

Les bétons de fibres

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

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin du ciment**

Band (Jahr): **58-59 (1990-1991)**

Heft 22

PDF erstellt am: **11.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-146251>

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.

BULLETIN DU CIMENT

OCTOBRE 1991

59e ANNEE

NUMERO 22

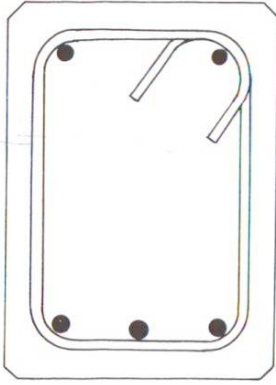
Les bétons de fibres

Différence par rapport au béton armé. Aperçu de leurs propriétés.

Le béton de fibres est un matériau composé de granulats et de ciment armé de fibres. En tant que matériau composite, il témoigne de valeurs plus élevées que le béton armé en ce qui concerne la résistance à la traction, la ductilité et la résistance aux chocs. Il est fabriqué selon les règles de la technologie du béton, et utilisé dans la construction en béton ou dans la fabrication industrielle de produits en béton. Le matériau obtenu varie en fonction de la nature des fibres et du procédé technique. Le présent article en donne un aperçu.

Différence par rapport au béton armé: On peut considérer le béton comme un système à deux composants: le granulat et la pâte de ciment durcie. La pâte de ciment durcie enrobe les grains du granulat. Elle est cohérente, et c'est pourquoi on la nomme matrice. La pâte de ciment se compose de ciment, d'eau et d'éventuels additifs qui sont ajoutés au mélange pour améliorer l'ouvrabilité du béton ainsi que ses performances à l'état durci. Le granulat se compose généralement de sable et gravier, dont, lors du malaxage, les fines peuvent devenir une partie de la matrice.

Par rapport à leur résistance en compression, le granulat et la pâte de ciment durcie témoignent d'une faible résistance en traction. Ils sont fragiles, c'est-à-dire qu'ils lâchent sans déformation plastique préalable. Leurs allongement à la rupture, résilience et résistance aux chocs sont par conséquent faibles aussi. Il en va de même pour le béton résultant du mélange de ces composants. Lorsque techniquement, cette faiblesse est un inconvénient, on peut travailler avec des armatures appropriées. Pour armer la pâte de ciment durcie, on utilise des fibres d'un diamètre de l'épaisseur de cette pâte et on



Béton armé

Coupe transversale 1 : 10

Armature du béton avec de l'acier d'armature passive sous forme de barres (\varnothing 6–32 mm, partiellement façonnées) ou de treillis et év. avec de l'acier de précontrainte

Répartition de l'acier d'armature passive ou de l'acier de précontrainte

- selon le cheminement des forces
- surtout à la traction et au cisaillement
- rarement à la compression
- où des fissures dans le béton sont prévisibles

Vérification de la sécurité structurale et de l'aptitude au service à l'aide de béton avec armature

Disposition avec plan d'armature séparé



Béton de fibres

Coupe 1 : 1

Armature de la pâte de ciment durcie avec des fibres \varnothing 0,01–1 mm

- courtes (coupées), ou
- longues (filament continu)

Répartition des fibres

- homogène (régulière)
- avec orientation à trois dimensions (selon le procédé, également à une ou deux dimensions seulement)

Au sens de la norme SIA 162, les fibres ne sont pas considérées comme armature. Vérification de la sécurité structurale sur béton non armé.

Disposition avec prescriptions de dosage dans le plan de coffrage

Fig. 1 Différence entre le béton armé et le béton de fibres. Par armature, on entend dans la construction en béton uniquement acier d'armature passive ou acier de précontrainte. Au niveau actuel de la technique du béton armé, il paraît invraisemblable que les forces de traction et de cisaillement travaillantes puissent être reprises par des fibres.

obtient un béton de fibres. Pour l'armature du béton, il s'agit d'un autre ordre de grandeur. On utilise de l'acier à béton, dont le diamètre des barres correspond à peu près au diamètre des grains du granulat, et on obtient un béton armé. Les différences sont représentées à la fig. 1. Les bétons de fibres peuvent également être fabriqués avec des granulats lourds ou légers.

