

ETUDE DE L'ENDURANCE DU MATERIEL COMPOSITE (Polymère béton armé avec des fibres)

1. Introduction

Le béton à haute résistance a fait l'objet de nombreuses recherches, depuis fort longtemps, dès le début du siècle, des bétons de résistance supérieure à 50 Mpa étaient obtenus sur le chantier [1], résultat très méritoire si l'on compare la qualité des matériaux disponibles à l'époque à celle des ciments et granulats d'aujourd'hui.

Or, depuis quelques années, un regain d'intérêt se manifeste, dans le monde entier, pour le béton HR, obtenu grâce à l'emploi de fluidifiants et éventuellement de polymère et polymère silicate. La raison de ce nouveau revirement doit être recherchée, en fait non seulement dans la possibilité d'alléger les structures par une augmentation des contraintes en services, mais plutôt dans l'amélioration des autres qualités du matériau sous chargements cycliques, mais malheureusement aucune théorie n'a été trouvée jusqu'au là pour la variation de la contrainte.

2. Définition et composition des matériaux plastiques

On appelle matière plastiques une grande classe de matériaux organiques dont la base est constituée des composés macromoléculaires naturels ou synthétiques appelés polymères.

Dans la technologie de production de matériaux de construction en matière plastique, les polymères obtenus par synthèse de monomères sont divisés d'après le mode de fabrication en deux classes.

Pour la classe A : Le polymère, le polypropylène, le chlorure de polyvinyle, le polyisobutylène, le polystyrol, l'acétate de polyvinyle, les polyacrylates et les polymères à base de caumarone et de l'indène,

Pour la classe B : les polymères phénol-aldéhyde, phénol-formaldéhyde, résorcine-formaldéhyde, les polymères obtenus par polycondensation amido et amino-formaldéhyde, les polymères glyptales, les polyuréthanes, les polyuréthanes, les polyesters malcines, les polyesters acrylates ainsi que les silicones et polymères époxydes.

• domaine d'utilisation

On a cherché depuis longtemps à renforcer les matériaux de construction fragiles à l'aide de matériaux composites de différentes nature, en rappelant que l'état fragile correspondant à une faible résistance à la traction, une faible énergie de rupture ou une faible plasticité en compression ou en traction.

Les progrès technologiques enregistrés tant sur les bétons et micro-bétons que sur la nature des matériaux composites, ont permis des développements des bétons pour diverses applications aussi bien dans les travaux publics que dans le bâtiment.

Les matériaux composites ont trouvés des débouchés pour des travaux neufs et pour des travaux de renforcement ou de réparation.

Citons par exemple : centre nucléaire, traverse du chemin de fer, tunnel, port, pistes des aéroports, barrages etc..., et vu que le rapport entre la résistance à la traction et la résistance à la compression pour un mortier aux polymères varie entre 1/3 à 1/2, une résistance à la compression deux fois supérieure que celle de la traction [2]. Ces propriétés favorisent l'emploi des mortiers aux polymères dans des constructions à parois minces sans armatures.

Les polymères s'opposent à la corrosion et résistent aux solutions concentrées d'acides, de sels et d'alcalin. Ces derniers sont employés dans la construction des entreprises de l'industrie chimique, des égouts, des conduites d'eau, etc...

3. Fabrication des éprouvettes, méthodologie des essais pour la détermination de la limite d'endurance du polymère béton-lourd-armé

Actuellement, la détermination de la limite d'endurance des matériaux, se fait par la voie expérimentale.

Pour cela : on a préparé quatre (04) séries de polymère-béton armé dont la première série ne comporte pas de fibres mais la deuxième, la troisième et quatrième série contiennent un pourcentage de fibres de 1,2 et 3% en masses.

Les éprouvettes de matériau composites sont

BIBI MEKKI

Centre Mohamed Boudiaf
M'SILA

RÉSUMÉ

L'objectif principal de notre travail est d'étudier l'influence du polymère sur la réponse mécanique du matériau composite étudié.

