



**Manuel du technicien
spécialiste du béton**





www.yapichem.com.tr

Chers Clients,

Ce manuel que vous êtes en train d'examiner a été préparé par l'équipe d'experts de Yapichem pour les techniciens de laboratoire travaillant dans l'industrie du béton prêt à l'emploi, en tenant compte des étapes des essais et des exigences d'application.

Dans ce manuel, vous trouverez des informations détaillées sous forme écrite et visuelle sur les essais, les techniques d'échantillonnage, les méthodes de détermination, les instruments et leurs applications. Les résultats des essais sont présentés en détail, et sont destinés à servir de référence pour les essais de béton qui seront effectués par vos employés comme spécifiés ici.

De plus, ce manuel fournit des informations détaillées sur les valeurs limites recommandées pour les mélanges de béton et les propriétés en fonction des classes d'exposition du béton, de la coulée du béton par temps chaud et froid qui affectent la résistance et la durabilité du béton, les causes des fissures possibles dans le béton frais et durci, et les précautions nécessaires à cet égard. Le tableau des classes de béton et des forces et le tableau des classes de ciment sont fournis à titre informatif. Ce manuel est préparé conformément à la norme TS EN 206 et aux données techniques de TSE et de l'Association turque du béton mixte prêt à l'emploi. Yapichem n'assume aucune responsabilité légale pour toute défaillance résultant d'applications incorrectes et d'autres raisons.

Fatih ARICAN
Président Exécutif



TABLE DES MATIÈRES

ÉCHANTILLONNAGE DES GRANULATS (TS EN 932-1-932-2)	04
MÉTHODES DE DÉTERMINATION DE LA DENSITÉ ET DE L'ABSORPTION D'EAU {TS EN 1097-6}	04
A méthode de détermination de la gravité spécifique et du taux d'absorption d'eau	04
Des granulats fins	
A.1 A.1 Instruments	04
A.2 A.2 Échantillon d'essai	05
A.3 A.3 Procédure	05
ESSAI D'ANALYSE PAR TAMISAGE (TS EN 933-1)	06
Diamètre de grain maximal	06
Granulat grossier	06
Granulat fin	06
Matériau de remplissage minéral	06
Outils	07
Préparation de l'échantillon pour essai	07
Réalisation de l'essai	06
Tamissage	07
PRÉPARATION DE LA SOLUTION DE BLEU DE MÉTHYLÈNE	08
Instruments	08
Procédure	08
ESSAI AU BLEU DE MÉTHYLÈNE (TS EN 933-9)	09
Instruments	09
Procédure	09
DÉTERMINATION DE LA TENEUR EN HUMIDITÉ DU GRANULAT (TS 3523)	10
ESSAI GRANULOMÉTRIQUE	10
Granulométrie	10
Diamètre de grain maximal	10
ESSAI DE DÉTERMINATION DE L'AFFAISSEMENT (TS EN 12350-2)	11
Instruments	12
Essai	12

DÉTERMINATION DE LA DENSITÉ ET DE LA TENEUR EN AIR DU BÉTON FRAIS _____	13
PAR MÉTHODE DE MESURE DE LA PRESSION	
Densité du béton frais (TS EN 12350-6) _____	13
Teneur en air du béton frais (TS EN 12350-7) _____	14
PRÉPARATION DES ÉCHANTILLONS DE BÉTON (TS EN 12350-1) _____	15
Lieu de préparation de l'échantillon _____	15
Mise en place du béton dans des moules à échantillons _____	15
Compactage du béton dans les moules à échantillons _____	15
B Méthodes de compactage _____	15
B.1 Bourrage _____	16
B.2 Vibration _____	16
Nivellement des surfaces d'échantillon _____	16
DÉTERMINATION DE LA FORCE DE COMPRESSION DES ÉCHANTILLONS (TS EN 12390-3) _____	17
Préparation et mise en place de l'échantillon _____	17
Chargement _____	17
Affichage des résultats _____	18
VALEUR LIMITE RECOMMANDEE POUR LE MELANGE DE BETON ET SES PROPRIETES TS 13515) _____	20
Tableau F.1.1 _____	20
Tableau F.1.2 _____	22
COULAGE DE BÉTON PAR TEMPS CHAUD _____	24
COULAGE DE BÉTON PAR TEMPS FROID _____	24
TYPES DE FISSURES DANS LES STRUCTURES EN BÉTON ARMÉ ET _____	26
TABLEAU DE CLASSIFICATION DES FISSURES	
Fissures structurelles _____	27
Fissures causées par la mise en oeuvre _____	28
C fissures de béton frais _____	28
C.1 fissures de tassement _____	28
C.2 fissures de retrait plastique _____	28
D fissures de vieux béton _____	29
TABLEAU DES CLASSES DE CIMENT _____	30
TABLEAU DES CLASSES ET DES FORCES DU CIMENT _____	30

ÉCHANTILLONNAGE DES GRANULATS (TS EN 932-1-932-2)

La considération la plus importante lors de l'échantillonnage d'une pile de granulats est de s'assurer que l'échantillon prélevé est représentatif de la pile entière. A défaut, les résultats seront erronés. L'échantillon doit être prélevé avec soin dans différentes zones de la section médiane de la pile, et non en haut ou en bas. Les échantillons prélevés doivent être mélangés de manière homogène et réduits à une taille appropriée pour les essais. Cette procédure est effectuée à l'aide du diviseur d'échantillon ou des méthodes de quartage. L'échantillon de laboratoire est placé sur la surface de travail. L'échantillon est soigneusement mélangé et empilé dans un tas conique, à partir duquel un échantillon est prélevé avec une pelle et empilé pour former un nouveau cône. Cette procédure est répétée 3 fois. Chaque pelletée est déposée sur le cône d'agrégat précédent de sorte que le matériau se déverse sur le cône également dans toutes les directions, en veillant à ce que les différentes tailles soient soigneusement mélangées. La procédure de mélange et de quartage est répétée jusqu'à ce que la portion spécifiée pour l'essai soit obtenue.

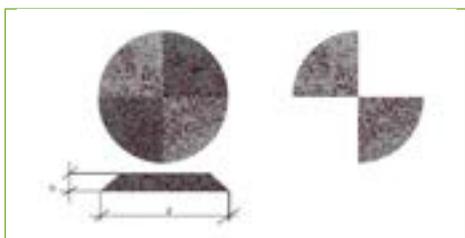
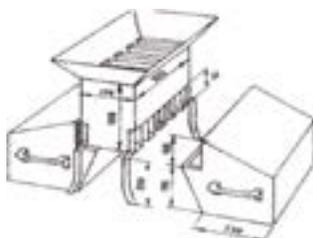


Figure 1: Méthode de quartage et le diviseur d'échantillon



MÉTHODES DE DÉTERMINATION DE LA DENSITÉ ET DE L'ABSORPTION D'EAU (TS EN 1097-6)

Il est nécessaire de savoir la gravité spécifique des granulats afin de calculer le mélange du béton. La gravité spécifique est le poids par unité de volume occupée par les particules d'agrégat.

MÉTHODE DE DÉTERMINATION DE LA DENSITÉ ET DU TAUX D'ABSORPTION D'EAU DES GRANULATS FINS

Instruments

- Balance: Une balance avec une précision de 0,1 g et une capacité de 2 kg
- Plaque chaude ou réchauffeur à air pulsé: Une plaque chauffante chauffée avec gaz ou à électricité ou un réchauffeur à air pulsé suffisamment puissant pour élever la température dans le voisinage immédiat de l'échantillon d'essai à $105 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$
- Tasse à mesurer: Une tasse à mesurer en verre de 500 ml ou 1000 ml
- Plaque de verre: Une plaque de verre assez grande pour couvrir la tasse à mesurer
- Moule métallique: Moule métallique tronqué de forme conique d'un diamètre intérieur supérieur de $40 \pm 3 \text{ mm}$, d'un diamètre intérieur inférieur de $90 \pm 3 \text{ mm}$, d'une hauteur de $75 \pm 3 \text{ mm}$ et d'une épaisseur de paroi d'au moins 0,8 mm
- Compacteur métallique: Un compacteur métallique pesant $340 \pm 15 \text{ g}$ et ayant une surface de compactage circulaire plate d'un diamètre de $25 \pm 3 \text{ mm}$
- Pompe à vide
- Une serviette ou des matériaux similaires pour le séchage, des casseroles, une truelle, un ventilateur, un dessiccateur et un thermomètre

Échantillon d'essai

La quantité d'échantillon utilisée dans les essais varie en fonction de la taille maximale des grains. La quantité appropriée (kg) pour chaque échantillon d'essai est indiquée dans le Tableau 1.

