環境效益地使用工業副產品，更可改進混凝土之澆置性及耐久性。

使用粉煤灰可減少泌水作用，延緩初凝及增加工作度、而有利於泵送。以粉煤灰取代水泥量不大於 30% ~ 40% 時，加入粉煤灰後之混凝土，其初期強度和採用第一類水泥之混凝土相比較會有所降低，但後期強度則會相等或有所增加。當混凝土含大於 30% 或 40% 之粉煤灰，則有較佳之抗硫酸鹽及抗鹼硅反應能力，但其力學強度會有所降低。

## 10. 混凝土溫度

由拌合至澆置期間之新拌混凝土溫度不應高于 35°C 及不能低於 5°C。

## 11. 耐久性

要生產能保護鋼筋銹蝕並可在使用期間有足夠能力抵禦外界及工作環境影響之耐久混凝土，應需考慮下列因數：

- 使用適當而又不含影響混凝土耐久性及引致鋼筋銹蝕之有害元素之材料；
- 選取一混凝土配比使其滿足新拌混凝土及硬化混凝土所需之要求，混凝土之澆置及搗實應能為鋼筋形成一保護層，並可抵禦內部作用（參看第五條第 5 點）及外部作用，如氣候之影響及機械磨耗；
- 新拌混凝土之拌合、澆置及搗實應使混凝土成份平均地分佈而且沒有析離現象並使混凝土形成一緊密結構；
- 混凝土之養護，尤其在混凝土表面部份（鋼筋之保護層）達到其設計特性。（參看第八條第 6 點）

以上各點對每一規定之特性應由承包商或供應商通過產品控制來檢核及控制。（參看第九條）

## 12. 外界環境作用之抵抗力

本標準確定了混凝土所接觸到之物理及化學作用之外界環境，而這些作用下之效應並非經由結構上之荷載而產生。混凝土所接觸之各種外界環境列於表七。

表七 外界環境情況下之暴露級別

暴露級別	外界環境情況
1	- 混凝土不直接與水或泥土接觸
2	- 混凝土暴露於非侵蝕性空氣、水或泥土
3	- 混凝土與侵蝕性海水或泥土接觸（參看表八）

表八確立了化學侵蝕性水或泥土之特徵項目。超出任何一項目之檢定俱可定為具化學侵蝕性。

表八 應考慮之水及侵蝕性泥土特徵

考慮事項	要求	測試標準
pH	<5.0	ASTM D 1293
按 $\text{CaCO}_3$ 計算之自由二氧化炭含量 ( $\text{mg}/\text{dm}^3$ )	>150	NP 1416
按 $\text{NH}_4^+$ 計算之氮含量 ( $\text{mg}/\text{dm}^3$ )	>50	ASTM D 1426
$\text{Mg}^{2+}$ 含量 ( $\text{g}/\text{dm}^3$ )	>2	ASTM D 511
$\text{SO}_4^{2-}$ 含量 ( $\text{g}/\text{dm}^3$ )	>2	ASTM D 516
泥土中 $\text{SO}_4^{2-}$ 含量 ( $\text{g}/\text{kg}$ )	>8	LECM 104

表九按三種外界環境暴露情況之級別，確立了最小

水泥用量，最大水灰比及最小強度級別。

表九 按外界環境暴露情況確立之混凝土耐久性要求

要 求	暴露級別		
	1	2	3
最小水泥配量 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) :			
- 素混凝土	230	260	330
- 鋼筋混凝土	300	330	350
- 預應力混凝土	330	350	380
最大水灰比 :			
- 素混凝土	0.70	0.65	0.55
- 鋼筋混凝土	0.60	0.55	0.50
- 預應力混凝土	0.55	0.50	0.45
最小強度級別 :			
- 素混凝土	B15	B20	B30
- 鋼筋混凝土	B25	B30	B35
- 預應力混凝土	B30	B35	B40

## 第六條

(混凝土規格)

- 混凝土之基本使用限制，如不同級別之暴露情況

- 混凝土之稠度

## 1. 特性

混凝土規格必須指出下列基本事項：

- 混凝土強度等級
- 水泥種類及強度級別
- 骨料之最大粒徑尺寸

硬固混凝土之級別是以  $150 \text{ mm}$  立方體之 28 日軸心抗壓強度決定並符合表十。同樣也可以  $150 \text{ mm}$  直徑、 $300 \text{ mm}$  高之圓柱體之抗壓強度決定，而柱體與立方體抗壓強度關係列於表十。

表十 混凝土強度級別

強度級別	B15	B20	B25	B30	B35	B40	B45	B50	B55	B60	B70	B80
立方試體	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	80
圓柱試體	12	16	20	24	28	32	36	40	45	50	60	70