La technique d'incorporation du polymère et polymère silicate dans le béton permet d'améliorer la réponse mécanique du composite sous chargement statique et cyclique.

L'utilisation du béton renforcé par un polymère ou un polymère silicate permet d'améliorer les conditions de service du matériau étudié en lui conférant une haute performance mécanique par rapport au béton ordinaire (résistance à la fatigue).

MOTS CLÉS

matériau composite • polymère • béton • charges alternatives • endurance • fibres.

des prismes de 4x4x16 cm.

les composants du polymère béton sont (% en masse).

- Monomère furaldéhyde d'acétone 08%
- Acide sulfobenzène (zène-sulfonique) 02%
- Agregats 54%
- Sable 27%
- Poudre d'andésite 09%

En qualité de fibre on prend des fibres de fil à faible teneur en carbone dont le diamètre varie entre 0.5 ~ 0.7 mm et de longueur 25 mm avec une résistance de 1600 Mpa.

On a préparé aussi trois (03) séries de prismes 7x7x28 cm en polymère - béton léger composé de (% en masse) :

- Monomère furfurool d'acétone 12%
- Acide de sulfobenzène 03%
- Graviers 34%
- Sable 39%
- Poudre d'andésite 12%

Les deux dernières séries contiennent un pourcentage en masse de 1.5 et 3% d'armatures en fibres comme celles utilisés dans les précédentes séries.

Pour la préparation du polymère béton on a employé un malaxeur mécanique, les prismes étaient remplis et compactés sur table vibrante.

La fabrication des éprouvettes et la procédure des essais étaient conformes aux règlements internationaux.

Les essais de résistance sous charge statique ont été réalisés à l'aide d'un appareil universel TSDM-PO-10 (Allemagne) avec un effort maximum à la compression de 300 KN.

Les déformations ont été mesurés à l'aide des jauges placés longitudinalement et transversalement sur les quatre (04) côtés des prismes ; ces jauges peuvent enregistrer des déplacements de l'ordre de 0.001 mm.

Les résultats des essais de résistance à la compression et la traction et le module d'élasticité longitudinal sont fournis par le tableau 1 avec une probabilité de justesse de P = 0.95.

| N° de série | Caractéristique | Nombre de prismes | Résultats (Mpa) |
|-------------|-----------------|-------------------|-----------------|
| 1 | σ_r | 9 | 69.8 |
| | E_0 | | 30560 |
| 2 | σ_r | 5 | 71.9 |
| | E_0 | | 30840 |
| 3 | σ_r | 5 | 71.4 |
| | E_0 | | 32520 |
| 4 | σ_r | 5 | 67.5 |
| | E_0 | | 31960 |
| 5 | σ_r | 5 | 33.4 |
| | E_0 | | 13720 |
| 6 | σ_r | 5 | 36.5 |
| | E_0 | | 13894 |
| 7 | σ_r | 5 | 36.54 |
| | E_0 | | 13850 |

Tableau 1 : Contrainte de rupture σ_r et module d'élasticité longitudinale E_0

4. Calcul de la résistance sous chargement cyclique

Par exemple : Un essieu de wagon travaille à la flexion et tourne avec des roues en subissant des contraintes cycliques, bien que les fores extérieures gardent leur valeur et leur direction, les fibres de l'essieu se trouvent tantôt dans la zone tendue, tantôt dans la zone comprimée. Il est à remarquer que l'action des charges alternatives mène à la rupture par suite de la progression d'une cricque dite de fatigue.

L'alternance des charges et décharges produit l'érouissage et augmente la fragilité du matériaux. C'est dans ce contexte qu'on a procédé à des expériences des polymères - béton armé (lourd et léger).

L'essai réalisé à l'aide d'un appareil universel TSDM - PO - 10 (Allemagne) avec 750 cycle/mn.

