Structure et densité du béton

Autor(en): **[s.n.]**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin du ciment**

Band (Jahr): **12-13 (1944-1945)**

Heft 13

PDF erstellt am: **11.07.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-145226

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

BULLETIN DU CIMENT

JANVIER 1945 13ÈME ANNÉE NUMÉRO 13

Structure et densité du béton

Dépendance de la structure du béton et du mortier de la composition du matériau. Eléments structuraux. Analyse structurale. Structure macro- et microscopique du béton et du mortier. Influence du dosage en liant, de la teneur en eau, de la proportion de sable fin, de la granulométrie et du mode de mise en œuvre sur la structure du béton. Mesures ayant pour but l'obtention d'une structure du béton aussi dense que possible. Bibliographie.

Structure du béton et composition du matériau.

La structure ou la constitution d'un mortier ou béton dépend en premier lieu de la **composition du matériau.** Comme on le sait d'ailleurs, les matières entrant dans cette constitution sont

a) l'agrégat, soit les matériaux inertes (sable, gravier, tout-venant),
b) le liant (ciment, chaux, etc.), } «colle»
c) l'eau de gâchage. }

Quoiqu'il n'y ait donc que 3 constituants, (un quatrième, l'air, sous forme de pores continus, s'ouvrant à la surface ou enfermés dans la masse, joue à vrai dire également un rôle particulier), on peut confectionner une **quantité infinie de mélanges différents** suivant que l'on fait varier quantitativement ou qualitativement l'un ou l'autre de ces composants. Par conséquent la structure de ces mélanges sera également très variable. Les propriétés structurales ne dépendent pas seulement des rapports réciproques des composants mais encore de la **répartition homogène** des constituants, qui dépend à son tour du **mode de mise en œuvre** et de la **cohésion** des masses de béton ou mortier frais.
Dans le mortier ou le béton durci, on observe les **éléments structuraux** suivants:

1. La **substance solide** qui est un conglomérat de grains de sable ou de sable et de gravier réunis par le liant. Ce conglomérat

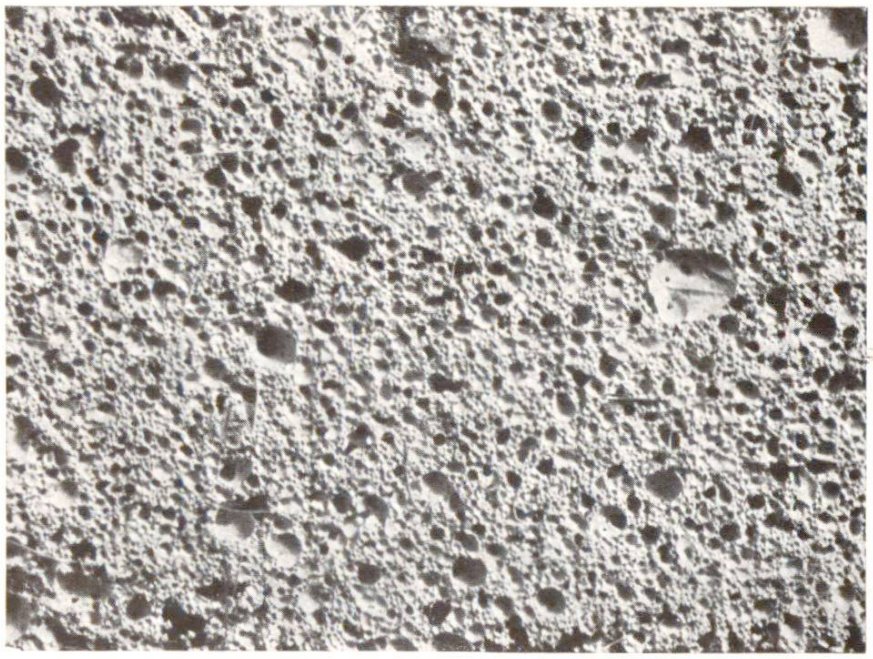


Fig. 1 Pores artificiels fermés du béton cellulaire

se compose de l'agrégat, soit les matériaux inertes, et du liant, soit du ciment durci (ou pétrifié, appelé quelquefois colle de ciment), qui entoure les grains de sable et de gravier en les reliant solidement entre eux.