新拌混凝土之稠度可以坍度試驗、韋柏試驗、搗實試驗或流動試驗決定。表十一、十二、十三及十四分別指出上述各項試驗之級別劃分，而上述四項試驗之級別劃分並沒有直接關連。

表十一 坍度級別

級 別	坍 度 (mm)
S1	10 至 40
S2	50 至 90
S3	100 至 150
S4	$\geq 160$

表十二 韋柏級別

級 別	韋柏(秒)
V0	$\geq 31$
V1	30 至 21
V2	20 至 11
V3	10 至 5
V4	$\leq 4$

表十三 搗實級別

級 別	搗實指引
C0	$\geq 1.46$
C1	1.45 至 1.26
C2	1.25 至 1.11
C3	1.10 至 1.04

表十四 流動範圍

級 別	流動直徑
F1	$\leq 340$
F2	350 至 410
F3	420 至 480
F4	490 至 600

某些情況下應指出與成份特徵及硬固混凝土特徵有關之附加要素，並應同時指出各事項之測試方法。

a) 成份特徵之附加要素：

- 空氣含量；
- 強度之加速發展；
- 水合反應過程中水化熱之發展；
- 水合反應之延緩；
- 骨料之特殊要求；
- 抗鹼硅反應之特殊要求；
- 新拌混凝土溫度之特殊要求；
- 其它項目之技術要求。

b) 硬固混凝土特性之附加要素：

- 比重；
- 水密性；
- 抗化學侵蝕能力；
- 抗磨耗能力；
- 抗高溫能力；
- 毛細管作用；
- 彈性模量；
- 乾縮及蠕變。

要得到不滲水混凝土時，必須確定其抗滲能力及滿足第九條第3點g之要求。

要得到行車道路所需之高抗磨耗能力混凝土，必須滿足以下附加要求：

- 使用不低於B40級別混凝土；
- 碎骨料；
- 提高粗骨料比例；
- 按第八條第6點c增長養護時間。

當使用預拌混凝土時應作出運輸條件及到達工地時之處理方式（由承建商提供），如：

- 混凝土量；
- 交貨時間；
- 工地使用之特殊運輸方法（如泵送，傳送帶送）；

- 運輸車輛之種類（普通和附帶攪拌功能），大小、高度或重量。

## 第七條

（混凝土之製造）

### 2. 測試方法

#### a) 新拌混凝土

新拌混凝土之規定性能及其測試方法列於表十五。

表十五 新拌混凝土之性能及其測試方法

性 能	測試方法
稠度 韋柏稠度 (2)	ISO 4109
	ISO 4110
	ISO 4111
	ISO 9812
比重	ISO 6276
氣含量	ISO 4848
水灰比	NP 1385
凝固時間	ASTM C 403

(1) 分類參看表十一

(2) 分類參看表十二

(3) 分類參看表十三

(4) 分類參看表十四

#### 1. 人員

在製作混凝土之工地內應由對混凝土有正確認識及經驗之人員負責生產，而這些人員更需負責預拌混凝土之發貨。如這些人員不能出席，則應由其他有資格之人仕代替。同樣地，應有人員負責生產控制，出任該職務之人仕應對混凝土製作技術、測試及控制有正確認識及經驗。

#### 2. 設備及安裝

##### a) 物料之貯存

生產應具備適量物料如水泥、骨料、附加劑及混合劑，以確保生產及交貨。運輸和貯存不同種類之物料應防止其摻亂、污染及變質。

運輸及貯存期間之水泥和附加劑應避免受潮及污染，不同種類之水泥及附加劑應予明確標示以避免出現錯誤。袋裝水泥之貯存應能令最早之存貨先被使用。

不同粒徑及種類之骨料在不同時間進貨時徹不可摻亂，並應避免產生析離。

運輸及貯存混合劑時應避免受物理及化學作用影響，並予標明以防出現錯誤。

應於貯存、運輸、及秤量地點備有簡易之取樣設施。

#### b) 硬固混凝土

硬固混凝土之規定性能及其測試方法列於表十六。

表十六 硬固混凝土之性能及測試方法

性 能	測試標準
力學強度：	
抗壓	ISO 4012
抗彎	ISO 4013
劈裂試驗	ISO 4108
單軸拉力	RILEM CPC7
抗磨耗能力	LECM 107
水密性能力	ISO 7031
比重	ISO 6275 <sup>(1)</sup>

(1) 當知道烘乾後混凝土之比重及視比重之比率時，硬固混凝土之比重可按 ISO 4012 決定。

#### b) 配量設備

配量設備之精確度應根據表十七取值。在一般使用情況下物料配量之精確度則按表十八取值。

配量容器上之每一刻度表示值，不可大於其最大配量值之伍百分之一。

表十七 測量設備之精確度

量度值或數碼指示器	精確度	
	按裝期間	運作期間
0 至 $\frac{1}{4}$ 最大量度值或數碼指示	0.5%	1.0%
$\frac{1}{4}$ 最大量度值或數碼指示	0.5% (按最大量度之 $\frac{1}{4}$ 計算)	1.0% (按有效讀數計算)

