

LE COMPORTEMENT DES MATERIAUX COMPOSITES PAR RAPPORT AUX MATERIAUX SIMPLES

Mihaela GALAJU

*Université Technique de Moldavie, La Faculté : Construction, Géodésie et Cadastré, Le Département : Génie Civil et Géodésie, gr. Ingénierie Structurale 1801M, Chișinău, République de Moldavie
Ecole Nationale d'Ingénieurs de Saint-Etienne, Formation en Génie Civil,
gr. Matériaux et Structures, Saint-Etienne, France*

Résumé. *Large développement des processus de production et des technologies utilisées dans le domaine de la construction, a conduit, récemment, à l'émergence du marché spécialité des matériaux aux caractéristiques supérieures à celles utilisées jusqu'à présent. La recherche effectuée a développé une série de nouvelles procédures fabrication de matériaux. Dans le contexte actuel, où, pour une construction, il est exigé le respect des principes qualitatifs en matière de sécurité d'exploitation, sa solidité et sa stabilité, l'utilisation de nouveaux matériaux, avec des performances élevées, conduisant à des niveaux de sécurité plus élevés. L'émergence des matériaux composites a permis le développement de telles technologies pour la consolidation et pour l'exécution des nouvelles constructions de caractère spécial. Domaine d'utilisation les composites dans la construction se sont développés rapide à l'international. La dynamique de l'utilisation des composites dans les constructions est amplifiée en continu, actuellement ces matériaux sont de plus en plus utilisés dans les processus de consolidation de vieux bâtiments.*

Mots-clé: *matériaux composites, contraintes, structures hétérogènes, résistance, effort.*

Introduction

La mission de l'ingénierie des structures consiste à développer des méthodes et des technologies pour vérifier et améliorer les structures existantes afin d'étendre leur durée d'utilisation, souvent en répondant à des charges utiles plus élevées. S'il est justifié de répondre à une demande d'utilisation par une nouvelle construction, celle-ci devrait dans le but de respecter les principes d'un développement durable se distinguer par une haute performance exprimée par un ratio entre la charge utile et le poids propre de la construction le plus élevé possible et par une durabilité ne nécessitant pas d'intervention imprévue (p.ex. pour remédier à des dégâts de corrosion). Ainsi, l'utilisation de ressources est minimisée et l'économie est maximisée. Ces objectifs peuvent être atteints par des constructions en BFUP.

Sur un large spectre, plus ou moins, tout matériau peut être considéré comme un matériau composite. À l'échelle macro, micro ou nano, tous les matériaux sont constitués de différents composés / constituants, qu'il s'agisse de défauts structuraux, de pores, d'impuretés ou d'autres matériaux / éléments d'alliage. Cela est vrai même dans le cas des matériaux naturels, qui sont souvent constitués de deux composants: à partir d'un composant avec une résistance plus élevée par rapport à l'autre et avec une plus grande rigidité (appelée renfort), incorporé dans un matériau plus doux qui est la matrice du composite. Un bon exemple d'un tel composite est le bois, constitué de chaînes fibreuses, appelées cellulose, qui sont noyées dans une matrice portant le nom de lignine.

1. Etude de comportement du bois par rapport au bois et BFUP

Le matériau composite est un assemblage d'au moins deux matériaux non miscibles (mais ayant une forte capacité d'adhésion). Le nouveau matériau ainsi constitué possède des propriétés que les éléments seuls ne possèdent pas. Ce phénomène, qui permet de perfectionner la qualité de la matière face à une certaine utilisation (légèreté, rigidité à un effort, etc.), explique l'utilisation croissante des matériaux composites, dans différents secteurs industriels. Néanmoins, la description fine des composites reste complexe du point de vue mécanique.

Les matériaux composites permettent d'atteindre des niveaux de performances inégalés. En effet, ils possèdent une structure géométrique spécialement conçue pour leur conférer des propriétés que leurs constituants élémentaires ne possèdent pas individuellement, et leur permettre de remplir de nombreuses fonctions techniques. Pour tirer le meilleur parti de leurs capacités, les composites sont généralement conçus en même temps que les pièces qu'ils constituent. La frontière entre le produit et le matériau est donc plus floue qu'avec les matériaux traditionnels, ce qui implique de profonds changements dans la conception des produits industriels. Les structures mixtes (BFUP/acier, BFUP/bois ou BFUP/béton) constituent un important champ de développements potentiels.

Dans cette étude, le comportement des matériaux simples par rapport aux matériaux composites a été analysé. L'objectif était d'étudier les contraintes dans les structures hétérogènes.

Pour l'étude, deux poutres ont été prises, la première poutre étant en bois, et la seconde en bois et BFUP, dont les sections seront présentées ci-dessous. Les poutres d'une longueur de 4 m ont été chargées avec une force uniformément répartie de 1,5 kN / m.