Taille de grain maximale (mm)	0,25	0,50	1	2	4	8	16	31,5
Quantité de l'échantillon d'essai (kg)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	1,5	2	2

Tableau 1: Quantités d'échantillon requises pour la détermination de la gravité spécifique

Procédure

L'échantillon d'essai préparé conformément à la norme TS EN 932-2 et dans la quantité approximative indiquée sur le Tableau 1 est immergé dans l'eau pendant 24 heures. Ensuite, l'eau est soigneusement drainée pour éviter la perte de grains minuscules, et l'échantillon est répandu sur une casserole. La casserole est placée sur le plateau de chauffage pour sécher l'échantillon. Si nécessaire, l'échantillon peut être séché plus rapidement et amené à un état de surface sèche saturée avec un flux d'air en mouvement au moyen d'un ventilateur tout en le remuant continuellement. L'état de surface sèche saturée est atteint immédiatement après la transition des granules fins d'une couleur sombre (humide) à une couleur claire (sèche). La détermination visuelle de l'état de surface sèche saturée repose sur l'expérience du testeur. L'échantillon ne doit pas être trop séché. Le cône tronqué ou la méthode de coupe doit être utilisés s'il est impossible de déterminer visuellement si l'échantillon est amené à l'état de surface sèche saturée.

Détermination de l'état de surface sec saturé à l'aide de la méthode du cône tronqué

L'échantillon supposé avoir atteint l'état de surface sèche saturée est placé dans le moule métallique tronqué de forme conique avec sa surface plus large orientée vers le bas, sa surface est légèrement bourrée 25 fois avec une tige de bourrage, puis le moule est soulevé verticalement et enlevé. Les échantillons qui conservent leur forme solide après l'enlèvement du moule indiquent la présence d'humidité libre.

Dans ce cas, il est nécessaire de poursuivre le processus de séchage et d'effectuer à nouveau la méthode du cône tronqué. Les échantillons de forme conique s'effondrent librement lorsque l'état de surface sec saturé est atteint. Si, pour une raison quelconque, l'échantillon est séché trop longtemps, il est nécessaire d'appliquer un jet d'eau et de remuer l'échantillon pour le réhydrater et d'effectuer la méthode du cône tronqué.

Détermination de l'état de surface sèche saturée à l'aide de la méthode de coupe

L'échantillon supposé avoir atteint l'état de surface sèche saturée est formé en une pile à peu près hémisphérique.

La pile est fendue verticalement à l'aide d'une truelle et si la surface résultante reste plate, on doit continuer à sécher la pile. L'état de surface sèche saturée est atteint lorsque la surface verticale ne peut plus se soutenir et s'effondre.

L'échantillon, à l'état de surface sèche saturée, est pesé et son poids avec surface sèche saturée (W^1) est enregistré.

Le poids précédemment déterminé de la tasse de mesure est soustrait de cette mesure pour calculer le poids sec de l'échantillon (W^2). La tasse à mesurer est remplie à moitié d'eau à environ 20 °C, puis légèrement tapotée et agitée pour éliminer les bulles d'air. La pompe à vide peut être utilisée pour accélérer l'élimination des bulles d'air. Au bout d'une heure, la

tasse à mesurer est remplie d'eau à une température d'environ 20 °C à 500 ml (ou 1000 ml) et pesée (W^3).

$$\text{Gravité spécifique} = \frac{W^1}{(W^1 + W^2) - W^3}$$

W^1 : Poids de l'échantillon

W^2 : Poids de la tasse à mesurer remplie d'eau

W^3 : Échantillon + eau + récipient

$$\text{Absorption d'eau} = \frac{W^1 - W}{W}$$

W : Matériau sec W_1 : Échantillon saturé avec surface sèche



Figure 2: Tasse de gravité spécifique (pycnomètre)

ESSAI D'ANALYSE PAR TAMISAGE (TS EN 933-1)

Le but de l'analyse par tamisage est de déterminer le rapport de poids de la distribution granulométrique des granulats par rapport au mélange global (Figure 3) et le pourcentage des granulats dans 1 m³ de béton au moyen du tamisage des granulats par tamis à mailles carrées.



Figure 3: Granulats de différents diamètres de grain

Diamètre de grain maximal

Le diamètre maximal de grain est la plus petite ouverture à travers laquelle un mélange de granulats peut passer pendant un processus de tamisage.

Granulat grossier

Le terme granulat grossier fait référence aux granulats retenus sur des tamis avec une ouverture de 4 mm.

Granulat fin

Le terme granulat fin fait référence aux granulats passant à travers des tamis avec une ouverture de 4 mm.

Matériau de remplissage minéral

Les matériaux de remplissage minéraux sont des matériaux passant à travers des tamis avec une ouverture de 0,063 mm.

Outils

Balance: Une balance capable de peser les échantillons d'essai avec une sensibilité d'au moins 0,1%

Tamis: Tamis métalliques conformes à la norme TS ISO 3310-1

Étuve: Une étuve de taille suffisante capable de maintenir une température de $110 \pm 5^\circ\text{C}$

Diviseur d'échantillon: Le diviseur d'échantillon illustré à la *Figure 1*

Préparation de l'échantillon pour essai

L'échantillon de granulat est mélangé de manière homogène et la partie requise pour l'essai est séparée à l'aide du diviseur d'échantillon. Vous pouvez également utiliser la méthode du quartage pour séparer et préparer l'échantillon d'essai. En utilisant cette méthode, l'agrégat est façonné en une pile circulaire lisse et divisé en quatre parties égales en utilisant le bord tranchant d'une truelle. (TS EN 932-2)

Réalisation de l'essai

L'échantillon d'essai est séché en le chauffant à $110 \pm 5^\circ\text{C}$ jusqu'à ce que vous obteniez une masse constante. Ensuite, l'échantillon est laissé refroidir, pesé et la masse mesurée est enregistrée comme M1.

L'échantillon d'essai est placé dans un récipient et le récipient est rempli d'une quantité suffisante d'eau. Il est recommandé de garder l'échantillon immergé dans l'eau pendant 24 heures pour séparer les grumeaux. Un agent dissolvant peut être utilisé aussi.

Les deux côtés du tamis avec une ouverture de 0,063 (désignée pour cet essai uniquement) sont humidifiés et un tamis protecteur (par exemple, avec une ouverture de 1 mm ou 2 mm) est placé sur celui-ci. Les tamis doivent être placés de manière que la suspension qui passe des tamis d'essai puisse être collectée comme déchet ou, le cas échéant, dans un récipient approprié. Les matériaux collectés dans le récipient sont versés sur le tamis le plus haut. La procédure de lavage est répétée jusqu'à ce que l'eau passant à travers le tamis d'essai avec une ouverture de 0,063 mm devienne claire. Des précautions doivent être prises pour éviter de surcharger, de déborder ou d'endommager le tamis de protection ou le tamis d'essai avec une ouverture de 0,063 mm. Pour certains granulats, seuls les grains fins collectés dans le récipient doivent être versés sur le tamis d'essai avec protecteur présentant une ouverture de 0,063 mm. Les grains grossiers restant dans la tasse à échantillon sont lavés et les grains fins sont tamisés à travers le tamis de protection jusqu'à ce que l'eau passant à travers le tamis d'essai avec une ouverture de 0,063 mm devienne claire.

Le matériau retenu sur le tamis avec une ouverture de 0,063 mm est chauffé à une masse constante à $110^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$. Ensuite, l'échantillon est laissé refroidir, pesé et la masse mesurée est enregistrée comme M2. Le matériau lavé et séché (ou l'échantillon sec) est versé sur la colonne de tamis.

Tamissage

La colonne est secouée manuellement ou mécaniquement. Ensuite, les tamis sont séparés un par un, en commençant par le tamis avec la plus grande ouverture. Chaque tamis est secoué manuellement à l'aide d'une casserole et d'un couvercle, en veillant à ce qu'aucun matériau ne soit perdu.

L'efficacité du tamisage mécanique est affectée par des paramètres tels que le type de granulat, la durée du tamisage, la charge du tamis, ainsi que l'amplitude et la fréquence de la vibration. Par conséquent, la durée du tamisage mécanique doit être déterminée avec soin. Les matériaux passant de chaque tamis sont placés sur le tamis suivant de la colonne.

Selon les propriétés du granulat, la procédure de tamisage est considérée comme terminée si la quantité de matériau retenue sur le tamis ne change pas de plus de 1,0 % dans un intervalle d'une minute.

Le matériau retenu sur le tamis avec la plus grande ouverture est pesé et sa masse est enregistrée comme R1. La même procédure est répétée pour le tamis imbriqué sous le tamis avec la plus grande ouverture, et sa masse est enregistrée comme R2.

La même procédure est répétée pour tous les tamis de la colonne afin d'obtenir la masse des matériaux retenus sur chaque tamis. Leurs masses sont enregistrées comme R3, R4, Ri et Rn.

La masse des matériaux retenus sur chaque tamis (M1) est calculée en pourcentage de leur masse sèche initiale. Le pourcentage cumulé de la masse sèche originale passant par chaque tamis (à l'exclusion du tamis avec une ouverture de 0,063) est calculé. Le pourcentage de grain fin passant (f) du tamis avec une ouverture de 0,063 est calculé avec l'équation ci-dessous.

$$f = \frac{(M1-M2)+P}{M1} \times 100$$

Dans cette équation;

M1: La masse sèche de l'échantillon d'essai (kg),

M2: Masse sèche du matériau retenu sur le tamis avec une ouverture de 0,063 (kg)

P: Masse de matière tamisée retenue sur la casserole (kg).

