

BÉTONS DE FIBRES

Béton de fibres

Un béton fibré est un béton dans lequel sont incorporées des fibres.

Les microfibres peuvent être utilisées quand on souhaite réduire la fissuration et donc la durabilité et améliorer aussi la résistance à la traction.

La fibre n'est pas recommandée pour remplacer l'armature exigée par les codes et les normes du bâtiment.

Historicité des bétons de fibres

Ce concept indique que le béton de fibres est très ancien et date depuis l'antiquité.

Les pharaons ont pensé à l'idée des pailles pour renforcer la brique de boue,

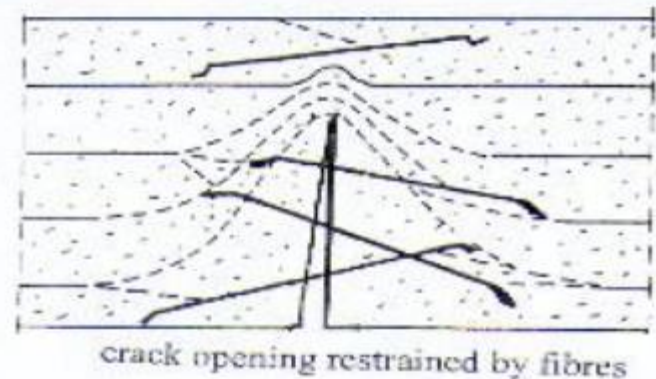
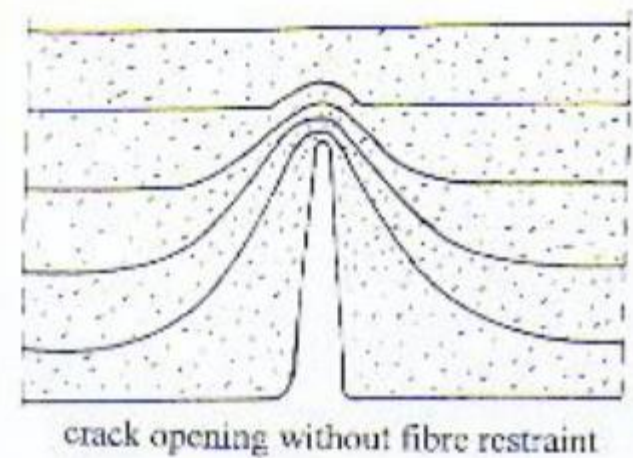
Les Finlandais utilisaient les fibres d'amiante dans le renforcement des poteries en argile, il y'a de cela 5000 années.

Les poils des animaux et les fibres ont été utilisées pour renforcer le plâtre et la pâte de ciment.

Au milieu du XX é siècle, d'alliages métalliques avec fibre de carbone.

Rôles des fibres dans le béton

Lorsque les charges appliquées au béton s'approchent de la charge de rupture, les fissures se propagent, parfois rapidement. Les fibres noyées dans le béton permettent d'arrêter le développement de la fissuration. Les barres d'armature en acier jouent un rôle analogue, car elles agissent comme des fibres de grande longueur. Les fibres courtes et discontinues ont cependant l'avantage de se mélanger et de se disperser dans le béton de façon uniforme.



Les fibres

Les fibres sont définies comme des éléments discontinus, de nature variable (naturelles, artificielles et synthétiques), des formes différentes ((droite, ondulée, aiguille), de diamètre et de longueur variables.

Elles sont réparties dans la matrice soit d'une façon aléatoire ou orientation préférentielle.

Les différentes fibres actuellement disponibles peuvent être classées selon leur origine en :

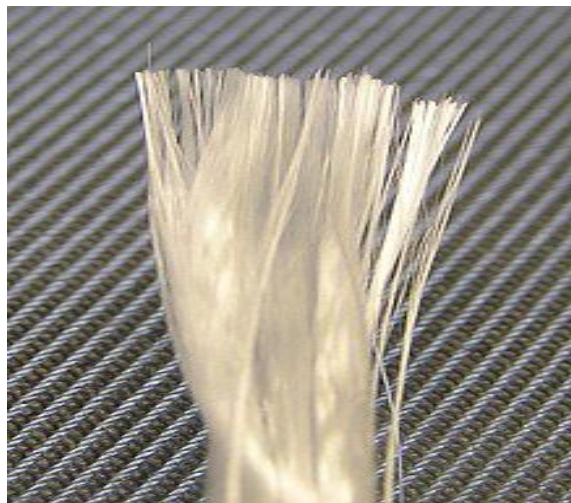
- * Fibres naturelles minérales et végétales : amiante (un silicate fibreux), cellulose (biopolymère : le principal constituant de la paroi des cellules végétales comme le bois);
- * Fibres synthétiques d'origine minérale (Produit par synthèse chimique : artificielle) : verre, carbone, fibres métalliques ...
- * Fibres synthétiques organique : polypropylène $(C_3H_6)_n$, polyamides (nylon), ...