Nature et dosage des fibres: La matrice à base de ciment, telle qu'elle se présente dans le béton, offre les avantages d'une résistance et d'une durabilité élevées, ainsi que d'une fabrication simple et de prix avantageux. Mais par suite du retrait au durcissement, elle a tendance à se fissurer. Pour qu'une armature de fibres soit efficace, les fibres doivent être à haute résistance, bien adhérentes,

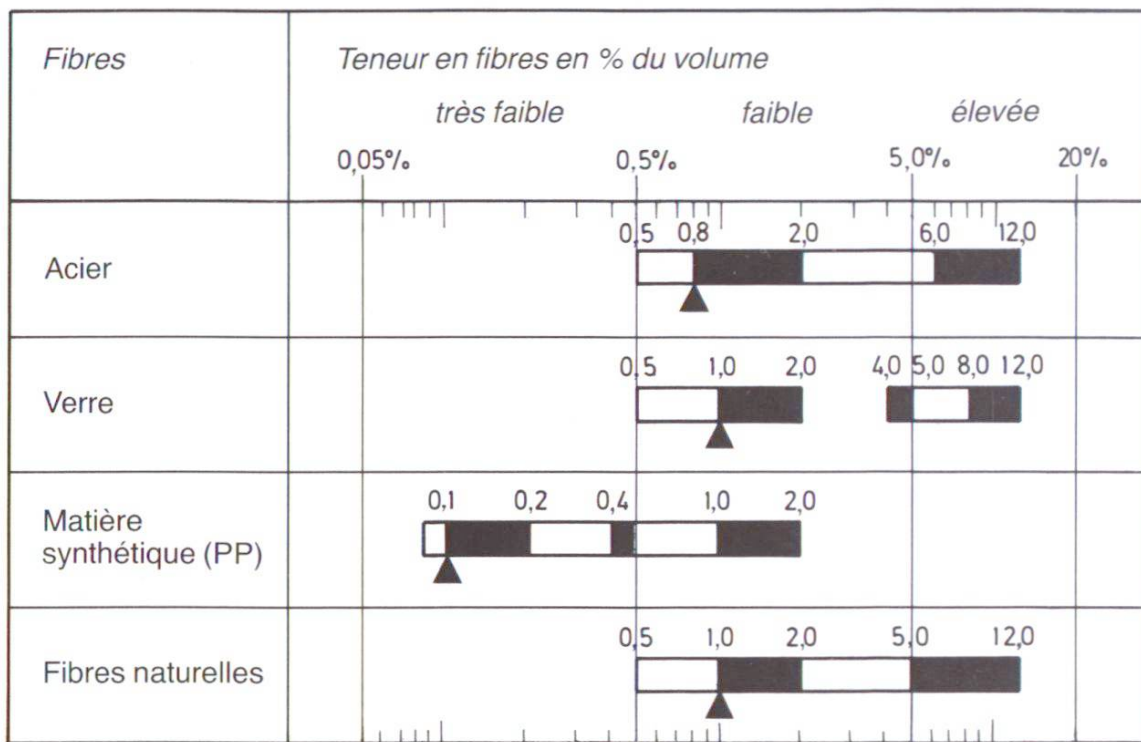
3 suffisamment longues et compatibles avec le ciment (résistance aux alcalis). Elles doivent en outre avoir un petit diamètre, être ductiles, et leur module d'élasticité doit être supérieur à celui de la matrice.

Les fibres utilisées jusqu'à présent pour le béton sont de verre, d'acier, de carbone ou synthétiques. Leurs propriétés diffèrent fortement, et c'est pourquoi elles doivent être choisies en fonction de l'utilité prévue (voir p.ex. dans [1]). Les plus connues sont les fibres d'amiante, telles celles utilisées pour le fibrociment. Mais fibrociment désigne une matrice sans granulat, et ne s'applique donc pas aux bétons de fibres. Ces bétons sont actuellement fabriqués principalement avec des fibres organiques, synthétiques ou de cellulose.