Pour le tamisage sec: $f = \frac{100P}{M1}$



Figure 4: Kit d'analyse au tamis

PRÉPARATION DE LA SOLUTION DE BLEU DE MÉTHYLÈNE

Instruments

- 1000 g d'eau pure
- Poudre de bleu de méthylène
- Balance: Une balance avec une précision de 0,1 g et une capacité de 2 kg
- Agitateur fonctionnant à 600 et 400 rpm
- Bécher en verre de 1000 ml
- Chronomètre

Procédure

750 grammes d'eau pure sont versés dans le bécher de verre. 19 grammes de poudre de bleu de méthylène sont ajoutés dans l'eau. Le mélange est agité à 600 tours par minute pendant 45 minutes et versé dans un récipient séparé. L'hélice de mélange et le bécher

en verre sont soigneusement nettoyés avec les 250 grammes restants d'eau pure qui est ensuite ajouté sur 750 grammes. Attendre 24 heures avant d'utiliser la solution et s'assurer qu'elle est conservée dans un récipient hermétiquement fermé. La durée de conservation de cette solution est de 28 jours. Afin de mener des expériences fiables, la solution doit être remplacée après 28 jours.

ESSAI AU BLEU DE MÉTHYLÈNE (TS EN 933-9)

Instruments

- Balance: Une balance avec une précision de 0,1 g et une capacité de 2 kg
- Titromètre
- Agitateur fonctionnant à 600 et 400 rpm
- Baguette de verre
- Bécher en verre de 1000 ml
- Eau pure
- Papier filtre
- Solution de bleu de méthylène
- Tamis no. 2
- Bac
- Chronomètre

Procédure

L'essai au bleu de méthylène est effectué à l'aide du kit illustré à la *Figure 5*. Le granulat fin est tamisé à travers le tamis no 2 et 200 grammes du matériau tamisé sont ajoutés dans 500 grammes d'eau pure et le mélange résultant est secoué à 600 tours par minute pendant 5 minutes. Le titromètre est rempli de 100 ml de liquide bleu. 5 ml de solution de bleu de méthylène est ajouté dans le liquide après 5 minutes, et le mélange est secoué à 400 tours par minute pendant 1 minute. Une fois le liquide bien mélangé, la tige de verre est trempée dans le mélange et le liquide est égoutté sur le papier filtre pour observer la formation d'un halo. Répétez ce processus jusqu'à ce qu'un halo puisse être observé en ajoutant 5 ml de solution et en agitant le mélange à 400 tours par minute pendant 1 minute.

Si le halo résultant disparaît en 5 minutes, seulement 2 ml de solution de colorant sont ajoutés dans le mélange. Dans les deux cas, continuez à remuer et à effectuer des tests jusqu'à ce que le halo reste visible pendant 5 minutes.

Formule: $MB = V1/M1 * 10$

Dans cette équation;

M1 : La masse sèche de l'échantillon en g.

V1 : Volume total en ml de la solution colorante ajoutée.

La valeur MB, indiquant la quantité de colorant utilisée par kilogramme pour la gamme de béchers de 0 - 2 mm, est enregistrée avec une précision de 0,1 gramme.

Note: Le chiffre 10 de l'équation ci-dessus est utilisé pour convertir le volume de la solution de colorant utilisée en masse de colorant adsorbé par kilogramme de bécher de la gamme testée.

Figure 5: Kit de bleu de méthylène



DÉTERMINATION DE LA TENEUR EN HUMIDITÉ DU GRANULAT (TS 3523)

Un échantillon est prélevé de l'agrégat à l'aide des méthodes appropriées. L'échantillon est ensuite pesé et son poids est noté. L'agrégat pesé est chauffé soit dans un four de séchage ou sur un bac, jusqu'à ce qu'il devienne sec au four. Le séchage au four est défini comme l'état dans lequel les pores des grains d'agrégats sont complètement secs. L'agrégat sec au four est pesé après refroidissement. L'équation suivante est ensuite utilisée pour calculer la teneur en humidité de la pile de granulats.

$$\% \text{ d'humidité d'agrégat} = \frac{\text{Premier poids} - \text{Poids anhydre}}{\text{Poids anhydre}} \times 100$$

ESSAI GRANULOMÉTRIQUE

Granulométrie

Tamis No (mm)	% MATÉRIAUX QUI PASSENT PAR LE TAMIS			VALEURS LIMITES REQUISES (TS 706)
	PIERRE CONCASSÉE I	PIERRE CONCASSÉE II	SABLE	
32	100	100	100	100
16	10	85	100	89-62
8	4	35	100	77-38
4	0	5	100	66-23
2	0	0	80	53-14
1	0	0	52	42-8
0.5	0	0	28	28-6
0.25	0	0	8	15-2

Tableau 2: Valeurs limites du pourcentage des matériaux passant par le tamis

La courbe qui illustre la distribution de différentes tailles de grains dans un agrégat est appelée Courbe de granulométrie. La courbe granulométrique d'un agrégat est déterminée à l'aide du test d'analyse par tamisage. Les tamis de 3 ensembles de tamis à mailles carrées de base différents sont utilisés dans le test d'analyse du tamis conformément à la norme TS EN 12620. La procédure pour effectuer un essai d'analyse au tamis sur une pile d'agrégats est décrite dans la norme TS EN 933-1. Un exemple pour le pourcentage des matériaux passant par les tamis est fourni dans le *Tableau 2*.

Diamètre de grain maximal

Selon les données, la taille maximale du grain de l'agrégat est de 32 mm. Le rapport de mélange des granulats est déterminé à ce stade, étant donné que la pierre concassée I, la pierre concassée II et le sable seront utilisés ensemble.

Selon les appréciations faites avec les informations fournies dans la section agrégée, un mélange avec une courbe de granulométrie comme indiqué dans le *Tableau 3* est obtenu en mélangeant 25% de pierre concassée I, 35% de pierre concassée II et 40% de sable.

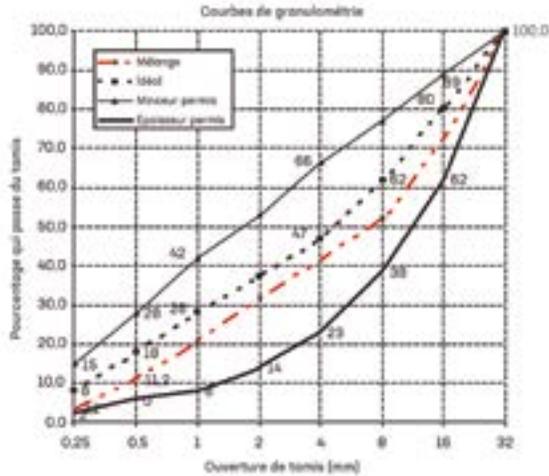


Tableau 3: Courbe de granulométrie

ESSAI DE DÉTERMINATION DE L’AFFAISSEMENT (TS EN 12350-2)

Le béton frais est rempli et compacté dans un moule métallique tronqué de forme conique. L’affaissement du béton frais qui en résulte après la levée et l’enlèvement du moule est utilisé pour évaluer la consistance du béton. La *Figure 6* présente étape par étape l’essai d’affaissement.



Figure 6: Essai d’affaissement (Slump)

Instruments

Le moule est un instrument métallique de 1,5 mm ou plus épais qui résiste aux effets négatifs de la pâte de ciment pendant une courte période et est utilisé pour former des échantillons d'essai. La surface intérieure du moule doit être lisse et exempte de rainures et d'encoches, et de protubérances telles que les têtes de rivet. Le moule doit être creux et avoir une forme conique tronquée avec les dimensions internes suivantes.

- Diamètre de la base: (200 ± 2) mm
- Diamètre de la surface supérieure: (100 ± 2) mm
- Hauteur: (300 ± 2) mm

Les surfaces supérieure et inférieure du moule doivent être ouvertes, parallèles les unes aux autres et perpendiculaires à l'axe longitudinal du moule. Il devrait y avoir deux poignées près de la surface supérieure et des brides de fixation ou des brides de pied près de la surface inférieure du moule pour assurer la stabilité pendant l'essai. Les moules avec des pinces de fixation fixées à la surface inférieure ne peuvent être utilisés que si le desserrage et le retrait des pinces n'affectent pas la stabilité du moule et l'affaissement du béton.

La tige de bourrage, doit être en acier doux avec une section circulaire, 600 ± 5 mm de longueur, 16 ± 1 mm de diamètre et ayant une extrémité arrondie.

Entonnoir conique (en option), est un instrument en métal non absorbant qui résiste aux effets néfastes de la pâte de ciment pendant une courte période de temps, et a un anneau de pression pour la fixation au moule.

Règle, marquée de 0 mm à 300 mm, avec un intervalle maximum de 5 mm. La ligne zéro doit être située à l'extrémité de la règle.

La plaque/surface de base, doit être une plaque plate non absorbante et non flexible ou une surface similaire utilisée pour tenir le moule.

Récipient de remélange, est un plateau plat non absorbant et rigide qui résiste aux effets négatifs de la pâte de ciment pendant une courte période. Les dimensions du plateau doivent convenir pour remélanger tout le béton avec une pelle carrée.