Amiante



Polypropylène



Fibre de verre



Carbone

Fibres Métalliques

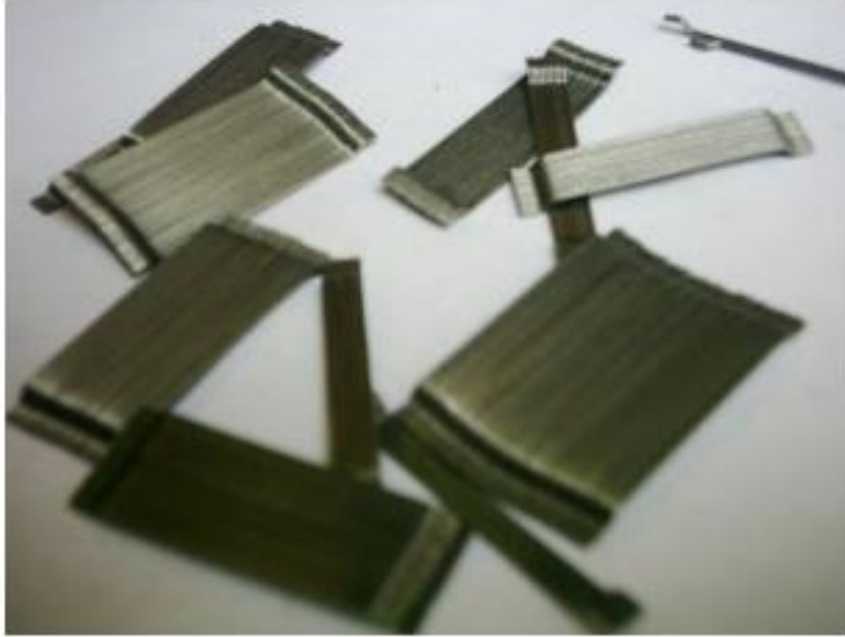
Les fibres métalliques (fibres en acier) sont les plus utilisées dans le domaine du génie civil.

Les propriétés mécaniques du béton renforcé par ces fibres sont influencées par la résistance d'adhésion à l'interface fibre / matrice.

Les fabricants des fibres d'acier ont essayé d'améliorer l'adhérence en jouant sur l'irrégularité de la surface de la fibre.

Il existe de nombreuses variétés de fibres métalliques :

- rectilignes,
- ondulées,
- Torsadés,
- Avec des élargissements aux extrémités,
- fibres usinées à surface rugueuse



Les fibres métalliques présentent une très bonne compatibilité avec le béton. Les fibres sont composées d'acier au carbone, d'acier inoxydable ou d'acier galvanisé (recouvert d'une couche de zinc) contre la corrosion.

En général, la longueur des fibres varie de 25 à 60 mm et le diamètre varie de 0,5 à 1,3 mm.

La résistance en traction de ces fibres varie généralement entre 1000 et 3000MPa.

Applications

- * Les fibres trouvent un vaste domaine d'applications là où on veut réduire les risques de fissuration,
- * Espacer les joints de retrait,
- * Augmenter la résistance aux chocs
- * Tirer parti de l'amélioration de la résistance en traction pour diminuer le dimensionnement des pièces,

Le mélange des fibres métalliques au béton doit être particulièrement soigné car certaines fibres ayant tendance à s'agglomérer,

L'incorporation des fibres peut être faite soit au malaxage, soit au moment du coulage soit à la projection.

L'emploi de superplastifiant est en particulier recommandé pour compenser la diminution d'ouvrabilité provoquée par l'incorporation de fibres.

La mise en œuvre et le compactage doivent être étudiés pour le béton considéré et en fonction de sa maniabilité qui diffère généralement de celle des bétons classiques sans fibres.