2. Les **pores** ou **vides,** de formes les plus diverses, que l'on trouve répartis plus ou moins régulièrement en quantités variables. On distingue principalement les pores ouverts ou continus, communiquant avec l'extérieur, et les pores fermés, internes; ensuite, suivant leurs dimensions, les pores visibles à l'œil nu (macropores) et ceux qui ne peuvent être décelés qu'avec des méthodes physiques (micropores ou capillaires). Ils peuvent déjà exister dans l'agrégat (pierre ponce, scories) et l'on peut aussi en provoquer artificiellement (béton cellulaire, béton poreux, etc.). Fig. 1.
3. Les **formes morphologiques** des constituants isolés, soit leur répartition plus ou moins régulière dans la masse (homogénéité, séparations, démélanges), la forme des grains de l'agrégat (grains roulés - arrondis - ou concassés, grains aplatis, de forme ramassée, etc.), la constitution superficielle des grains de sable et de gravier (lisse, rugueuse), la structure propre - pétrographique - des grains de sable et de gravier, la structure du liant.
4. L'**aspect extérieur** du mortier ou du béton, pour autant qu'il est conditionné par leur structure interne.

Il peut sembler curieux de mentionner l'aspect extérieur en dernier lieu, car la qualité du matériau est souvent jugée seulement d'après lui. Mais on peut se tromper grossièrement en considérant comme «bon» un béton qui présente une belle surface lisse, sans pores. Ce point de vue n'est donc aucunement justifié et c'est au contraire **uniquement la structure interne** du béton qui permet de juger sa qualité (résistance, durée, étanchéité, etc.). La structure du matériau pétrifié dépend des éléments structuraux et de leur mise en œuvre. Inversément, la genèse du matériau peut

être déduite de sa structure interne. L'**analyse structurale** est aussi un moyen important qui complète utilement l'essai technologique du matériau (résistances, etc.). Elle permet en particulier de déceler ultérieurement des fautes qui ont pu se produire lors de la fabrication, de la mise en œuvre et du traitement postérieur à celle-ci, ou simplement dans l'utilisation du matériau.

Structure macro- et microscopique du béton et du mortier.

La **structure grossière** ou **macroscopique** du béton peut être observée sans autre, pourvu que l'intérieur du matériau soit mis à nu par un moyen mécanique approprié - au ciseau, au marteau pneumatique ou mieux à la meule (voir Bulletin du Ciment No. 11, 1942: Granulométrie du ballast et structure du béton). On aura alors soin d'examiner:

la répartition des grains de sable et de gravier dans la masse (homogénéité ou démélange),

s'il y a des zones différentes nettement délimitées par une ou plusieurs couches de séparation,

la dureté de la pellicule de ciment adhérant à l'agrégat (essai de grattage),

la résistance de grains isolés de l'agrégat à l'extraction,

la présence éventuelle de vides de dimensions anormales, de nids de gravier, de bulles d'air, de pores fermés ou continus.

La **structure microscopique** ne peut être décelée qu'au moyen de l'examen microscopique de coupes polies. Cet examen renseigne sur la structure du ciment durci; il permet en particulier d'observer