Les fibres sont fabriquées et travaillées sous forme de fibres longues ou de fibres courtes. Les fibres courtes sont mises de longueur (selon divers procédés), alors que les fibres longues sont en filament continu (sur bobines par exemple). Pour un béton de fibres fabriqué avec la technique de malaxage usuelle, seules les fibres courtes conviennent. Pour la transmission des forces entre matrice et fibres, une longueur d'ancrage suffisante est déterminante. Il en résulte la *longueur critique des fibres*, en tant que grandeur à laquelle la résistance à la traction des fibres est atteinte, avant que les fibres soient arrachées de la matrice. Les fibres synthétiques ou d'acier usuelles n'atteignent pas cette longueur. Dans ces cas, les fibres ne sont donc pas sollicitées jusqu'à la rupture, mais extraites lentement de la matrice.

Le dosage en fibres est indiqué par un pourcentage en volume. On rapporte à cet effet le volume des fibres au volume global du béton, c'est-à-dire matrice et granulat. C'est pourquoi lors de la comparaison de dosages, il faut également tenir compte du rapport granulat/matrice. La masse volumique apparente donne par exemple un point de repère. Elle augmente avec l'accroissement du pourcentage en granulat. On désigne par *dosage critique en fibres* le pourcentage minimal en volume encore suffisant pour que, lors de contraintes de traction, les forces de traction soient reprises par les fibres après fissuration de la matrice. (Cette notion correspond à celle de l'armature minimale dans le béton armé.) Avec les fibres courtes, le dosage critique augmente lorsque les fibres n'atteignent pas la longueur critique et que leur répartition est à plus de trois dimensions.

Les dosages diffèrent en fonction de la nature des fibres. Les zones de travail propres aux fibres de verre, d'acier, synthétiques et naturelles sont indiquées à la fig. 2. On améliore la plupart des propriétés du béton en augmentant le dosage en fibres. Le dosage maximal dépend du procédé technique, c'est-à-dire de la condition que les fibres se laissent bien incorporer et que le béton frais puisse encore être compacté complètement.



 utilisé commercialement ▲ dosage minimal (voir tab. 1)
 étudié scientifiquement

Fig. 2 Zones de travail techniques avec différentes fibres, mesurées d'après la teneur dans le produit fini (en % du volume). Représentation à l'échelle logarithmique, selon [2].

Pour une utilisation technique des bétons de fibres, la rentabilité a aussi son importance. Bien que les prix varient fortement en fonction de la situation du marché, les coûts approximatifs des matières fournissent déjà une base pour évaluer les sortes de fibres. Des ordres de grandeur figurent au tableau 1. L'armature de fibres est beaucoup plus chère que la matrice (avec 300 kg de CP/m³, ciment et eau reviennent à environ fr. 40.-/m³ du béton). On ne recourt donc aux fibres que lorsqu'il n'y a pas de possibilités techniques plus avantageuses.

Propriétés mécaniques des bétons de fibres: Dans les bétons de fibres, les propriétés qui dépendent en premier lieu de la matrice liée au ciment ne diffèrent que peu de celles du béton de départ. Cette constatation s'applique surtout à la résistance à la compression, mais également au retrait et au fluage, au module d'élasticité, à l'étanchéité à l'eau, à la dilatation thermique et à la conductivité thermique. C'est en résistance de rupture que les bétons de fibres témoignent d'un comportement essentiellement différent.

En compression, la contrainte et la déformation de rupture sont quelque peu supérieures à celles du béton de départ. En cas de traction centrale, et selon le dosage en fibres, la contrainte de rupture peut tripler, pour autant que l'on observe le dosage critique. C'est

5 Tableau 1 Comparaison des coûts pour différentes fibres

Fibres	ρ kg/m ³	dosage minimal par m ³ de béton		prix unitaire Fr./kg	coût par m ³ de béton Fr.
		% vol.	kg/m ³		
Acier	7860	0,8	63	2.–	126.–
Verre	2700	1,0	27	9.–	243.–
Matière synthétique (PP)	910	0,1	1	16.–	16.–
Fibres naturelles	1030	1,0	10	4.–	40.–

Les prix dépendent du marché. Ils ne servent ici que d'ordre de grandeur pour la comparaison des fibres de différentes natures. Les fibres de carbone ne figurent pas dans ce tableau; elles sont considérablement plus chères.

toutefois la déformation à la rupture plus élevée qui est déterminante sur le plan technique. Elle passe de 0,2‰ (non armé) à 4–8‰ (armé de fibres) – voir [1]. Il en résulte un comportement à la rupture ductile, c'est-à-dire que les déformations qui se produisent avant d'en arriver à la rupture sont plus grandes, ce qui est particulièrement avantageux en cas de flexion. Une grande déformation à la rupture exigeant également une énergie de rupture supérieure, les bétons de fibres sont particulièrement résilients. Même si l'armature n'atteint pas le dosage en fibres critique et que la résistance à la traction ne soit guère augmentée, il est déjà possible de multiplier la résilience, et, parallèlement, la résistance aux chocs.