Les dosages en fibres sont de l'ordre de 0.3 à 2% en volume, soit 25 à 160 Kg/m³



Fibre de carbone

La **fibre de carbone** se compose de fibres extrêmement fines, d'environ cinq à dix micromètres de diamètre, et est composée principalement d'atomes de carbone . Ceux-ci sont agglomérés dans des cristaux microscopiques qui sont alignés plus ou moins parallèlement à l'axe long de la fibre. L'alignement des cristaux rend la fibre extrêmement résistante pour sa taille. Plusieurs milliers de fibres de carbone sont enroulées ensemble pour former un fil, qui peut être employé tel quel ou tissé.

Ce matériau est caractérisé par sa faible densité (1,7 à 1,9), sa résistance élevée à la traction et à la compression, sa flexibilité, sa bonne conductivité électrique et thermique, sa tenue en température.

Sa principale utilisation est de servir de renfort dans les matériaux composites, ce qui permet d'obtenir des pièces ayant de bonnes propriétés mécaniques tout en étant nettement plus légères que les pièces métalliques.



Avantages

Grande résistance en traction et en compression,
Excellente tenue à haute température,
Grande résistance à la fatigue,
Excellente rigidité,
Bonne conductivité électrique et thermique,
Inertie complète à la corrosion et aux produits chimiques (sauf O₂ et acides oxydants a chaud),
Insensibilité à l'humidité et aux rayures,
Faible coefficient de dilatation,
Usinage facile.

Inconvénients :

Coût élevé,
Sensibilité aux impacts et à l'abrasion,
Mauvais isolant,
Faible allongement;
Raideur à l'enroulement (bobinage difficile)).

Fibres de polypropylène

Les fibres de polypropylène sont fabriquées depuis 1954 par l'industrie textile.

Le polypropylène $(C_3H_6)_n$ est un polymère cristallisable de la famille des polyoléfines des produits chimiques.

Il a connu une extension croissante dans ce domaine où il apporte les avantages suivants : déformabilité élevée, inaltérable et bonne résistance en traction qui peut atteindre 800 MPa.

Les fibres de polypropylène peuvent atteindre jusqu'à 60 mm, légères et ne sont pas attaquées par le ciment. Leur module d'élasticité plus faible que la pâte durcie Il convient de les utiliser de préférence pour les pièces minces devant résister, soit à l'action corrosive de certaines ambiances dans lesquelles l'acier pourrait se corroder rapidement, soit aux chocs mécaniques.

Propriétés des fibres de polypropylène

Si leurs caractéristiques mécaniques sont plus faibles que celles des fibres métalliques, il faut cependant mentionner leur insensibilité chimique, leur souplesse, qui rend aisée leur incorporation au béton et leur allongement à la rupture (15 à 20 %), qui favorise la « ductilité » du béton.

Comme la plupart des matières plastiques, les fibres de polypropylène sont peu résistantes au feu : leur température de fusion est d'environ 160 °C ,

Domaine d'application des fibrés propylènes :

- Dallages;
- Produits préfabriqués (parements) ;
- Mortiers projetés ;
- Enduits ;

Les bétons de fibres de polypropylène

La fabrication du béton avec fibres de polypropylène ne soulève aucune difficulté, la repartitions des fibres se faisant facilement et ne nécessitent pas de précaution particulière lors de malaxage.

Les fibres de polypropylène améliorent partiellement la maniabilité du béton et sa cohésion. Ces propriétés sont intéressantes pour les pièces a démoulage immédiat (bordures, tuyaux) en même temps qu'elles améliorent l'aspect et la précision des angles.

Le grand avantage des bétons de fibres de polypropylène est leur bonne résistance à la fissuration due au « premier retrait » ainsi que leur résistance aux chocs.

Les dosages couramment pratiques sont de l'ordre de 0.05 à 0.2 Kg de fibres dans 1 m³ de béton,

Hybrides :

Les hybrides sont la combinaison de deux ou plusieurs fibres sous une même matrice. Cette procédure permet d'accroître des propriétés pouvant être réalisées par les composites.

Des associations de fibres de différentes caractéristiques commencent à être utilisées. Des chercheurs ont montré que l'association des fibres synthétiques et des fibres métalliques peut donner aux bétons des comportements plus ductiles, que dans le cas des bétons fibrés seulement avec les fibres métalliques.