**c) 混凝土攪拌器**

混凝土攪拌器應在設定之攪拌時間和容量下使拌合物達至均勻，並有適當之工作度。

混凝土攪拌車應能使混凝土於交貨時均勻地拌合。

**3. 組成物料之配量**

每次拌合均應按指示進行，而有關指示應詳細列明各樣組合材料之類別和用量。

組成物料配量之精確度見表十八。

當水泥、骨料、和附加劑是粉狀時其配量以重量計算，但如能確保配量之精確度則可用其他方法。水、混合劑液體附加劑之配量可按重量或體積計算。

表十八 物料之配量精確度

物料	精確度(克)
水泥	
水	要求量之±3%
骨料	
附加劑	
混合劑	要求量之±5%

**4. 混凝土之拌合**

配料應在混凝土攪拌車或攪拌器內進行拌合直至完全均勻。當所有配料全部進入攪拌器後才可開始計算攪拌時間。配料不可超出攪拌器之標定容量。

如加入少量混合劑和附加劑，應先將其溶於拌合水中。  
(參看第五條第8點)。

如需加入大量減水劑時，因其發生作用時間短，應先將混凝土攪拌至均勻，待加入減水劑後又再對混凝土重作攪拌、混均。

混凝土配比於運輸、接收、及澆置期間不允許任何更改。

**第八條**

**(新拌混凝土之運輸、澆置及養護)**

**1. 人員**

參與新拌混凝土運輸、澆置及養護之人員應了解混凝土，並具足夠資格及經驗來執行指定之工作。

在施工場地內應有對混凝土有正確認識及經驗之人員負責接收與及運輸、澆置和養護等運作，混凝土澆置時需有上述人仕或其具有適當資格之代理人在場監督。

**2. 運輸**

應採用適當之方法以防止混凝土在運輸及發貨期間產生析離、損耗或污染。

最長運輸時間是主要根據混凝土配比及環境條件而定。

**3. 交貨**

**a) 生產商需提供預拌混凝土之資料**

承建商必須要求提供混凝土配比，以對新拌混凝土進行適當之澆置和養護及評估混凝土之強度發展。該資料必須由生產商提供，於交貨前或交貨期間充份地提交。所提交資料如下：

- 水泥種類，強度級別、及原地；
- 骨料種類及特性；
- 混合劑種類及規格特性；
- 附加劑之種類及其配量(如採用)；
- 水灰比；
- 有關配比之先前測試結果，如製程控制測試或初次測試。

上述資料亦可從生產商之混凝土配比目錄中獲得，有關混凝土強度級別、及強度發展，稠度、配量及其它相關資料也可參看該目錄。

**b) 預拌混凝土之交貨單據**

混凝土交貨前，生產商須把每批混凝土之記錄單據提供給使用商。該單據最少應包括下列資料：

- 預拌混凝土生產廠名稱；
- 單據編號；
- 拌合時間(水和水泥之最初接觸時間)及日期；
- 運輸車輛編號；
- 承建商名稱；
- 工地名稱及地址；
- 混凝土規格、說明或參考文件，如規範編號和訂單編號；

- 交貨量(立方米)；
- 驗証組織之名稱或商標(如有驗証組織)；
- 強度級別；
- 暴露級別或配比之相對規限；
- 稠度級別；
- 水泥種類及其強度級別；
- 混合劑及附加劑之種類(如使用)；
- 規定性能。

**c) 現場拌合混凝土之交貨**

對於現場拌合之混凝土，如為主要混凝土工程或為多種類混凝土時，需具備上述單據所列資料。

**4. 交貨時之稠度**

交貨時稠度不合本規範第九條第3點d規定之混凝土應被退回。

**5. 溆置及搗實**

拌合後之混凝土應盡早澆置以避免工作度降低。混凝土澆置必須在拌合後一小時三十分鐘之內進行。當採用緩凝劑時，混凝土所用之澆置時間必須按預先安排之初凝測試結果作決定。

當混凝土直接瀉落時，應有防止產生析離之措施，但不接受超過三米之瀉落高度。

在澆置期間應小心地搗實混凝土，以避免混凝土內產生氣孔，特別在鋼筋、預應力管、錨固、模板角位及鋼筋保護層周圍內更應注意。

需防止鋼筋、預應力筋、預埋管、錨固和模板移位及受損。

如對表面修飾有特別要求時，應明確指示。

當使用震動器時，應於每個拌合中均施予震搗，直至混凝土內之空氣不再被排出且不產生析離現象。

**6. 養護**

**a) 總則**

為了使混凝土能達到預期之設計性能，尤其在表面部份更需要在適當時間內給予足夠之養護。足夠之養護和保護可避免低相對濕度或風吹使混凝土表面過早變乾，同

時亦可防止雨水和其它水份把水泥及表面微細顆粒沖走，以及預防混凝土表面迅速冷卻、內外溫差和因碰撞和震盪做成之損害。以上種種均會影響混凝土和鋼筋間之裹握力。

防止變乾包括阻礙或大量降低混凝土水份蒸發，於混凝土表面放置下面所指之養護方法(外部養護)。

亦允許以附加劑而保留混凝土內部水份之防止方法。

搗實後之混凝土應盡早進行養護及保護。當澆注完畢，抹面完成後即須進行養護。為了防止混凝土塑性收縮而產生裂縫，亦有在未經修飾便立刻養護之情況。

**b) 養護方法**

養護方法必需在施工前決定，可以個別或配合其它養護方法進行。養護方法可分為用水養護法和不用水養護法。

用水養護方法：

- 在混凝土表面採用經由清潔水浸泡之飽和物料覆蓋，此物料上更需蓋上一層膠料以作保護，為使水份不能外洩；
- 在混凝土表面灑上潔淨水，要保證全面濕潤；
- 在混凝土表面保持一定量水份。