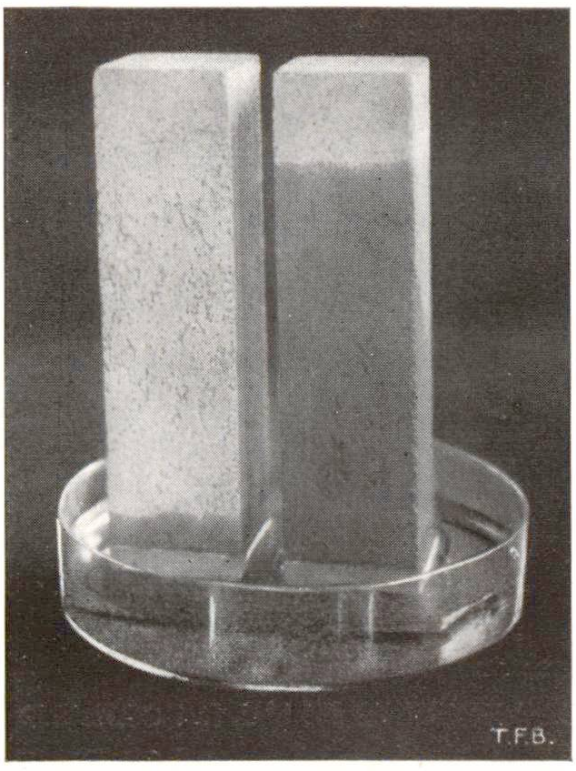


Fig. 2
Les différences dans la capacité d'absorption (à gauche faible, à droite forte) proviennent du genre de pores. Les pores fins communiquants - capillaires - absorbent très fortement l'eau qui pénètre profondément dans le béton

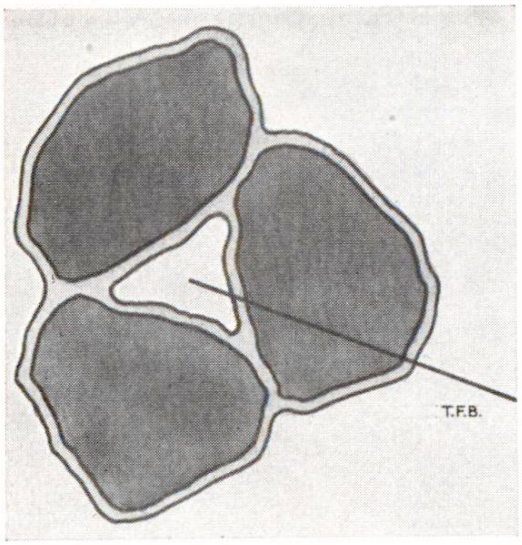
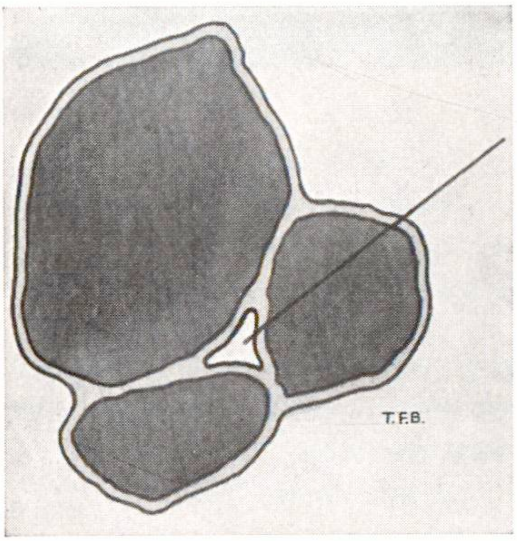


Fig. 3 Influence de la granulation du sable et du gravier (représentée schématiquement)

les mélanges à grains de même grosseur engendrent des pores de grandes dimensions



les mélanges bien gradués engendrent des vides de petites dimensions

si le ciment a durci d'une manière compacte ou spongieuse. Dans le béton coulé faiblement dosé, le ciment durci a une **couleur claire** et un **aspect crayeux,** tandis que dans un béton de qualité, il est **dur, compact** et de **couleur en général foncée.** Un béton de qualité s'obtient sans autre avec un dosage suffisant en ciment, une addition d'eau contrôlée, une granulométrie et une mise en œuvre adéquates. Au moyen de réactifs spéciaux, les coupes polies permettent encore de déterminer dans quelle mesure et à quelle phase du durcissement l'acide carbonique de l'air a pu pénétrer et s'il y a eu des ségrégations dans les composants fins. L'examen microscopique ne permet toutefois pas de déceler les pores capillaires; à cet effet, on mesure la quantité d'eau absorbée par le matériau pendant un temps bien défini et la vitesse de cette absorption. Cet essai d'**absorption d'eau** permet de calculer le diamètre moyen des capillaires (fig. 2).