Combinaison entre fibres longues et courtes : les fibres courtes empêchent la formation des petites fissures, retardant ainsi la formation des macro fissures, qui seront à leur tour reprises par les fibres les plus longues, et donc la ductilité du matériau serait augmentée

L'hybride le plus rencontré dans les barres d'armature est le verre-carbone. Pour une utilisation donnée le verre démontre une trop grande flèche, des fibres de carbone à haut module d'élasticité peuvent être combinées au verre. Les fibres de carbone augmenteront aussi la résistance à la fatigue, la rigidité en torsion sans oublier d'ajouter son effet conducteur.

Propriétés physiques et mécaniques de certaines fibres

Les caractéristiques et les propriétés des fibres				
	Masse volumique (en g/cm ³)	Ø moyen (en µm)	Résistance à la traction (en MPa)	Module d'élasticité (en GPa)
Fibres métalliques	7.85	50-1000	1000-2500	150-200
Fibres de verres	2.6	5-15	2000-3000	80
Fibres propylènes	0.9	> 4	500-750	5-10

Effet sur la maniabilité

L'incorporation des fibres que ce soit de polypropylènes ou métalliques, peut apporter quelques modifications sur les comportements rhéologiques ou mécaniques des bétons

L'apport en fibres diminue la précision de l'indice d'ouvrabilité qu'apporte l'essai d'étalement, et la maniabilité semble devenir moins bonne lorsque le volume de fibres dépasse le 1% du volume de mélange.

Effet sur la résistance

Les fibres ont habituellement un faible effet sur la résistance à la compression. Leur effet le plus significatif a trait au comportement en flexion (traction), ainsi dans plusieurs applications, les bétons renforcés de fibres sont utilisés dans des endroits où ils sont soumis à de tels efforts.

Les fibres métalliques utilisées essentiellement en dallages industriels, dallages de parking, les pistes, les pieux, les déversoirs de barrage, les silos , présentent une bonne résistance à la traction et à la flexion, une augmentation de la ductilité et une réduction du nombre de joints de retrait.

Si le module d'élasticité de la fibre est élevé par rapport au module d'élasticité du béton, les fibres reprennent une part des charges, augmentant ainsi la résistance à la traction du matériau. L'augmentation du rapport longueur/diamètre des fibres accroît habituellement la résistance à la flexion et la ténacité du béton.

Les valeurs de ce rapport sont généralement comprises entre 100 et 200, car des fibres de trop grande longueur ont tendance à former des boules dans le mélange, créant ainsi des problèmes d'ouvrabilité.

En général, les fibres réduisent le fluage, c'est-à-dire la déformation du béton avec le temps sous une contrainte constante. Par exemple, le fluage en traction d'un béton renforcé de fibres d'acier peut représenter seulement 50 à 60 % de celui d'un béton ordinaire et le fluage en compression, 10 à 20%.

Le retrait du béton, qui est provoqué par la perte de l'eau pendant le séchage, est en partie empêché par les fibres. Le retrait du béton peut être diminué de 35 % ou moins si l'on ajoute 1,5 % de fibres par volume.

Diverses applications de béton de fibre :

Type de fibre	Application
Verre	Panneaux préfabriqués, murs, rideaux, tuyaux d'égout, toiture en voile mince de béton, enduit pour blocs de béton.
Acier	Éléments de toiture en béton cellulaire, revêtements de chaussée, tabliers de pont, produits réfractaires, tuyaux en béton, pistes d'atterrissage, réservoirs sous pression, structures résistantes aux explosions, revêtements de tunnel, coques de bateaux.
Polypropylène, nylon	Pieux de fondation, pieux précontraints, panneaux de revêtement, éléments flottants de débarcadères et amarres pour les marinas, matériaux de réparation des routes, couches de lest pour les tuyaux sous-marins.
Amiante	Voiles, tuyaux, panneaux, matériaux d'isolation thermique et de protection contre le feu, tuyaux d'égout, plaques de toiture plates et ondulées, revêtements de mur.
Carbone	Éléments ondulés pour la construction des planchers, structures de membrane simple ou double courbure, coques de bateaux, planches d'échafaudage.
Particules de mica	Remplacent partiellement l'amiante dans les panneaux à base de ciment, les tuyaux en béton ; matériaux de réparation.
*La combinaison de plusieurs types de fibres peut être utilisée pour des besoins particuliers.	