不用水養護方法：

- 保持模板不拆卸，外露面則以下面其中一種方法作養護；
- 在混凝土表面覆蓋一幅不薄於0.125mm完整無接口膠膜，用重物固定之，以保持內部水份不外洩及外部空氣不能進入；
- 使用養護薄膜。

**c) 養護時間**

表十九指示按結構類別及水泥種類所定之最小養護時間。

表十九 最小養護時間

結構類別	第一類水泥	其它水泥類別或加上混合物之第一類水泥
儲水或有防漏要求	7天	9天
行車道路及抗磨耗混凝土	9天	12天
其它	4天	5天

另一方法是以達到 70% 規定之混凝土強度級別之齡期作為最小養護時間。若結構為儲水或有防漏要求，或是行車道路及抗磨耗混凝土時，最小養護時間則可取達到 85% 規定之混凝土強度級別之齡期代之。

## 第九條

### (混凝土品質控制方式)

#### 1. 總則

混凝土於製造時、澆置過程中，以及其養護均應遵從一品質控制規則，而此品質控制可理解為兩個不同之部份，分別為混凝土之生產控制及合格控制。

#### 2. 生產控制

##### a) 總則

混凝土之生產控制可理解為對於混凝土之維護以及使混凝土品質能夠符合規格要求所作出一切必要之測量。其中包括對使用之設備、材料成份、新拌混凝土及硬固混凝土進行檢查與測試，並對其測試結果進行分析。然而生產控制可同樣地視為在澆置前進行之檢查工作，同時對於混凝土之運送過程、澆置過程、搗實及養護均應作出相應之檢查。

生產控制必須於承建商及供應商在自己一方之規定範籌內，於混凝土之製作過程、澆置過程以及養護過程中進行。

對於所有之設備及儀器必須隨時可用於執行有關混凝土材料及施工設備之一切必要之檢查及測試。

然而，於工地中，預拌混凝土廠及預制混凝土構件廠內，對於所有產品控制之有關資料均必須確實記錄於一登記冊中，並如下列所示：

- 水泥、骨料、混合劑、附加劑等供應商號名稱；
- 水泥、骨料、混合劑、附加劑之交貨單據編號；
- 拌合時所使用之水之來源紀錄；
- 混凝土之稠度；
- 新拌混凝土之比重；
- 新拌混凝土之水灰比；
- 新拌混凝土所加之水量；

- 水泥用量；
- 供試驗用之試體製作之時間及日期；
- 供試驗用試體之數目；
- 混凝土之澆置過程及養護期間執行此項工作之時間紀錄；
- 混凝土澆置過程及養護期間之溫度及氣象條件；
- 結構構件所採用之拌合物資料。

然而，對於預拌混凝土應須指出供應商號名稱及交貨單據之編號，同時有關於混凝土之運輸過程、澆置過程、搗實過程以養護過程對既定程序之一切變更行動，均應記錄在案及由相關負責人作出報告。

對於產品控制之執行方式，可以藉由一品質檢訂組織確認，同時亦可作為合格控制之一部份。根據前文所述，在產品控制範籌下所進行之測試均可作為合格控制之考慮因素。

##### b) 製程控制

###### b1) 混凝土材料成份、施工設備、製作過程以及性質之控制

為了驗証能夠到達合格之規定及符合要求，混凝土之材料成份、施工設備以及製作過程必須加以監控。

然而混凝土材料所需進行之檢查或測試項目及其驗試頻率可根據表二十進行。

設備之控制為必須能確保各種設備之可用性及其性能到達一個較好之使用狀態，以至能滿足規定之要求，這些設備包括一些儲存設備、量測儀器、混凝土拌合機及一些控制工具（如骨料濕度含量之量測儀器）。而此類檢查或測試之驗試頻率將於表二十一中說明。

對於監察混凝土之製作過程是否適當且正確執行，以及混凝土是否符合規定要求，均必須進行表二十二所定之檢查及測試項目。

###### b2) 承建商對於預拌混凝土之控制

承建商對於預拌混凝土必須符合表二十三所定之要求，除此之外，還必須由混凝土廠取得由第八條之第 3 點所建立之資料。

**c) 預拌或預製混凝土廠對於混凝土連續生產過程之混凝土控制**

預拌混凝土廠或預製混凝土廠必須遵照表二十，二十一及二十二所建立之檢查及測試項目進行。

倘若於混凝土連續生產過程中生產之混凝土多於一種，則混凝土抗壓強度之最少驗試次數應根據其配比系列以作決定。倘若採用相同來源地且同類型之水泥和具有相近抗壓強度等級之水泥，以及採用相同地質來源與種類之骨料（例如：碎骨材或非碎骨材），則此混凝土可作相同系列進行考慮。如果採用混合劑或附加劑，則可由添加物之來源而分為不同系列之混凝土。在每一系列之混凝土中必須加以紀錄其相關性質及經由混凝土配比之相關性質之文件加以證明，對於某一相同系列混凝土中其取樣時必須包含製作過程中各種使用之成份。