Facteurs influençant la structure du béton.

a) **Le dosage en liant et la proportion d'eau de gâchage.** Lorsque l'on augmente le dosage en conservant la même quantité d'eau de gâchage, le ciment devient plus dur, plus homogène et dense. Une augmentation de la proportion d'eau de gâchage provoque au contraire une diminution de la dureté et de la densité du ciment (voir Bulletin du Ciment No. 7, 1944).

Dans les mélanges fluides, les composants ont tendance à se séparer. Ce démélange s'observe aussi bien pour les éléments structuraux grossiers que pour les particules les plus fines.

b) **Sable fin.** Une proportion importante d'argile ou de poussière de pierre dans l'agrégat nécessite une plus grande quantité d'eau de gâchage, ce qui influence défavorablement la structure du ciment durci, ainsi que nous venons de le voir. De plus les particules extrêmement fines de ces matières se déposent directement dans la pellicule de ciment et «diluent» de la sorte le liant. Mais elles contribuent à une structure plus régulière et facilitent la mise en œuvre, comme si l'on avait augmenté le dosage en liant. Le plus petit excès de particules les plus fines nuit toutefois à la densité, à la résistance mécanique et au gel.

c) **Granulométrie de l'agrégat.** Les granulométries dites idéales (où peut aussi manquer une fraction intermédiaire) - Fuller, Bolomey, LFEM, etc. - conduisent aux **structures les plus compactes,** pourvu que le dosage soit suffisant et la mise en œuvre soignée. Fig. 3. Les sables et graviers mal gradués (reconnaissables à leur faible densité apparente) donnent, pour les dosages courants, une structure moins dense. On peut obtenir intentionellement une très forte porosité en utilisant des mélanges à une seule fraction granulométrique, c'est à dire des sables ou graviers dont les grains ont pratiquement tous la même grosseur, et si l'on choisit uniquement des matériaux concassés.

d) **Mise en œuvre.** Le mode de mise en œuvre du béton frais a une grande influence sur la structure du béton durci. On évitera tout démélange pendant le transport, on ne jettera pas le béton et on ne le versera pas simplement en grandes masses dans les coffrages, car même un pilonnage ultérieur ne suffira en général pas à compenser l'irrégularité de la structure. Fig. 4. Les mélanges trop secs ou trop aqueux (flui-