Pour chaque série on a réalisé plusieurs essais en commençant avec la valeur élevée du rapport σ_{max}/σ_r et en descendant.

Les essais montrent que la plupart des cas, les prismes subissent la rupture aux alentours de deux millions de cycles. L'essai s'effectuera sur 4-5 niveaux de charges pour qu'on puisse tracer la ligne d'endurance moyenne.

Pour les prismes des quatre (04) premières séries le coefficient de symétrie ($\rho = \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}}$) $\rho = 0.1$ et pour les trois (03) autres séries $\rho = 0.3$. (Figure 1,2).

Les résultats d'essais sous chargement cycliques

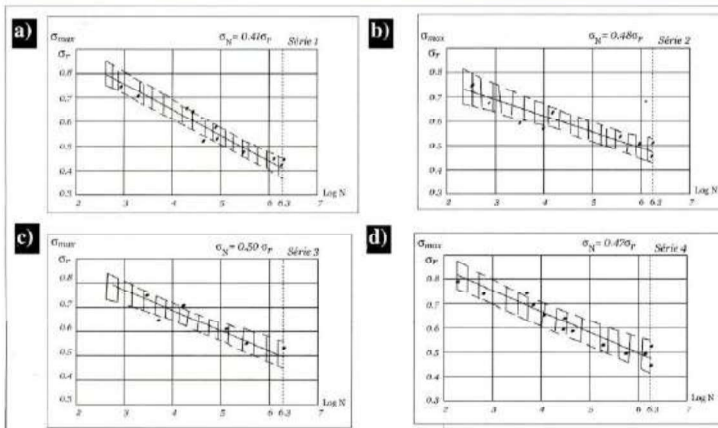


Figure 1 : Ligne d'endurance du polymère - béton lourd armé.

sont fournis par le tableau 2.

Remarque :

- Un contrôle visuel a été effectué durant le déroulement des essais, on a constaté alors que des micro-fissures, commencent à apparaître durant les derniers 10-15 mille cycles.

- En conclusion des résultats d'essais, mathématiquement on a constaté qu'avec un pourcentage de 1% en masse de fibre pour le polymère - béton lourd armé la limite d'endurance augmente de 18%, avec 2% de fibre augmente de 22% et avec 3% augmente de 16% par rapport au polymère - béton lourd (non armé). (Figure -.2).

- Pour le polymère - béton léger armé avec un pourcentage de 1.5% de fibre augmente la limite d'endurance à 9%, et avec 3% de fibre la limite d'endurance s'élève à 12% en comparaison avec le polymère - béton léger (non armé). Figure 3.

Durant la rupture des prismes, les fibres s'étirent, sans subir de rupture. voir travaux [3, 4].

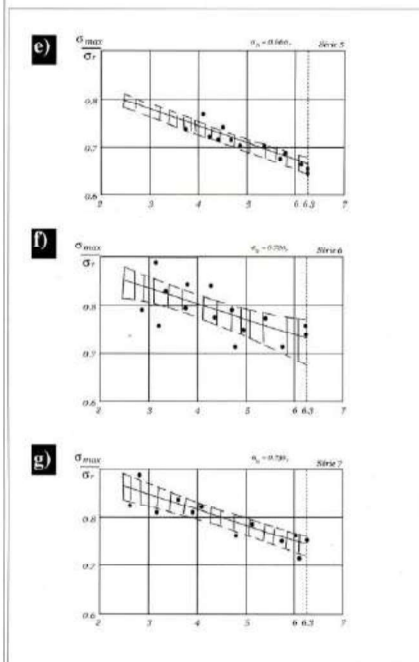
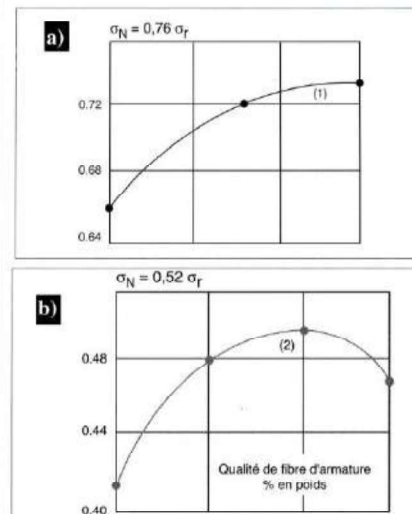