**d) 應置前之檢查**

在澆置作業開始之前，除按照鋼筋混凝土及預應力混凝土結構規章第四部份作確保質量之條文外，至少要根據下列所示之情況進行檢查：

- 模板及鋼筋之放置狀況；
- 清除模板中之灰塵、木屑及模板間連接之餘釘或舊有混凝土層；
- 硬固混凝土施工縫之表面處理；
- 舊有混凝土底層或模板之濕潤情況；
- 模板之組立情況；
- 用以檢視混凝土澆置之模板開孔狀況；
- 避免水泥漿溢出之模板防水；
- 模板表面之準備工作；
- 鋼筋表面堆積物之清潔情況，必須清除一些導致降低握裹力之表面油脂，油漆及浮銹等；

- 支架（定位情況、穩定性、清潔情況）；
- 對於符合混凝土之施工規格，有否適當且有效之混凝土運送、搗實與養護方法；
- 是否由稱職人仕執行。

**e) 新拌混凝土在運送、澆置、搗實以及養護等過程中之檢查**

在混凝土澆置作業進行中，至少要根據下列所示之情況進行檢查：

- 混凝土在運送及澆置期間為得到均勻之維護；
- 混凝土在澆置時為均勻分佈於模板內；
- 搗實過程中均勻之振實及無析離現象出現；
- 混凝土澆置之容許最大自由落差；
- 分層澆置之厚度；
- 必須注意模板內之容許壓力，此壓力為由於混凝土之澆置速率及於模板內混凝土之上昇速度所導致；
- 必須注意混凝土拌合或運送交貨及澆置時之時間規定；
- 於惡劣氣象條件下所需之特別量測，例如暴雨中澆置混凝土；
- 混凝土施工縫之位置；
- 混凝土硬固前施工縫之處理；
- 混凝土澆置後之墁平作業，必須注意其完工規定；
- 混凝土之澆置方法及養護時間，必須注意周圍環境之情況及強度之形成；
- 對於澆置完成後之混凝土避免受到振動或衝擊所造成之傷害。

表二十 材料之質控

材料	檢查／測試	目的	最少驗試頻率
1 水泥(1)	交貨單據之檢查	確保來貨為符合要求(2)及來源正確	每次交貨
2 骨料(3)	交貨單據之檢查	確保來貨為符合要求及來源正確	每次交貨
3	來貨之檢查	比較其一般外觀情況，相關之粒經尺寸，形狀，清潔情況	每次交貨
4	篩分析試驗	與其標準粒經尺寸或其他規格進行評估	i) 經由新來源地送來之第一次來貨 ii) 目視檢查後有疑問情況下 iii) 每星期一次
5	摻雜物檢測試驗	確定摻雜物之出現及數量	i) 經由新來源地送來之第一次來貨 ii) 目視檢查後有疑問情況下 iii) 每月一次
6 混合劑(4)	常規檢查	確保符合要求	每次交貨
7	混合劑之外觀檢查	與一般外觀情況比較	i) 每次交貨 ii) 每當使用其間
8	比重測定	與其比重標稱值比較	每次交貨
9 粉狀添切物(4)	交貨單據之檢查	確保來貨符合要求及來源正確	每次交貨
10 懸液式添加劑(4)	交貨單據之檢查	確保來貨符合要求及來源正確	每次交貨
11	比重測定	確保其均勻性	每次交貨
12 水	化學分析	確保水中不含有害成份	有疑問時
13	混凝土或砂漿試體之測試	與已知品質之水所製成之試體之強度及凝結進行比較	有疑問時

(1) 建議於每星期一次對每一種類之水泥進行取樣及儲存，每當有疑問時便進行試驗。而其取樣方法可參閱EN196第七部份。  
(2) 於每次交貨時必須於交貨單據中至少指出其貨品種類，來源以及其強度等級。  
(3) 於交貨單據中應該列出可溶解之氯化物之最大含量之有關資料，同時交貨單據中應須提及對鹼 - 硅反應之可能敏感度。  
(4) 建議於每次交貨時都應收集及儲存一些試樣。

表二十一 設備之控制

設備	檢查／測試	目的	最少驗試頻率
1 賽料堆及貯存倉庫	目視檢查	確保符合要求	每星期一次
2 量重設備	功能方面之目視檢查	確保此類量重設備為功能正常	需每天進行
3	校正測試	確保其精度符合表十七	i) 每當組裝時 ii) 每半年一次