Classe	Affaissement (mm)
S1	10-40
S2	50-90
S3	100-150
S4	160-210
S5	> 220

Tableau 4: Plages millimétriques selon les classes et les normes d'affaissement

Essai

La surface intérieure du moule et de la plaque de base est humidifiée, assurant que la surface reste exempte de toute eau libre, et le moule est placé sur la plaque/surface de base horizontalement positionnée. Le moule, soit en serrant à la base ou en appuyant sur les deux pinces de pieds, est fermement fixé à la plaque de base / surface tout en versant le béton.

Le béton frais est coulé dans le moule en trois couches d'épaisseur égale, chaque couche constituant environ 1/3 de la hauteur du moule lorsqu'il est compacté. Chaque couche est

compactée à l'aide d'une tige de bourrage 25 fois pendant le versement. Les coups de la tige de bourrage doivent être répartis uniformément sur la surface de chaque couche. La tige de bourrage devrait être légèrement inclinée verticalement, et au moins la moitié des coups devrait être donnée aux points qui formeraient une spirale du bord au centre afin de distribuer les coups également sur la surface tout en bourrant la couche inférieure.

La deuxième et la dernière couche doivent être compactées à leur pleine profondeur, de sorte que la tige de bourrage pénètre légèrement la couche inférieure. Lors du remplissage et du compactage de la première couche, il est important de s'assurer que la hauteur du béton dépasse la surface supérieure du moule avant le compactage. Si la hauteur du béton frais tombe sous le niveau de la surface du moule pendant le compactage de la première couche, il faut ajouter du béton supplémentaire pour s'assurer que la hauteur du béton reste au-dessus de la surface du moule. Une fois la procédure de compactage terminée, tout excès de béton doit être retiré de la surface supérieure du moule en utilisant des mouvements de coupe et de flexion (similaires à l'utilisation d'une jauge) et la surface doit être nivelée. Le béton déversé sur la plaque/surface de base doit être nettoyé.

À l'aide des poignées, le moule est soulevé verticalement vers le haut et retiré. Le moule doit être enlevé dans les 2-5 secondes et à une vitesse constante, sans aucun mouvement latéral ou de torsion sur la masse de béton.

L'essai complet, du coulage du béton à l'élimination du moule, doit être terminé dans les 150 secondes sans interruption.

DÉTERMINATION DE LA DENSITÉ ET DE LA TENEUR EN AIR DU BÉTON FRAIS PAR LA MÉTHODE DE MESURE DE LA PRESSION

Le poids unitaire du béton frais est défini comme le poids par unité de volume de béton frais rempli et compacté dans un volume donné et est exprimé en kg/m³.

La teneur en air dans le béton est définie comme le rapport en pourcentage du volume d'air au volume de béton, à l'exclusion des vides fermés dans l'ensemble.

Densité du béton frais (TS EN 12350-6)

Le béton frais est placé et compacté dans un récipient scellé, d'un volume et d'une masse connus, puis pesé.

Le volume du récipient doit être d'au moins 5 litres. Le récipient doit être rempli en deux ou plusieurs couches pour assurer un compactage complet en fonction de la consistance du béton et de la méthode de compactage utilisée.

Le récipient doit être rempli en une seule couche si du béton autocompactant est utilisé. Le béton, immédiatement après avoir été placé dans le récipient, doit être entièrement compacté sans ségrégation et sans saignement excessif vers la surface.

Aucune procédure de compactage n'est effectuée pour le béton autocompactant. Le temps minimum suffisant doit être utilisé lors du compactage avec vibreur interne. Les vibrations excessives qui provoqueraient la décharge de l'air entraîné doivent être évitées.

Si une table vibrante est utilisée, le récipient doit de préférence être fixé sur la table et la procédure doit être effectuée pendant le minimum de temps suffisant. Lors du compactage à la main à l'aide d'une section circulaire ou d'une tige prismatique, les coups de la tige de bourrage doivent être réparties uniformément sur la section transversale du récipient. Pour les bétons ayant une consistance équivalente à la classe d'affaissement S1 et S2, chaque couche doit généralement être compactée à l'aide d'une tige de bourrage 25 fois jusqu'à ce

que les poches d'air ou l'air piégé soit enlevé tout en évitant la décharge d'air entraîné.

Les bords extérieurs du récipient doivent être frappés légèrement avec un marteau jusqu'à ce que de grandes bulles d'air cessent d'apparaître sur la surface et que les vides laissés par les coups de la tige de bourrage soient remplis.

La surface supérieure du récipient doit être nivelée avec une truelle en acier ou une truelle de lissage une fois que la couche supérieure est compactée. La surface doit être raclée avec une jauge de bord droit et la hauteur du béton doit être alignée avec les bords supérieurs du récipient. Ensuite, la surface extérieure du récipient doit être nettoyée.

Le récipient rempli est pesé sur la balance et le poids net du béton est déterminé en soustrayant le poids à vide du conteneur du poids brut.

La densité du béton frais (D) est calculée en utilisant la formule ci-dessous. Le résultat est exprimé en kg/m³ et arrondi à 10 kg/m³ près.

$$D = \frac{M2 - M1}{V}$$

Dans cette formule;

D: Densité du béton frais kg/m³

M1: Poids du récipient vide kg

M2: Poids total du récipient avec échantillon de béton kg

V: Volume du récipient, m³

Teneur en air du béton frais (TS EN 12350-7)

Les brides du récipient et du couvercle doivent être soigneusement nettoyées. Le couvercle doit être placé et fixé au récipient. Il est important d'assurer qu'il n'y a pas de fuite de pression entre le couvercle et le récipient.

La vanne d'air principale est fermée et les vannes A et B sont ouvertes. L'appareil est rempli d'eau à l'aide d'un injecteur à travers la vanne A ou B jusqu'à ce que l'eau émerge de l'autre vanne et que l'appareil soit légèrement frappé avec un marteau jusqu'à ce que les bulles d'eau soient complètement éliminées. La vanne de libération d'air connectée à la cellule d'air fermée est fermée et l'air est pompé dans la cellule d'air fermée jusqu'à ce que l'aiguille de la jauge de pression atteigne la ligne de zéro de pression initiale.

Après avoir attendu quelques secondes pour permettre à l'air comprimé de refroidir à la température ambiante, l'aiguille du manomètre est amenée à la ligne de pression initiale en pompant l'air ou en drainant l'air sous pression. Le manomètre est légèrement tapoté pendant cette procédure.

Les vannes A et B sont fermées, la vanne d'air principale est ouverte. Les surfaces latérales du compteur d'air sont tapées fermement. La valeur indiquée par l'aiguille du manomètre après que le manomètre est légèrement tapé à la main à quelques reprises et que l'aiguille est stabilisée est lue comme A1.

Quand le test terminé, l'air sous pression est évacué en ouvrant les vannes A et B, et le mécanisme du couvercle retiré en desserrant les colliers de fixation.



Figure 7: Testeur d'air

PRÉPARATION DES ÉCHANTILLONS DE BÉTON (TS EN 12350-1)

Lieu de préparation des échantillons

Les échantillons de béton doivent être préparés à leur lieu d'entreposage ou le plus près possible de celui-ci. Les échantillons doivent être transportés à leur lieu d'entreposage immédiatement après la préparation. Les échantillons ne doivent pas être secoués ou dérangés pendant le déplacement.

Mise en place du béton dans des moules à échantillons

Le béton est mis dans des moules à échantillons en deux couches. La pelle, la spatule ou la truelle utilisée pour verser le béton dans le moule doit être déplacée le long de la surface du moule pour assurer que le béton est réparti de manière homogène dans le moule et que la ségrégation des granulats grossiers est évitée. Une tige de bourrage est utilisée si nécessaire pour assurer que le béton se propage à travers le moule. Le béton rempli comme dernière couche doit être suffisant pour remplir complètement le moule après compactage. Dans les cas où le moule n'est pas complètement rempli, il est important de s'assurer que le béton ajouté est représentatif du mélange de béton.

Compactage du béton dans les moules à échantillons

Méthodes de compactage

Des méthodes de compactage telles que le bourrage et les vibrations internes et externes peuvent être utilisées lors de la préparation d'échantillons d'essai de béton.

En outre, sauf indication contraire, la méthode de compactage utilisée est déterminée en fonction de la maniabilité (affaissement) du béton. Les bétons dont la valeur d'affaissement est inférieure à 2,5 cm doivent être compactés par vibration, tandis que les bétons dont la valeur d'affaissement est supérieure à 7,5 cm doivent être compactés par bourrage. Les bétons avec une valeur d'affaissement comprise entre 2,5 cm et 7,5 cm peuvent être compactés en utilisant les deux méthodes.

NOTE: Les méthodes fournies dans cette norme peuvent ne pas être suffisantes pour compacter des bétons à très faible teneur en eau et à faible valeur d'affaissement. Les

méthodes de compactage recommandées dans les normes ou spécifications pertinentes peuvent être utilisées lors du compactage des bétons de ce type.

Bourrage: Le béton est placé dans le moule en couches de volume (profondeur) à peu près égal et bourré 25 fois avec l'extrémité arrondie de la tige de bourrage.