Figure 2 : Ligne d'endurance du polymère -béton léger armé



(a) Polymère - béton léger armé
(b) Polymère - béton lourd armé

Figure 3 (a, b) : Changement (Variation) de la limite d'endurance du polymère en fonction du pourcentage de fibre d'armature

5 Conclusion

On peut ainsi reconnaître l'effet bénéfique du polymère - béton sous les aspects suivants :

- Le polymère constitue un adjuvant efficace, pour les matériaux composites.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Seki.Shingo : Dr-Ing "Conseiller à la faculté des sciences et des technologie" de l'université de Nihon Japan -Meneo Morimoto Université Nihon Japan - Nobutoshi Yamane Université Nihon Japan Annales de l'institut technique du bâtiment et des travaux publics n° 436 Juil-Aout 1985 serie - béton 213.
- [2] L. Skupin : "Construction en mortier aux polymères et leur durabilité". Chercheur scientifique, institut du bâtiment, université technique de Prague. Tchécoslovaquie.
- [3] VI Khartchevnikov : "Les polymères - béton en fibre Voronedj (Russie) édition VGO p.116, 1976.
- [4] VI Khartchevnikov : "L'optimum des composantes et le normal des caractéristiques du polymère béton en fibre". Edition Vouzov - Construction et architecture, n°08 p.79-81. 1980.