	設 備	檢 查 / 測 試	目 的	最少驗試頻率
4	混合劑之配量器	功能方面之目視檢查	確保此配量器為清潔且功能正常	對每種混合劑於每天第一次拌合時
5		校正測試	避免劑量使用錯誤	i) 每當組裝時 ii) 組裝後需每月進行 iii) 每當有疑問時
6	水之計讀器	經由指示器中之讀數比較其確實水量	確保其精度符合表十七	i) 每當組裝時 ii) 組裝後需每月進行 iii) 每當有疑問時
7	細骨料含水量之連續量測設備	對指示器中之讀數進行比較	確保其精確度	i) 每當組裝時 ii) 組裝後需每月進行 iii) 每當有疑問時
8	配量系統	採用配量系統中適當之方法進行配量，並以此與真正之配量成份作比較	確保配量準確度符合表十七要求	i) 每當第一次組裝時 ii) 每當組裝完成後有疑問時 iii) 組裝後需每月進行
9		目視檢查	確保此配量系統功能正常	需每天進行
10	供測試用之設備	根據相關標準及規範文件進行試驗	驗証其合格性	根據儀器本身之規定及使用手則，至少每一次
11	澆置設施(包括混凝土拌合車)	目視檢查	驗証設備之損耗情況	需每月進行

表二十二 混凝土性質與製作過程之控制

	試 驗 種 類	檢 查 / 測 試	目 的	最少驗試頻率
1	配比成份之測試	初期試驗	檢視其配比規定是否達到一邊界值	於新配比使用之前，而此配比並沒有長期使用經驗之結果，則須進行試驗
2	拌合物中之氯含量測定	初次決定	確保不超過最大之氯含量	初期試驗及每當氯成份之含量發生改變時
3	粗骨料之含水量測試	烘乾測試或同類之試驗方法	決定水之增加量	i) 倘若骨料不為連續使用，則須每日進行測試 ii) 可根據現場之天氣條件進行較多或較少之驗試次數
4	細骨材之含水量測試	採用連續之量測系統及以烘乾或同類型測試	決定附加水之增加量	i) 倘若骨料不為連續使用，則須每日進行測試 ii) 可根據現場之天氣條件進行較多或較少之驗試次數

	試驗種類	檢查／測試	目的	最少驗試頻率
5	混凝土稠度測試	目視檢查	與其一般外觀進行比較	每次拌合或裝載時
6		稠度測試	對所要求之稠度評估其合格性，並校核改變水用量之可能性	i) 當取模組試體進行硬固混凝土試驗時 ii) 當目視檢查後發覺有疑問時
7	混凝土模組試體之抗壓強度試驗	根據 ISO 4012 進行測試	評估其抗壓強度之性質	當合格控制有需要進行時，但不能少於表二十五之規定
8	新拌混凝土之加水量	登記所加水之數量	提供有關水灰比之資料	每次拌合時
9	新拌混凝土之水泥用量	登記所使用之水泥數量	驗証水泥之使用量及提供有關水灰比之資料	每次拌合時
10	新拌混凝土之附加劑量	登記所使用之附加劑數量	驗証附加劑之使用量	每次拌合時
11	新拌混凝土之水灰比	以第(3+4+8)項之含水量總和除以第(9)項之水泥用量	評估其為符合規定之水灰比	以認可之測試頻率進行
12	均勻性	於拌合物之不同部份進行取樣，進行其性質之比較試驗	評估拌合物之均勻性	當有疑問時
13	水之貫入試驗	根據 ISO 7031 進行測試	評估水之貫入阻抗	i) 初期測試 ii) 以認可之測試頻率進行後續試驗

表二十三 承建商對於預拌混凝土之控制

	事 項	檢查／測試	目的	最少驗試頻率
1	交貨單據	目視檢查	確保來貨符合規定	每次交貨時
2	混凝土稠度	目視檢查	與一般外觀比較	每次交貨時
3		稠度測試	評估其為合符所要求之稠度等級	i) 當取模組試體進行硬固混凝土試驗時 ii) 按本條 3 d) 進行
4	混凝土之均勻性	目視檢查	與一般外觀比較	每次交貨時
5		於拌合物之不同部份進行取樣，進行其性質之比較試驗	評估拌合物之均勻性	目視檢查後發覺有疑問時
6	混凝土之一般外觀形態	目視檢查	與一般外觀比較，例如顏色	每次交貨時
7	混凝土供應商之製程控制	驗証混凝土廠之控制為經由一檢訂組織確認，否則須檢查預拌混凝土廠	確保製程控制被確實執行	i) 與供應商所執行之第一份合約時 ii) 每當有懷疑時
8	現場取樣之混凝土抗壓強度	根據 ISO 4012 進行試驗	評估混凝土之抗壓強度	由合格控制所要求

### 3. 合格控制

#### a) 合格準則

合格與不合格之判定為基於本條中所指出之方式進行。

合格即為可以接受，而不合格則可為需要一些跟進之後續動作。

對於檢查方式、取樣方式、批量之定義以及合格準則均應根據本條所定之方式進行，但對於不包括在本條中所述之混凝土性質，其合格準則必須根據一驗証系統及對混凝土結構和混凝土構件所定立之安全標準作考慮。倘若試體之測試結果不能滿足合格要求或可用性，應根據c7) 進行額外之結構鑽心測試，又或者可根據如ISO8045、ISO8046 或 ISO8047 之標準進行結構非破壞測試之合併試驗。