Le nombre de coups de bourrage requis pour chaque couche dans les moules cylindriques est indiqué dans le *Tableau 5*

Diamètre de cylindre < cm	Nombre de coups pour chaque couche
15	25
20	50
25	75

Tableau 5: Nombre de coups de bourrage

Le nombre de coups de bourrage requis pour chaque couche dans les moules cubiques ou à poutres est calculé comme un coup par 15 cm² de la surface supérieure du moule. Les coups doivent être répartis uniformément sur la surface du moule. Les coups doivent pénétrer toute la profondeur tout en bourrant la couche inférieure, en s'assurant que le fond du moule n'est pas frappé trop fermement. Pendant le bourrage des autres couches, les coups doivent être disposés de sorte que la tige pénètre environ 2,5 cm dans la couche inférieure. Tout vide qui peut se produire pendant le bourrage doit être enlevé en tapotant légèrement sur les bords du moule. Les coins et les bords de la couche bourrée doivent être nivelés à l'aide d'une truelle.

Vibration: Le béton est placé dans le moule en couches d'un volume (profondeur) à peu près égal. La procédure de vibration interne pour chaque couche doit être effectuée après que la couche entière est placée dans le moule. La durée de la procédure de vibration doit être déterminée en fonction de la consistance du béton pour chaque couche, type de vibreur et moule d'échantillon.

Une vibration suffisante est généralement indiquée par une surface lisse et brillante de la couche de béton. Les vibrations excessives susceptibles de provoquer une ségrégation dans le béton doivent être évitées.

La quantité de béton remplie comme dernière couche doit être disposée pour s'assurer que tout débordement de béton après vibration est inférieur à environ 6 mm de hauteur. Si le moule n'est pas complètement rempli après la vibration, le béton ajouté devrait déborder la surface supérieure du moule de 3 mm.

Nivellement des surfaces d'échantillon

La surface du béton placé dans le moule est polie après compactage. À cette fin, le béton débordant de la surface supérieure du moule est enlevé avec une tige de bourrage ou une truelle, et la surface nivelée est polie avec une truelle ou une jauge. Ces procédures doivent être exécutées aussi rapidement et pratiquement que possible. La surface d'échantillonnage obtenue doit être au niveau des bords du moule, et les dimensions des empreintes ou des saillies restantes ne doivent pas dépasser 3 mm.



Figure 8: Moules d'échantillons de béton

DÉTERMINATION DE LA FORCE DE COMPRESSION DES ÉCHANTILLONS (TS EN 12390-3)

Les échantillons sont chargés jusqu'à ce qu'ils se cassent dans une machine d'essai de compression (Figure 9) conforme à EN 12390-4. La charge maximale supportée par l'échantillon est enregistrée et la résistance à la compression du béton est calculée. La machine d'essai de compression devrait être conforme à la norme EN 12390-4.

Préparation et mise en place de l'échantillon: Toute humidité restante sur la surface de l'échantillon est séchée avant d'être placée dans la machine d'essai.

La surface des têtes de chargement de la machine d'essai devrait être essuyée propre, et toute saillie lâche ou matériel est enlevé de la surface de l'échantillon qui sera en contact avec les têtes.

Rien d'autre que des blocs d'espacement (EN 12390-4) et des plaques auxiliaires doivent être placés entre l'échantillon d'essai et la tête de chargement de la machine d'essai.

Les échantillons cubiques doivent être placés de manière que la charge soit appliquée perpendiculairement à la direction du coulage.

Les échantillons doivent être centrés sur la tête de chargement inférieure de la machine.

Les dimensions spécifiées des échantillons cubiques et les dimensions spécifiées des échantillons cylindriques doivent être positionnées au centre avec une précision de $\pm 1\%$.

Les plaques de chargement auxiliaires, le cas échéant, doivent être ajustées en fonction des surfaces inférieure et supérieure de l'échantillon.

Avec les machines d'essai à deux colonnes, les échantillons cubiques doivent être placés avec leur surface talochée face à une colonne.

Chargement: Un taux de chargement constant doit être déterminé entre 0,2 MPa/s (N/mm².s) et 1,0 MPa/s (N/mm².s). La charge doit être appliquée à l'échantillon sans impact et augmentée continuellement au taux constant déterminé avec un écart inférieur à $\pm 10\%$ jusqu'à la plus grande charge possible

Affichage des résultats: La résistance à la compression est calculée en utilisant l'équation ci-dessous :

$f_c = F/A_c$

Dans cette équation;

f_c : Résistance à la pression MPa (N/mm²)

F: La plus grande charge atteinte au point de défaillance, N

A_c : Section transversale (mm²) de l'échantillon sur lequel la charge est appliquée, (mm²)

Ceci est calculé en utilisant les dimensions spécifiées de l'échantillon (EN 12390-1) et en utilisant les dimensions réelles mesurées de l'échantillon.

La résistance à la pression est arrondie à 0,5 MPa (N/mm²) le plus proche.



Figure 9: Machine à compression de béton

Tableau des classes d'exposition du béton, coulée du béton par temps chaud et froid qui affecte la résistance et la durabilité ultimes du béton, et les causes des fissures possibles dans le béton frais et durci, et les précautions nécessaires à prendre à cet égard dans le choix de la classe de béton appropriée et la détermination du mélange sont indiquées ci-dessous. Le tableau des classes de béton et des forces et le tableau des classes de ciment sont fournis pour information.

- Valeur limite recommandée pour le mélange de béton et ses propriétés
- Coulage de béton par temps chaud
- Coulage de béton par temps froid
- Types de fissures dans les structures en béton armé
- Tableau des classes de ciment
- Tableau des classes et des forces du béton

VALEURS LIMITEES RECOMMANDEE POUR LE MELANGE DE BETON ET SES PROPRIETES (TS 13515)

Tableau F.1.1

rang	Catégorie d'exposition	Aucun effet ou risque de corrosion	Corrosion due à la carbonisation			
		Xo ²	XC ₁	XC ₂	XC ₃	XC ₄
1	Le plus grand rapport eau / ciment	–	0,70	0,65	0,60	0,55
2	La classe de béton la plus basse ^b	C8/10	C20/25	C25/30	C230/37	C30/37
3	Teneur minimale en ciment ^c [kg/m ³]	–	250	260	270	280
4	Teneur minimale en ciment lorsque l'additif minéral est utilisé ^c [kg/m ³]	–	240	240	240	270
5	Teneur minimale en air (%)	–	–	–	–	–
6	Autres propriétés					

(a) Seulement pour bétons sans armature ou métal incorporé.

(b) N'est pas appliqué au béton léger.

(c) Dans ce cas, le dosage du ciment peut être diminué de 30 kg/m³ pour des bétons dont la taille maximale de grain est 63 mm.

Corrosion des armatures						
Corrosion due aux ions de chlorures						
Chlorure en dehors de l'eau de mer			Chlorure d'eau de mer			
XD_1	XD_2	XD_3	XS_1	XS_2	XS_3	
0,55	0,50	0,45	Voir XD_1	Voir XD_2	Voir XD_3	
C30/37 ^d	C35/45 ^{de}	C35/45 ^d				
300	320	320				
270						
-	-	-				
-						

(d) Un béton ayant une valeur limite inférieure pour les bétons entraînés d'air (comme la conformité à la classe d'exposition environnementale XF). Dans ce cas, la note de bas de page (e) n'est pas appliquée.

(e) Une classe inférieure est appliquée aux bétons dont le taux de gain de force est plus lent (quand $f_{cm, 28} / f_{cm, 28} < 0,30$). Dans ce cas, la résistance à la compression pour la classification est déterminée avec des échantillons de 28 jours, comme indiqué à l'article 4.3.1.

VALEURS LIMITEES RECOMMANDEE POUR LE MELANGE DE BETON ET SES PROPRIETES (TS 13515)

Tableau F.1.2

		effet de gel - dégel					
Rang	Catégorie d'exposition	XF ₁	XF ₂		XF ₃		XF ₄
1	Le plus grand rapport eau / ciment	0,60	0,55 ^g	0,55 ^g	0,55	0,55	0,55 ^g
2	La classe de béton la plus basse ^b	C _{25/30}	C _{35/45} ^e		C _{25/30}	C _{35/45} ^e	C _{30/37}
3	Teneur minimale en ciment ^c (kg/m ³)	280	300	320	300	320	
4	Teneur minimale en ciment lorsque l'additif minéral est utilisé ^c (kg/m ³)	270	270 ^g		270		270 ^g
5	Teneur minimale en air (%)	–	f	–	f	–	f ve j
6	Autres propriétés	distribution granulométrique des bétons de classe d'exposition de XF ₁ à XF ₄					
		F ₄	MS ₂₅		F ₂		MS ₁₈

Voir le *Tableau F.1.1* pour les notes de bas de page (b), (c), (d) et (e).

(f) La teneur moyenne en air du béton immédiatement avant sa mise en place doit être d'au moins 5,5 % par volume pour les bétons ayant une granulométrie maximale de 8 mm, d'au moins 4,5 % par volume pour les bétons ayant une granulométrie maximale de 16 mm; au moins 4 % par volume pour les bétons ayant une granulométrie maximale de 32 mm et au moins 3,5 % par volume pour les bétons ayant une granulométrie maximale de 63 mm. L'écart maximal admissible d'un seul résultat d'essai par rapport aux résultats d'essai ci-dessus est de -0,5 %.