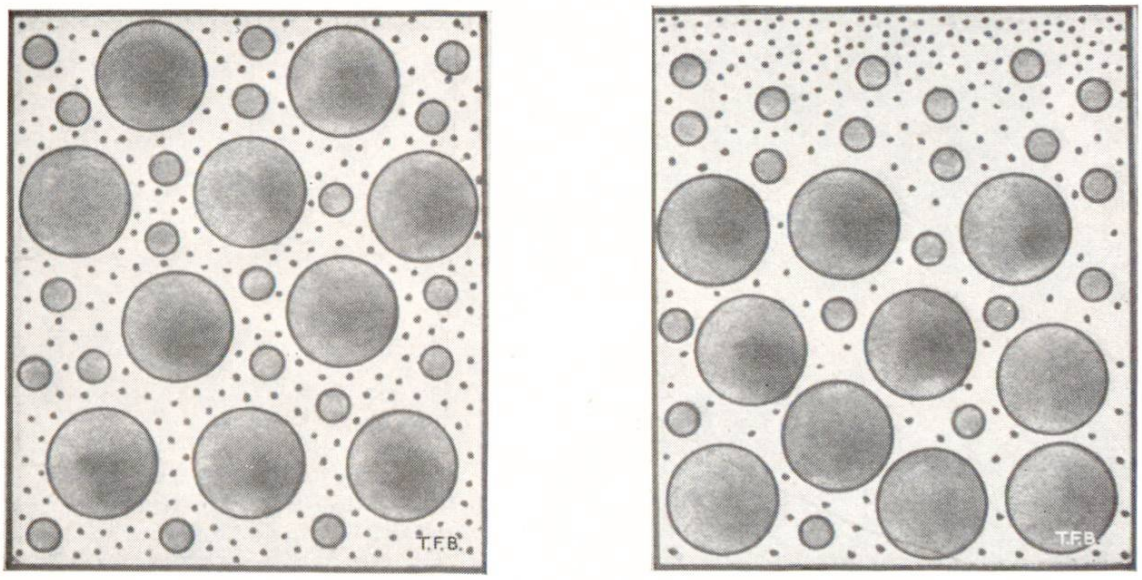
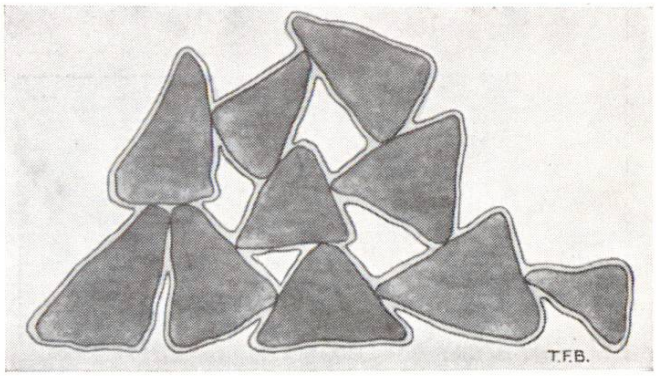


Fig. 4 Représentation schématique du démélange
à gauche: bonne répartition des éléments fins et grossiers
à droite: séparation prononcée des composants

Fig. 5 Une coupe à travers le béton présente une concentration locale de gravier, provoquant des nids de gravier (pores ouverts, c'est à dire communiquants)

des) ont tendance à former des **nids de sable ou de gravier.** Fig. 5. Pour les joints de reprise, il est à recommander de recouvrir les anciennes couches de béton d'un lit de mortier gras (1:2) de 5 à 10 cm de hauteur et de consistance pâteuse, dans lequel on dame ensuite le mélange normal de béton frais.

La mise en œuvre a pour but de condenser le mélange de béton frais et de remplir parfaitement le coffrage d'une masse compacte et homogène. En travaillant les mélanges mous avec des barres de fer, des lattes, des dames, ou en vibrant les mélanges rigides, on peut chasser une partie de l'air emprisonné dans la masse de béton. Simultanément, les grains de sable et de gravier se placent dans la **position réciproque la plus favorable,** les particules fines remplissant automatiquement les vides laissés par les grains plus gros. Fig. 6.



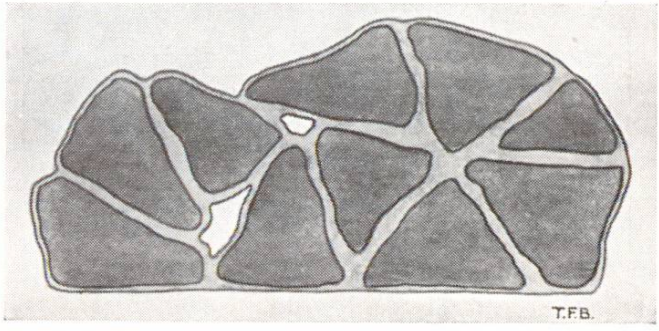


Fig. 6 Représentation schématique de la densité du béton frais. Les grains isolés de l'agrégat entourés d'une pellicule de ciment prennent réciproquement la position la plus favorable sous l'effet du travail fourni pour rendre le béton compact.