如在施工時出現錯誤或因為惡劣之氣象情況所影響，而對於結構之安全性、耐久性及強度產生懷疑，應進行上述之額外測試。

#### b) 驗証系統

預拌混凝土廠、預製混凝土構件廠以及工地中之合格控制，必須經由一獨立且公認之檢訂組織或顧主加以執行。該認証與生產過程有關，而不包括運輸方法，故不能免除現場接收測試。

根據 EN 45011 標準之定義，合格之確認可經由一檢訂組織執行，藉以觀察此產品是否經由一產品控制及此控制之測試結果是否滿足混凝土性質方面之合格要求。

作為合格確認之一部份，檢訂組織可以於混凝土製作時選取試樣及進行測試，用以驗証生產控制之結果。

若混凝土未經檢定時，合格確認可由顧主或其代表，與具有所需資格之人員進行。必須確認生產控制測試是達到混凝土之要求特性。就這確認工作，顧主可自行取樣測試以證實生產控制測試結果。

#### c) 對於混凝土抗壓強度之取樣計劃及合格準則

##### c1) 對於混凝土抗壓強度之合格準則

###### 準則 1

本準則是適用於 6 組或以上之試體之合格驗証，各組試體強度分別為  $x_1, x_2, \dots, x_n$ 。

然而所謂一組試體之強度應為兩個或以上試體之試驗結果之平均值。強度以 MPa 表示，並應滿足下列之條件式：

$$f_{cm} \geq f_{ck} + \lambda S_n$$

$$f_{c,min} \geq f_{ck} - k$$

此處：

$f_{cm}$  : 同一驗收批量混凝土各組試體強度之平均值；

$f_{c,min}$  : 同一驗收批量混凝土各組試體強度之最小值；

$S_n$  : 同一驗收批量混凝土各組試體強度之標準偏差；

$f_{ck}$  : 規格要求之混凝土強度標準值；

$\lambda$  及  $k$  : 依照試體組數 ( $n$ ) 所定之常數 (表二十四)；

表二十四  $\lambda$  及  $k$  參數值

$n$	$\lambda$	$k$
6	1.87	3
7	1.77	3
8	1.72	3
9	1.67	3
10	1.62	4
11	1.58	4
12	1.55	4
13	1.52	4
14	1.50	4
15	1.48	4

###### 準則 2

本準則是適用於考慮 3 組試體之合格驗証，各組試體強度分別為  $x_1, x_2$  及  $x_3$ 。於 4 至 5 組之間應連續地引用此準則於最近之 3 組試體。

然而所謂一組試體之強度應為兩個或以上試體之試驗結果之平均值。該強度以 MPa 表示，必須滿足下列之條件式：

$$f_{cm} \geq f_{ck} + 5 \text{ MPa}$$

$$f_{c,min} \geq f_{ck} - 1 \text{ MPa}$$

此處：

$f_{cm}$  : 同一驗收批量混凝土各組試體強度之平均值；

$f_{c,min}$  : 同一驗收批量混凝土各組試體強度之最小值；

#### c2) 工地取用之批量

對於混凝土強度之合格判斷，諸如於結構體中所使用之混凝土量等，必須將其分為不同之批量進行合格驗証。在一批混凝土中對於各製作條件應考慮為均勻。然而一批混凝土之數量應為：

- 通常少於  $450\text{ m}^3$  為一批或於一星期中之澆置量為一批，兩者中應取其少者為之；
- 大樓中每一樓層所使用之混凝土量為一批或大樓中每一樓層、樑、板及柱群／牆壁所使用之混凝土量為一批，又或者於其他結構中類似同樣情況均可視為一批。

#### c3) 適用於採用現場拌合混凝土之工地之取樣計劃及合格準則

對於每一批混凝土，應該分別收取至少 6 組試體，取樣頻率不應少於每  $30\text{m}^3$  或每天澆置取樣一組。

若某一構件以同一等級之混凝土澆置而混凝土用量大於  $200\text{ m}^3$  時，可按每不少於  $50\text{ m}^3$  取一組試體。

當混凝土強度等級不大於 B20 及批量在  $150\text{m}^3$  以內之小批混凝土時，則可以分別收取 3 組試體。

若 6 組或以上之測試結果能滿足第 1 準則或 3 至 5 組之結果滿足第 2 準則時，皆可視為合格。

#### c4) 適用於採用預拌混凝土之工地之取樣計劃及合格準則

對於採用預拌混凝土之工地取樣計劃及合格準則之定義可分為下列兩種情況。

##### 情況 1 — 未經檢定混凝土

引用 c3 中之取樣計劃及合格準則，而取樣必須於工地上進行。

#### 情況 2 — 經檢定混凝土

當預拌混凝土供應商得到由一檢訂組織確認其合格，以及此合格至少經由 15 個試驗結果加以證明。對於現場之合格驗証考慮取樣組數  $n$ ；如  $n \geq 6$  組，採用  $\lambda = 1.48$ ；若只取 3 至 5 組體時，其強度必須滿足下列之條件式：

$$f_{cm} \geq f_{ck} + 3 \text{ MPa}$$

$$f_{c,min} \geq f_{ck} - 1 \text{ MPa}$$

此處：

$f_{cm}$  : 同一驗收批量混凝土各組試體強度之平均值；

$f_{c,min}$  : 同一驗收批量混凝土各組試體強度之最小值；

此情況採用 c5 所述之取樣計劃。

#### c5) 適用於預拌混凝土廠連續生產時之取樣計劃及合格準則

合格驗証可根據由預拌混凝土之質量保証書中所訂立之條款進行。

取樣時可考慮為均勻之條件下對每一混凝土系列進行製作，並同時根據混凝土總體積或製作時間，正如表 25 中所示，並以最大之試樣組數選取相關參數值。

倘若其測試結果能夠滿足本條第 c1) 之要求，則可視為合格。對於準則 1，如以 15 個試驗結果為一組以符合準則 1，應連續地引用於此準則於最近之 15 組試驗結果。