(g) Seules les cendres volantes sont prises en considération comme additif minéral liant ajouté au ciment dans le calcul de la teneur minimale en ciment et du rapport eau/ciment. Aucun autre additif minéral de type II n'est pris en considération dans ce calcul. Les cendres volantes ne doivent pas être prises en compte dans le calcul si les cendres volantes et la silice sont utilisées ensemble dans le béton.

Corrosion des armatures						
Environnement chimique nuisible			Abrasion ^h			
XA ₁	XA ₂	XA ₃	XM ₁	XM ₂	XM ₃	
0,60	0,50	0,45	0,55		0,45	
C _{25/30}	C _{35/45} ^{d,e}	C _{35/45}	C _{30/37} ^d		C _{35/45} ^d	
280	320		300 ⁱ		320 ⁱ	
270						
-						
-		-	La surface en béton à traiter ^k		En utilisant des granulats grossiers	

(h) L'agrégat utilisé doit être conforme à la norme EN 12620.

(i) La quantité maximal de béton doit être 360 kg/m³, à l'exclusion des bétons à haute résistance.

(j) Il n'est pas nécessaire d'entraîner d'air dans les bétons de consistance de sol humide dont la rapport eau/ciment est plus petit que 0,4.

(k) Aspiration de l'eau, nivellement de la surface etc.

(l) Voir l'article 5.3.2 pour les mesures de protection.

COULAGE DE BÉTON PAR TEMPS CHAUD

La norme TS 1248 définit les conditions météorologiques lorsque la température moyenne dépasse 30 °C pendant trois jours consécutifs comme « un temps extrêmement chaud ».

La norme TS 1247 définit la température de coulage du béton par temps normal entre +5 °C et +30 °C.

Selon la norme TS 13515, la température du béton frais ne doit pas dépasser 35 °C si aucune précaution n'est prise. La température de mélange et de mise en place du béton doit être entre 10 °C à 30 °C. Si la teneur en ciment du béton est inférieure à 240 kg/m³ ou dans les cas où du ciment à faible température d'hydratation est utilisé, la température de mise en place du béton ne doit pas tomber en dessous de 10 °C. La température du béton placé dans le moule, continue d'hydrater et de durcir ne doit pas dépasser 65 °C. Dans les cas où la température est entre 5 °C et -3 °C, le béton placé dans le moule ne doit pas être inférieure à 5 °C.

Les effets du temps chaud sur le béton frais:

- La teneur en eau du mélange augmente.
- Le taux de perte de la valeur d'affaissement augmente.
- La température du béton (hydratation) augmente.
- La durée de la prise du béton est plus courte.
- Le nombre des fissures de retrait plastique augmente.
- La teneur en air devient difficile à contrôler dans les bétons entraînés d'air.

Les effets du temps chaud sur le béton durci:

- Gagne rapidement en force au cours des premiers jours, mais la force de 28 jours diminue.
- Un béton poreux à haute perméabilité à l'eau est obtenu en raison d'une plus grande teneur en eau.
- La tendance du béton à se fissurer augmente en raison de la différence de température après le refroidissement du béton.
- Le rétrécissement augmente.

Précautions à prendre:

- Utilisation des ciments à basse température d'hydratation.
- Refroidissement des matériaux formant le béton.
- Utilisation des adjuvants.
- Prendre des précautions pour empêcher l'eau de s'évaporer.
- Éviter d'exposer le béton à la lumière directe du soleil.
- Refroidissement du moule et du renfort avant la coulée.
- Enrouler les colonnes avec des sacs humides.
- Exécuter la procédure de durcissement le plus rapidement possible.
- Réduire l'exposition au vent.
- Utilisation des additifs chimiques qui retardent le réglage.

COULAGE DE BÉTON PAR TEMPS FROID

Définition du temps froid

La norme TS 1248 définit le temps froid comme la condition météorologique lorsque la température moyenne tombe en dessous de 5 °C et ne dépasse pas 10 °C pendant plus d'une demi-journée pendant trois jours consécutifs.

Couler du béton par temps froid

La norme TS 1248 définit les conditions météorologiques lorsque la température moyenne tombe sous +5 °C pendant trois jours consécutifs comme du temps froid.

La congélation lors de la pose du béton frais est dangereuse. Les effets du gel avant et après le durcissement sont relativement mineurs. Une diminution de la température de l'environnement, prolongera les temps de prise et de moulage, réduira la résistance du béton et peut provoquer une ségrégation des agrégats. Maintenir la température du béton au-dessus d'un certain niveau au début est essentiel pour protéger le béton par temps froid. Le béton doit être protégé du gel pendant 48 heures si la température de l'environnement dans lequel le béton frais est coulé tombe en dessous de +5 °C en une journée et pendant 72 heures si la température reste en dessous de +5 °C pendant plus d'une journée. Les normes turques reconnaissent que le béton ne sera pas endommagé par le gel après avoir atteint une résistance à la compression de 50 kgf/cm². Cela signifie 3 jours à +1 °C pour un béton de haute qualité.

Températures requises pour le béton préparé et mise en place par temps froid

Épaisseur de la section du béton (cm)	Température minimale (°C) requis pendant la mise en place
<30 cm	13°C
30-90 cm	10°C
90-180 cm	7°C
>180 cm	5°C

Températures minimales recommandées pour le béton après défaillance

Épaisseur de la section du béton (cm)	Les températures requises du mélange de béton pendant la préparation aux températures de l'air spécifiées, (°C)		
	Moins de -18°C	Entre -18°C et -1°C	Entre -1°C et 16°C
<30 cm	21°C	18°C	16°C
30-90 cm	18°C	16°C	13°C
90-180 cm	16°C	13°C	10°C
>180 cm	13°C	10°C	7°C

Précautions nécessaires par temps froid:

- Chauffer les matériaux formant le béton pour augmenter la température du mélange de béton,
- Utiliser du ciment, des additifs et de l'antigel pour béton pour assurer une résistance élevée pendant les premiers jours,
- Utiliser des moules et des matériaux d'isolation appropriés et/ou des méthodes de durcissement pour le béton coulé par temps froid,
- Planifier à l'avance et faire les préparations requises avant le coulage du béton,
- Le béton coulé par temps froid doit être laissé durcir suffisamment longtemps.