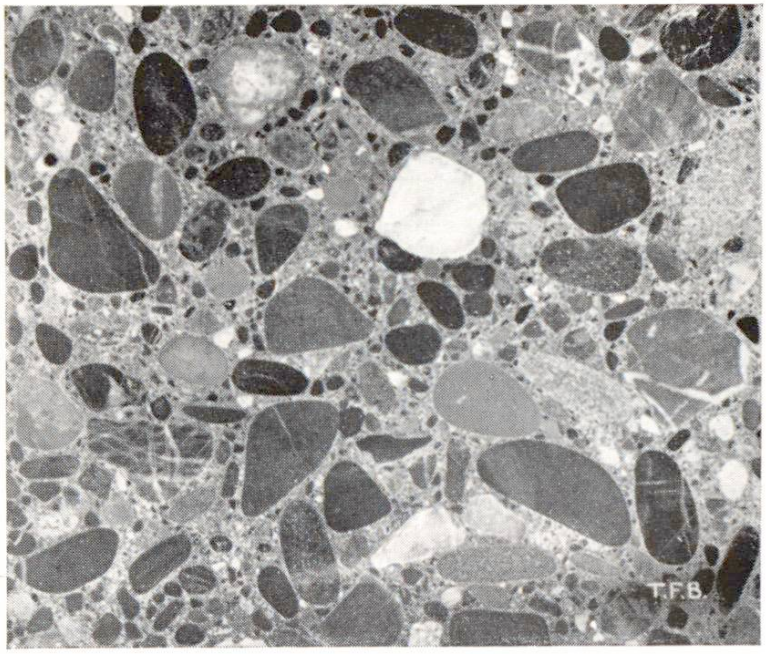


Fig. 7 Béton compact et imperméable de structure régulière, tel qu'il résulte de l'application des règles énoncées.

Lorsque le béton est trop fluide, l'excès d'eau ne peut pas être compensé par la mise en œuvre, si parfaite soit-elle (centrifugation et mise en œuvre sous le vide exceptées). On obtient alors une structure spongieuse qui est d'autant plus absorbante que le dosage est plus faible. De plus, il n'est pas rare d'observer une ségrégation interne des matériaux (ségrégation aqueuse et nouvelle formation de pores dans les interstices). Comme nous l'avons déjà vu, de telles structures des éléments fins sont moins résistantes aux efforts mécaniques et au gel que des structures compactes.

Mesures ayant pour but l'obtention d'une structure du béton aussi dense que possible.

Pour obtenir un béton absolument compact, il faut remplir les conditions suivantes:

dosage suffisant en ciment,

agrégat bien gradué, composé de matériaux sains et denses eux-mêmes, avec un minimum de poussières,

consistance molle à faiblement plastique - terre humide pour la mise en œuvre par bourrage et damage,

consistance faiblement plastique, légèrement rigide à terre faiblement humide (permettant de faire une boule ne se désagrégeant pas dans le creux de la main) pour mise en œuvre par vibration,

éviter les éléments étrangers, impuretés et souillures, qui nuisent à la formation d'une pellicule homogène et compacte de ciment,

nettoyage des joints de reprise et exécution correcte des reprises,

maintien à l'humidité pendant le durcissement initial. Fig. 7.

8 Bibliographie:

O. Graf: La structure du mortier et du béton, éd. Springer, 1930.

E. Freyssinet: Une révolution dans les techniques du béton, éd. Eyrolles, 1936.

J. Bolomey: L'influence de la graduation des agrégats sur les propriétés du béton, Technique des Travaux, 1939, No. 6.

A. Vœllmy: Nouvelles recherches . ., Revue polytechnique suisse 1938, No. 8.

Pour tous autres renseignements s'adresser au

SERVICE DE RECHERCHES ET CONSEILS TECHNIQUES DE L' E. G. PORTLAND
WILDEGG, Téléphone 8 43 71

607 / 121 s / 45