Matériau

| N° de série | N° de prisme | σ_{max} f_r | Nbre de cycle jusqu'à la rupture (10) ³ | Coefficient de corrélation | L'équation empirique de la ligne d'endurance | N° de série | N° de prisme | Nbre de cycle jusqu'à la rupture (10) ³ | Coefficient de corrélation | L'équation empirique de la ligne d'endurance | |
|-------------|--------------|-------------------------|--|----------------------------|---|-------------|--------------|--|----------------------------|--|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | 1 | 0.75 | 0.8 | -0.965 | $\bar{\sigma}_N / \sigma_r =$ $1.07 - 0.104$ LnN | 5 | 1 | 0.76 | 18.2 | -0.892 | $\bar{\sigma}_N / \sigma_r =$ $0.89 - 0.037$ LnN |
| | 2 | 0.72 | 2 | | | | 2 | 0.75 | 36.3 | | |
| | 3 | 0.67 | 18.6 | | | | 3 | 0.75 | 6.8 | | |
| | 4 | 0.64 | 25 | | | | 4 | 0.72 | 27.5 | | |
| | 5 | 0.58 | 72 | | | | 5 | 0.71 | 37.2 | | |
| | 6 | 0.53 | 44 | | | | 6 | 0.71 | 60.3 | | |
| | 7 | 0.53 | 89 | | | | 7 | 0.71 | 269 | | |
| | 8 | 0.48 | 182 | | | | 8 | 0.70 | 75 | | |
| | 9 | 0.45 | 955 | | | | 9 | 0.68 | 724 | | |
| | 10 | 0.43 | 1778 | | | | 10 | 0.68 | 549 | | |
| | 11 | 0.43 | 2000 | | | | 11 | 0.67 | 1258 | | |
| | 12 | 0.38 | 2000 | | | | 12* | 0.65 | 2000 | | |
| 2 | 13 | 0.75 | 0.4 | -0.949 | $\bar{\sigma}_N / \sigma_r =$ $0.9 - 0.067$ LnN | 6 | 14 | 0.90 | 1.7 | -0.853 | $\bar{\sigma}_N / \sigma_r =$ $0.93 - 0.031$ LnN |
| | 14 | 0.70 | 1 | | | | 15 | 0.84 | 5.8 | | |
| | 15 | 0.65 | 16.6 | | | | 16 | 0.84 | 20.7 | | |
| | 16 | 0.60 | 4.3 | | | | 17 | 0.83 | 2.6 | | |
| | 17 | 0.59 | 11.3 | | | | 18 | 0.80 | 0.7 | | |
| | 18 | 0.55 | 280 | | | | 19 | 0.79 | 5.6 | | |
| | 19 | 0.50 | 794 | | | | 20 | 0.79 | 58.6 | | |
| | 20 | 0.50 | 2000 | | | | 21 | 0.78 | 33.8 | | |
| | 21 | 0.48 | 1585 | | | | 22 | 0.78 | 279 | | |
| 3 | 22 | 0.72 | 2.5 | -0.944 | $\bar{\sigma}_N / \sigma_r =$ $0.97 - 0.075$ LnN | 7 | 23* | 0.78 | 2000 | -0.861 | $\bar{\sigma}_N / \sigma_r =$ $0.94 - 0.034$ LnN |
| | 23 | 0.70 | 15.6 | | | | 24 | 0.76 | 1.5 | | |
| | 24 | 0.65 | 15.6 | | | | 25* | 0.72 | 2000 | | |
| | 25 | 0.65 | 30.4 | | | | 26 | 0.71 | 63 | | |
| | 26 | 0.59 | 110 | | | | 27 | 0.71 | 630.9 | | |
| | 27 | 0.56 | 312 | | | | 28 | 0.88 | 0.6 | | |
| | 28 | 0.52 | 2000 | | | | 29 | 0.83 | 2.8 | | |
| 4 | 29 | 0.50 | 1622 | -0.923 | $\bar{\sigma}_N / \sigma_r =$ $1.032 - 0.089$ LnN | 30 | 0.83 | 15.1 | -0.861 | $\bar{\sigma}_N / \sigma_r =$ $0.94 - 0.034$ LnN | |
| | 30 | 0.80 | 0.3 | | | 31 | 0.82 | 0.6 | | | |
| | 31 | 0.77 | 1 | | | 32 | 0.81 | 7.2 | | | |
| | 32 | 0.75 | 6.8 | | | 33 | 0.80 | 1.3 | | | |
| | 33 | 0.70 | 7 | | | 34 | 0.80 | 316.2 | | | |
| | 34 | 0.65 | 36.4 | | | 35 | 0.78 | 128.8 | | | |
| | 35 | 0.60 | 27 | | | 36 | 0.77 | 954.9 | | | |
| | 36 | 0.60 | 33.65 | | | 37 | 0.76 | 54.9 | | | |
| | 37 | 0.54 | 187.5 | | | 38* | 0.75 | 2000 | | | |
| | 38 | 0.50 | 645.6 | | | 39 | 0.74 | 691.8 | | | |
| | 39 | 0.50 | 2000 | | | 40 | 0.71 | 1412.5 | | | |
| | 40 | 0.48 | 1445 | | | | | | | | |
| 41* | 0.45 | 2000 | | | | | | | | | |

● L'incorporation de fibre permet d'améliorer la consistance du polymère - béton lourd et du polymère - béton léger, puisque avec un pourcentage de fibre de 1%, 2% et 3% de son poids, la limite d'endurance s'élève respectivement à 18, 22 et 16% pour polymère - béton lourd et un pourcentage de fibre de 1.5% et 3% du poids du

polymère - béton léger, la limite d'endurance s'élève respectivement à 9% et 12% par rapport au polymère - béton non armé.

- Avec le polymère on peut fabriquer aisément un béton de résistance supérieure à 50 Mpa.
- Détermination du ferrailage optimum en fibre pour le polymère - béton lourd qui correspond à 2% de son poids ■