TYPES DE FISSURES DANS LES STRUCTURES EN BÉTON ARMÉ

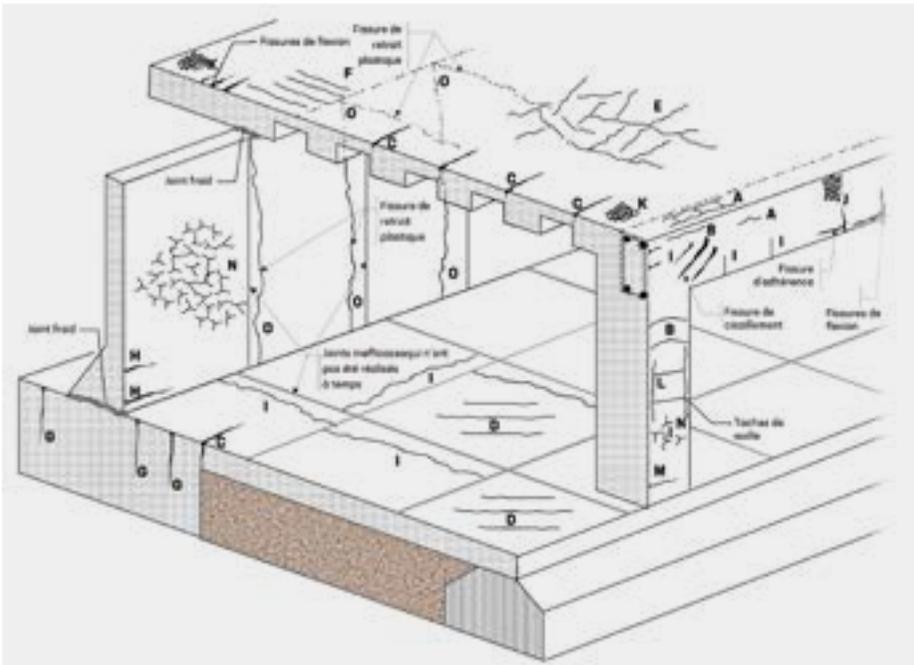


Figure 10: Types de fissures dans les structures en béton armé

Types de fissures dans les structures en béton armé

Retrait plastique (A-B-C)		Retrait plastique (D-E-F)		Retrait thermique précoce (G-H)	
Durée de formation: 10 minutes - 3 heures	Fréquence d'apparition Très fréquemment	Durée de formation: 30 minutes - 6 heures	Fréquence d'apparition Très fréquemment	Durée de formation: 1 jour - 3 semaines	Fréquence d'apparition Assez fréquemment
Surtout vu sur sections profondes, dessus de colonnes, dalles nervurées et à gaudres		Surtout vu sur Routes et dalles (D), béton armé (E-F)		Surtout vu sur Murs épais, planchers épais	
Causes principales: <ul style="list-style-type: none"> Saignement excessif et précipitation des particules plus lourdes dans le mélange 		Causes principales: <ul style="list-style-type: none"> Évaporation de l'eau de la surface du béton en raison des conditions de séchage rapide, comme l'exposition au soleil et au vent, ce qui entraîne un retrait plus important que le saignement du béton, armature très proche de la surface 		Causes principales: <ul style="list-style-type: none"> Chaleur excessive due à l'hydratation du ciment Changements extrêmes de température 	
Causes secondaires: <ul style="list-style-type: none"> Séchage précoce rapide, zones exposées au soleil et au vent Réglage lent en raison des ajouts retardateurs et des propriétés du ciment 		Causes secondaires: <ul style="list-style-type: none"> Faible taux de saignement 		Causes secondaires: <ul style="list-style-type: none"> Refroidissement rapide Répartition insuffisante des armatures Écart excessif des joints 	
Mesures possibles: <ul style="list-style-type: none"> Vibrer si le béton est encore plastique Protection contre la sécheresse Réduction des saignements Utilisation de béton entraînant de l'air 		Mesures possibles: <ul style="list-style-type: none"> Assurer une humidité élevée en améliorant le processus de durcissement précoce, en plus des précautions qui peuvent être prises pour le tassement plastique Ajout de fibres de polypropylène au béton Appliquer un agent de cure durant la phase initiale 		Mesures possibles: <ul style="list-style-type: none"> Réduire la chaleur due au ciment à basse température ou un isolant Augmentation de la répartition des armatures Ajouter une armature à fibre d'acier 	
Commentaire: Les fissures varient en profondeur et se produisent généralement dans le sens des contraintes appliquées.		Commentaire: Les fissures s'étendent rarement jusqu'à l'extrémité de la section ou dépassent 1 m. Ils ne s'étendent pas aux grains d'agréats.		Commentaire: Le planificateur doit garder à l'esprit les propriétés thermiques du béton tout en vérifiant les fissures et en déterminant l'espacement des joints sur les revêtements, planchers et murs	

Types de fissures dans les structures en béton armé

Retrait de séchage à long terme (I)

Durée de formation: Quelques semaines ou mois
Fréquence d'apparition: Rare

Surtout vu sur

Dalles et murs minces

Causes principales:

- Joints insuffisants
- Conception incorrecte

Causes secondaires:

- Retrait excessif (agrégat rétrécissable)
- Durcissement insuffisant
- Répartition insuffisante des armatures

Mesures possibles:

- Réduire la teneur en eau
- Appliquer un produit de cure
- Augmentation de la répartition des armatures
- Utilisation des granulats à faible retrait

Commentaire:

Généralement causée par une erreur de conception ou de construction essentielle.

Fissure mince superficielle (J-K)

Durée de formation: 1 - 7 jours
Fréquence d'apparition: Souvent, fréquemment

Surtout vu sur

Béton brut, planchers

Causes principales:

- Moule imperméable
- Polissage excessif

Causes secondaires:

- Surface riche en ciment
- Durcissement insuffisant
- Utilisation de vibrations excessives près du moule

Mesures possibles:

- Changer la surface de moule en contact avec le béton
- Améliorer le durcissement et le polissage

Commentaire:

Les fissures apparaissent sous la forme d'une carte. Devient plus visible au fil du temps. Rarement devient plus qu'un problème esthétique.

Fissure mince superficielle (J-K)

Durée de formation: Plus de 2 ans
Fréquence d'apparition: Surtout sur vieux béton

Surtout vu sur

Colonnes et poutres (L), béton préfabriqué (M), béton exposé au gel - dégel ou aux sels de mer (M)

Causes principales:

- Insuffisances de couverture de béton (L)
- Excès de chlorure de calcium (M)
- Transitions de chlorure (M)

Causes secondaires:

- Classe de béton inadéquate (perméable)
- Durcissement insuffisant
- Compactage insuffisant

Mesures possibles:

- Augmentation de la couverture de béton
- Béton de classe supérieure
- Bon compactage
- Bon durcissement
- Utilisation d'un accélérateur sans chlorure
- Possibilité de réparation par des spécialistes

Commentaire:

L'armature corrode et fissure le béton. Des taches de rouille apparaissent généralement dans les fissures.

Réaction alcali-silice (N)

Durée de formation: Plus de 5 ans
Fréquence d'apparition: Plus de 5 ans

Surtout vu sur

Zones humides

Causes principales:

- Les alcalis dans le ciment forment un gel absorbant l'eau et dilatatant en interagissant avec les composants réactifs de l'agrégat en présence d'eau

Mesures possibles:

- Consulter le fabricant de béton (impossible à réparer, mais pas aussi important qu'il n'y paraît)

Commentaire:

Les fissures apparaissent sous la forme d'une carte. Parfois, un gel de couleur blanche se forme à l'intérieur des fissures.

Dommages causés par gel précoce (P)

Durée de formation: 1 - 24 heures
Fréquence d'apparition: Assez fréquemment

Surtout vu sur

Sections minces, planchers

Causes principales:

- Congélation et expansion de l'eau dans le béton frais

Causes secondaires:

- Non-respect des exigences en matière de durcissement et d'isolation

Mesures possibles:

- Maintenir la température du béton à +5 °C jusqu'à la fin de la procédure de durcissement
- Isolation

Commentaire:

Le béton endommagé par le gel n'a aucune résistance structurelle. Il doit être remplacé.

Réaction alcali-silice (N)

Durée de formation: Après le durcissement du béton
Fréquence d'apparition: Assez fréquemment

Surtout vu sur

Revêtements

Causes principales:

- L'eau de congélation s'infiltre à travers la surface du béton durci et se dilate, ce qui fait que la surface se fissure et s'effrite

Causes secondaires:

- Classe et type de béton inadaptés
- Durcissement insuffisant

Mesures possibles:

- Utiliser un béton de haute qualité entraînant de l'air
- Appliquer une cure suffisante

Commentaire:

Les sels de dégivrage aggravent la situation.

Fissures structurelles

Ces fissures sont causées par des contraintes que la structure doit supporter en raison de son utilisation prévue. Ils se produisent dans des structures avec un mauvais capacité portante du sol et en raison de mauvaises pratiques de construction et sont extrêmement dangereux; ils ne sont pas liés aux conditions de versement et de coulage de béton. Les bureaux d'ingénierie, les universités et les autorités compétentes similaires devraient être consultés dans de tels cas. De tels problèmes ne se produisent pas tant que la structure est conçue correctement et qu'il n'y a pas de surcharge. Les fissures structurelles se produisent perpendiculairement aux contraintes de traction dans l'élément en béton armé. Les fissures qui se produisent au centre d'une simple portée de poutre ou sur un support de support sont de ce type.

Fissures causées par l'application

Ces fissures apparaissent sur les bétons frais ou vieux.

Fissures de béton frais

Des fissures de béton frais se produisent au cours des 30 premières minutes à 5 heures de la mise en place du béton dans le moule, généralement sur des bétons appliqués sur de grandes surfaces telles que des dalles. Ces fissures peuvent être aussi profondes que 10 cm et aussi longues que de quelques centimètres à 2 mètres. Les fissures profondes et longues peuvent être très préjudiciables à la résistance et à la durabilité du béton. Deux causes particulièrement importantes pour les fissures de béton frais sont le tassement et le rétrécissement plastique.

Fissures de tassement

Ces fissures se produisent sur le béton fraîchement coulé, découvert, non durci avec une teneur en eau excessive, des éléments en béton armé creux, des zones avec un excès d'armature, en cas de placement de béton incorrect, juste au-dessus des armatures près de la surface supérieure. Les grains d'agrégat grossiers coulent au fond tandis que l'eau contenant des particules de ciment remonte à la surface dans le béton frais. Les renforts de poutre et de dalle qui sont près de la surface résistent à ce déplacement, de sorte que le béton frais ne parvient pas à se tasser correctement dans ces zones. Le béton non tassé forme des fissures le long de la barre. Comme les planchers sont des composants minces, la durée de tassement est minimale, des fissures ne sont pas couramment observées. Étant donné que les poutres sont situées plus profondément, la durée de tassement peut être importante et la structure des armatures en fer devient visible à la surface. Ainsi, les fissures révèlent l'emplacement de l'armature. La durée de tassement augmente à mesure que la teneur en eau du béton augmente. La durée de tassement augmente également si le béton n'est pas placé, compacté et vibré correctement. Cela peut être évité en utilisant du béton avec un affaissement de -12 cm à consistance normale, en évitant d'utiliser des bétons ayant une consistance élevée et une teneur élevée en eau, et en faisant vibrer correctement le béton.

Fissures de retrait plastique

Il s'agit de fissures réparties au hasard de longueur et de largeur variables, généralement trouvées dans les dalles de béton, les planchers, les routes, les voies coulées par temps chaud, sec et venteux. Il s'agit généralement de fissures superficielles peu profondes dont la largeur est inférieure à 1 mm et qui ne constituent pas une menace pour la sécurité de la structure.

Lorsque la dalle de béton est coulée, l'eau de surface commence à s'évaporer et l'eau contenue dans le béton remonte vers la surface (saignement). Si le taux d'évaporation est supérieur au taux de saignement, la surface du béton commence à sécher, à rétrécir et à se fissurer. Les mêmes fissures peuvent également être causées par le vieux béton sec sous le béton nouvellement coulé, ou par d'autres matériaux tels que les briquettes dans les planchers creux absorbant l'eau de béton.