Techniquement, on profite également de ce comportement à la rupture différent dans un microdomaine, c'est-à-dire en utilisant l'armature de fibres pour lutter contre la formation et l'extension des fissures. Lors de sa fabrication, le béton jeune est soumis à des contraintes de traction dues au retrait, à la dessiccation et aux variations de température. Sa résistance à la traction se développe simultanément. Si au cours de ces premières heures, l'augmentation de la contrainte est supérieure à celle de la résistance, la matrice se fissure. Mais le module d'élasticité du béton est alors tellement faible, que même des fibres ayant un petit module d'élasticité peuvent limiter la largeur des fissures. On a toutefois constaté que les fibres ne permettent pas d'empêcher le retrait.

Fabrication et possibilités d'application: Selon le produit ainsi que la nature des fibres et leur dosage, on utilise différents procédés [1]. On distingue entre incorporation par malaxage, par épandage, par injection, par insertion, par immersion, par pression ou par enrobage. C'est pourquoi, dans la pratique, on parle de béton de fibres de verre, de béton de fibres d'acier et de béton renforcé de

6 fibres synthétiques. Le béton de fibres d'acier à projeter constitue en outre une particularité. Comme il s'agit d'un matériau à base de ciment, les règles de la technologie du béton restent les mêmes et sont applicables dans tous les cas (qualité constante des matières de base et de la fabrication, bonne ouvrabilité et bon traitement de cure). L'armature de fibres n'est pas un moyen de contourner une de ces règles. Pour les chantiers, seule l'incorporation par malaxage entre en ligne de compte. Les autres procédés s'utilisent pour la production en usine dans l'industrie des matériaux de construction.

Pour l'incorporation par malaxage, on introduit des fibres courtes dans le mélange sec ou fraîchement gâché. Il faut en général des mélanges mous pour obtenir une répartition homogène des fibres. Le mélange deviendra toutefois un peu plus raide, car il faudra également mouiller les fibres. Le projet de mélange et le maniement du malaxeur exigent donc de l'expérience. Il est également possible de n'armer de fibres un élément de construction que localement.

Les bétons de fibres trouvent application partout où leurs propriétés mécaniques particulières sont un avantage. C'est le cas pour la construction en béton (limitation des fissures de retrait), les revêtements en béton (par rapport à la traction-flexion), les revêtements de sol (chapes et sols industriels), les crépis, la préfabrication (production d'éléments à paroi mince ou de coffrages perdus, suppression des arêtes endommagées), la construction de tunnels (armature de couches de béton projeté), les tuyaux et les revêtements de tuyaux, les constructions métalliques (revêtements coupe-feu) et les éléments de construction soumis à des efforts dynamiques (fondations de machines). L'armature de fibres est un composant additionnel du béton qui entraîne une augmentation des coûts, qu'il vaut la peine d'accepter lorsque les exigences posées la justifient. *Bruno Meyer*

Bibliographie

- [1] Meyer, A. (1979): Faserbeton. Dans: Zement-Taschenbuch, 47e édition. Wiesbaden-Berlin: Bauverlag, p. 453-477
- [2] Zollo, R. F. (1985): Glass, Natural and Synthetic Fiber Uses in Fibrous Concrete. Seminar on Design with FRC. ACI Fall Convention, p. 148-161

Traduction française: Liliane Béguin

TFB

Pour tous autres renseignements s'adresser au
SERVICE DE RECHERCHES ET CONSEILS TECHNIQUES
DE L'INDUSTRIE SUISSE DU CIMENT WILDEGG/SUISSE
Case postale 5103 Wildegg Téléphone 064 57 72 72
Lindenstrasse 10 Téléfax 064 53 16 27