表二十五 合格控制所採用之取樣組數

強度等級	取樣組數	
$\leq B20$	每 $150\text{ m}^3$ 混凝土取一組試體，但每日不可多於 6 組試體	每星期 2 組試體
$> B20$	每 $75\text{ m}^3$ 混凝土取一組試體，但每日不可多於 15 組試體，每日至少 1 組。	

#### c6) 適用於預製混凝土構件廠連續生產之取樣計劃及合格準則

於此，應採用 c5) 中所定之取樣計劃及合格準則。

**c7) 混凝土構件樣芯鑽取之取樣計劃及合格準則**

如混凝土之測試結果不符合 c1) 之合格準則，應在所澆置之構件進行樣芯鑽取。

抽取至少三個樣芯其直徑為 100 mm 至 150 mm。經有關方面同意，也可選取其它直徑之樣芯。

樣芯之測試及測試後結果換算為現場立方試體強度之計算按 BS1881:Part 120 進行。該換算與鋼筋是否存在，樣芯與模板間相互位置，及樣芯之高度與直徑關係有關。

對於樑和柱構件，現場立方試體強度為樣芯強度除以 0.85，而對於板構件，現場立方試體強度為樣芯強度除以 0.80 作為考慮上述因數之改正。

為確認合格，有疑問之結果須於每一地點以至少三個換算後之強度之平均值代替。如對任何一批之結果有所缺漏，應根據 c3) 在該批混凝土所澆置位置進行樣芯鑽取。樣芯經測試後之結果應進行修正以評估每一位置之平均現場立方試體強度，其結果需符合本條 c1)。

**d) 關於混凝土稠度之取樣計劃及合格準則**

對於每一次混凝土之拌合、裝載，或預拌混凝土和每次交貨時均須進行目視檢查。

若須收集試體進行稠度試驗，則必須在拌合時、裝載時、以及交付時加以取樣。倘若試驗結果能夠到達所要求之稠度等級則可視為合格。

混凝土稠度必須在每次製造試體時進行測試，但最少在每  $15 \text{ m}^3$  到場之混凝土內做一次。

取樣及試驗必須分別按 ISO 2736 及 ISO 4109 進行。

若在現場作合格認証，須在由混凝土車運送混凝土澆置前，在輸出首  $0.3\text{m}^3$  混凝土後進行抽樣。

當被證實不合格時，必須以同樣方法取另一樣本作測試，若兩次測試之平均值不符合稠度級別要求時，則視為不合格。

**e) 關於水灰比之取樣計劃及合格準則**

取樣頻率及判定頻率必須事先協定。

可以採納製程控制之結果，並可根據表二十二進行。無論如何，若對此產生疑問時則必須進行取樣。

倘若水灰比之平均值不大於規定值，以及個別試樣之水灰比值不超過規定值加 0.02 則可視為合格。

然而由混凝土強度等級與水泥強度等級，則可根據表二十六得到一混凝土水灰比值，並可考慮以此作為混凝土最大水灰比之要求。

萬一有需要採用與表二十六不同之水灰比時，例如對於天然骨料之使用，則其水灰比之使用必須根據有關文件及試驗引証。

**表二十六 混凝土強度等級與水灰比之關係**

水泥強度等級	水灰比				
	0.65	0.60	0.55	0.50	0.45
32.5	B25	B30	B40	B45	B50
42.5	B30	B40	B45	B50	B55

**f) 水泥用量之取樣計劃及合格準則**

取樣頻率與及判定頻率必須事先協定。倘若水泥用量之平均值等於或大於規定時，則可視為合格。然而其個別用量值可少於規定值，但不能少至超過規定值之 5 %。

**g) 貫入水之取樣計劃及合格準則**

取樣頻率及測試頻率應須事先協定。

倘若水貫入深度之最大值少於 50mm 或其貫入深度之平均值少於 20mm，可視為合格。

然而當其製程控制時是根據表二十二所示進行，則可採納製程控制之結果作為合格之判斷。

**h) 混凝土氯含量之取樣計劃及合格準則**

測試頻率及判定之方法應須事先協定。

對於其判定之方法一般為：

- 根據成份中氯化物之最大標稱含量作計算；
- 新拌或硬固混凝土氯含量之測定。

由試驗得到之值不能超過表六所指定之最大值。

如果混凝土中任何成份其氯含量有所改變時，應須對每一配合比重複進行判定。