Facteurs qui augmentent le taux d'évaporation

Température: L'évaporation augmente à mesure que la température de l'air augmente. Une augmentation de la température de 10 °C double approximativement le taux d'évaporation. L'évaporation est accélérée si la température du béton est supérieure à celle de l'air.

Humidité de l'air: L'évaporation devient plus rapide et plus facile lorsque l'humidité de l'air diminue (à mesure que l'air devient plus sec). Une diminution de l'humidité relative de 90% à 5% augmente l'évaporation cinq fois.

Vitesse du vent: Le taux d'évaporation augmente à mesure que la vitesse du vent augmente. Une augmentation de la vitesse du vent de 0 à 20 km augmente l'évaporation quatre fois.

Lumière du soleil: Si la surface du béton est exposée au soleil, la température de la surface augmente et l'évaporation s'accélère.

Deux raisons principales qui affectent le taux de saignement d'eau du béton sont sa compacité et la granulométrie de l'agrégat. Moins de vide dans la granulométrie de l'agrégat signifie une résistance du béton plus élevée, mais il devient plus difficile et prend plus de temps pour que l'eau monte à la surface quand il n'y a pas de vides. Lorsque l'eau évaporée ne peut pas être remplacée par de l'eau de purge, la surface du béton devient sèche et se fissure. Comme la granulométrie du béton prêt à l'emploi est bien ajustée, le saignement d'eau devient difficile, ce qui augmente les fissures de retrait plastique.

Précautions pour minimiser le retrait plastique et les fissures y relatives:

- Humidifier le moule dans lequel le béton sera coulé et la ferronnerie de l'armature pour empêcher les éléments du moule d'absorber l'eau du béton accélérer son séchage.
- Éviter d'exposer le béton à la lumière du soleil (faire un auvent ou couler durant la nuit), à la chaleur (en coulant durant la nuit) et au vent (avec un brise-vent).
- Empêcher l'évaporation de l'eau en enveloppant le béton dans des sacs humides ou des housses en nylon. Vous pouvez également empêcher l'évaporation en appliquant ou en pulvérisant un agent de cure
- Travailler avec un nombre suffisant de travailleurs qualifiés, couler le béton rapidement, le niveler et procéder immédiatement à la cure. Maintenir le durcissement pendant au moins 3 jours.

Les fissures de retrait plastique peuvent se produire dans les 35 à 40 minutes, bien avant que la procédure de bétonnage ne soit terminée. Il peut donc être nécessaire de prendre des précautions pour protéger les sections finies lors du bétonnage. Ces précautions peuvent être prises progressivement en couvrant les zones nivelées avec du nylon ou un chiffon humide et en appliquant un matériau de cure. Si aucune précaution n'est prise, le béton se fissure plus ou moins en fonction de sa température, de l'humidité de l'air et de la vitesse du vent. Il est entre vos mains pour minimiser le nombre de fissures.

Fissures de vieux béton

Ces fissures peuvent être observées dans le béton de différents âges de quelques semaines à 30 ans. Ils peuvent être de nature physique ou chimique. Ils apparaissent d'abord très minces, et avec le temps ils grandissent et fusionnent. Écaillages, épiluchages et éclatements peuvent être observés à la surface du béton après la formation des fissures. Le composant en béton armé peut être complètement endommagé au fil du temps si des mesures nécessaires ne sont pas prises.

Les causes de ces fissures comprennent le gel - décongélation, réaction de silice activée par alcali, carbonatation, corrosion de l'armature, réactions causées par des substances nocives pour le béton telles que le sulfate, l'acide et le sel.

Tableau 1: 27 Ciments de la classe Ciments Communs

Type de ciment	Nom	Notation	Principaux composants (% en masse)										Composants supplémentaires mineurs		
			Klinker K	Laïtier de haut fourneou S	Fumée de silice D	Pouzzolane naturelle P	Pouzzolane industrielle Q	Cendres siliceuses V	Cendres calcaires W	Schiste cuit T	Craie (calcaire) L	Craie (calcaire) LI			
CEM I	Ciment portland	CEM I	95-100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0-5
CEM II	Ciment ou laïtier portland	CEM II/A-S	80-94	6-20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0-5
		CEM II/B-S	65-79	21-35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0-5
	Ciment fumée de silice Portland	CEM II/A-D	90-94	—	6-10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0-5
		CEM II/A-P	80-94	—	—	6-20	—	—	—	—	—	—	—	—	0-5
	Ciment pouzzolane portland	CEM II/B-P	65-79	—	—	21-35	—	—	—	—	—	—	—	—	0-5
		CEM II/A-Q	80-94	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0-5
		CEM II/B-Q	65-79	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0-5
		CEM II/A-V	80-94	—	—	—	—	—	6-20	—	—	—	—	—	0-5
	Ciment à cendres volantes portland	CEM II/B-V	65-79	—	—	—	—	—	21-35	—	—	—	—	—	0-5
		CEM II/A-W	80-94	—	—	—	—	—	—	6-20	—	—	—	—	0-5
		CEM II/B-W	65-79	—	—	—	—	—	—	21-35	—	—	—	—	0-5
		CEM II/A-T	80-94	—	—	—	—	—	—	—	6-20	—	—	—	0-5
	Ciment à schiste cuit portland	CEM II/B-T	65-79	—	—	—	—	—	—	—	21-35	—	—	—	0-5
		CEM II/A-L	80-94	—	—	—	—	—	—	—	—	6-20	—	—	0-5
	Ciment de chaux portland	CEM II/B-L	65-79	—	—	—	—	—	—	—	—	21-35	—	—	0-5
		CEM II/A-LL	80-94	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6-20	—	0-5
		CEM II/B-LL	65-79	—	—	—	—	—	—	—	—	—	21-35	—	0-5
		CEM II/A-M	80-94	12-20										0-5	
Ciment composé portland	CEM II/B-M	65-79	21-35										0-5		
	Ciment ou laïtier de haut fourneau	CEM III/A	35-64	36-65	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0-5
CEM III/B		20-34	66-80	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0-5	
CEM III/C		5-19	81-95	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0-5	
CEM IV	Ciment pouzzolanique	CEM IV/A	65-89	11-35										0-5	
	CEM IV/B	45-64	36-55										0-5		
CEM V	Ciment composé	CEM V/A	40-64	18-30	—	—	18-30	—	—	—	—	—	—	0-5	
		CEM V/B	20-38	31-49	—	—	31-49	—	—	—	—	—	—	0-5	

Tableau 2: Tableau des classes et des forces TS EN 206-1

Classe de résistance à la pression	Résistance minimale caractéristique du cylindre f _{ck,sil} (N/mm ²)	Résistance minimale caractéristique du cube f _{ck,cube} (N/mm ²)
C 8/10	8	10
C 12/15	12	15
C 16/20	16	20
C 20/25	20	25
C 25/30	25	30
C 30/37	30	37
C 35/45	35	45
C 40/50	40	50
C 45/55	45	55
C 50/60	50	60
C 55/67	55	67
C 60/75	60	75
C 70/85	70	85
C 80/95	80	95
C 90/105	90	105
C 100/115	100	115

Grandissez avec nos contributions

La société Yapıchem Kimya Sanayi A.Ş. Qui a été fondée en 2011 fournit des produits spéciaux de haute qualité à ses clients dans les industries du béton, du ciment et de la construction au marché mondial avec son grand réseau de production en Turquie, sa vision axée sur l'innovation et la technologie et son réseau international de distributeurs en constante expansion.

Yapıchem Kimya, qui a été fondé entièrement par des investisseurs turcs, exerce ses activités aux points stratégiques, produit des solutions innovantes et performantes pour les besoins spéciaux de ses clients avec ses zones de production ayant capacité annuelle de trois cents tonnes, ses laboratoires de béton, ciment et R&D équipés des moyens technologiques les plus développés.

Yapıchem Kimya Sanayi A.Ş, travaille avec le principe de satisfaction totale du client sans compromette le respect et le soin requis envers la société, la nature, ses travailleurs et ses fournisseurs.





Vous pouvez voir nos produits en cliquant sur les logos de la marque ci-dessous
ou en scannant les codes QR.



Adjuvants
pour béton



Adjuvants
pour béton



Adjuvants spéciaux
pour béton et produits
complémentaires



Adjuvants
pour ciment



Produits
chimiques de
construction



DIRECTION GENERALE

Barbaros Mah. Çiğdem Sok. Ağaoğlu
My Office K: 13 D: 55-56-57
Batı Ataşehir - İstanbul / TÜRKİYE
T: 0 216 593 14 00
F: 0 216 593 41 74

USINE CENTRALE

Tuzla Kimya Sanayicileri O.S.B. Melek Aras
Bulvarı Aromatik Cad. No: 27
Tuzla - İstanbul / TÜRKİYE
T: 0 216 593 31 57
F: 0 216 593 03 61

USINE A GAZIANTEP

Başpınar Organize O.S.B. Mah. 5.Bölge
83532 Nolu Cad. No: 11-A
Şehit Kamil - Gaziantep / TÜRKİYE
T: 0 216 593 14 00

USINE A IZMIR

İTOB Organize Sanayi Bölgesi
1031 Sok. No: 6
Tekeli Menderes - İzmir / TÜRKİYE
T: 0 216 593 14 00