Soit deux sections:

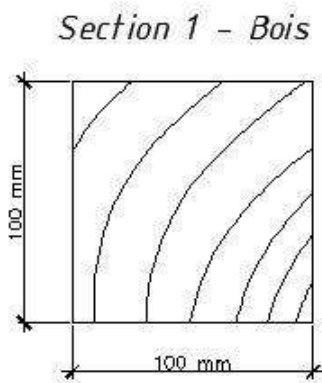


Figure 1. Poutre en bois
Bois- $E_1=12$ GPa

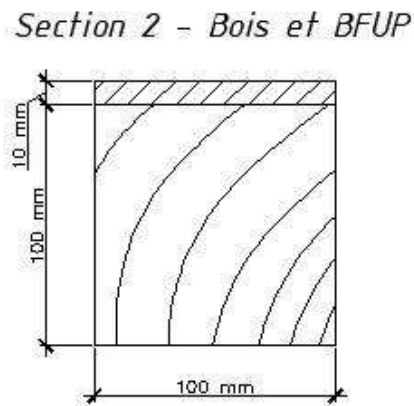


Figure 2. Poutre mixte.
BFUP- $E_2=50$ GPa

Pour déterminer les contraintes dans les structures hétérogènes nous devons suivre l'algorithme suivant:

1. Calculer le position d'axe neutre
2. Calculer l'inertie homogénéisée
3. Calculer la répartition σ_{xx}
4. Calculer les flèches

1. Calculer le position d'axe neutre

Section 1: Section homogène

$$z = \frac{h}{2} = 55 \text{ mm};$$

Section 2: Section Bois et BFUP

$$E_1 \times z_1 \times A_1 + E_2 \times z_2 \times A_2 = 0;$$

$$E_1 = 12000 \text{ Pa};$$

$$A_1 = 100 \times 100 \text{ mm};$$

$$E_2 = 50000 \text{ Pa};$$

$$A_2 = 10 \times 100 \text{ mm};$$

z - distance entre centre de gravité et AN;

$$z_1 = z - 10 - 50 = z - 60;$$

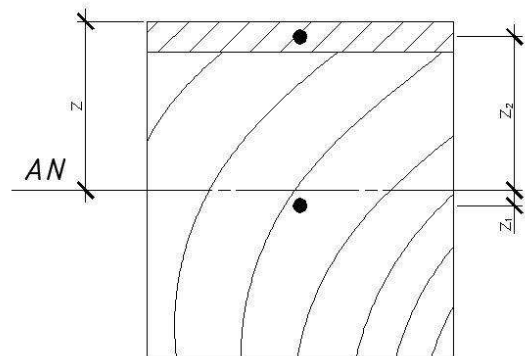


Figure 3. Axe neutre pour une poutre mixte

$$z_1 = z - 10 - 50 = z - 60;$$

$$z_2 = z - 5;$$

$$E_1(z - 60)A_1 + E_2(z - 5)A_2 = 0;$$

$$E_1 \times A_1 \times z + E_2 \times A_2 \times z = 60E_1 \times A_1 + 4E_2 \times A_2 \quad (1.7)z = 43,8 \text{ mm};$$

2. Calculer l'inertie homogénéisée

Section 1

$$I_1 \frac{bh^3}{12} = 11,09 \times 10^6 \text{ mm}^4;$$

Section 2 Formule RDM

$$E \times I_h = E_1 \times I_1 + E_2 \times I_2 = 1,09 \times 10^7 \text{ mm}^4;$$

$$I_1 = \frac{b_1 h_1^3}{12} + A_1 \times z_1 = 1,09 \times 10^7 \text{ mm}^4;$$

$$I_2 = \frac{b_2 h_2^3}{12} + A_2 \times z_2 = 15 \times 10^5 \text{ mm}^4;$$

$$E \times I_h = E_1 \times I_1 + E_2 \times I_2 = 12000 \times 10,9 \times 10^7 + 50000 \times 15 \times 10^5 = 20,7 \times 10^{10} \text{ Nmm}^2;$$

R_q = forte contribution des couches de HTX avec modules élevés

$$E_2 \times I_2 = 75 \times 10^9 \text{ Nmm}^2;$$

$$\frac{E_2 \times I_2}{E \times I_h} = 36\% \quad (2.7); \text{ --rigidité apportée par BFUP avec HTX}$$

3. Calculer la répartition σ_{xx}

$$\sigma_{xx} = \frac{M}{I} \times z = \frac{3 \times 10^6}{11,09 \times 10^6} \times 55 = 14,59 \text{ MPa};$$

Section 1

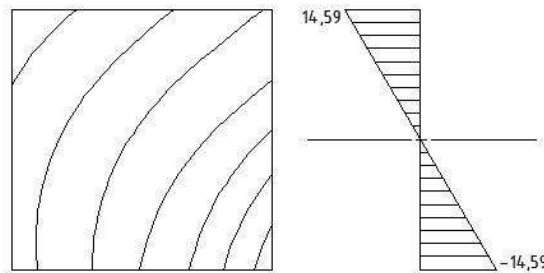


Figure 4. Contraintes dans une poutre en bois

$$\sigma_{xx1} = E_1 \times \frac{M_{yy}}{E \times I_h} \times z = 50000 \times \frac{3 \times 10^6}{20,700 \times 10^{10}} \times 43,80 = 31,70 \text{ MPa};$$

$$\sigma_{xx2} = \frac{E_2 \times M_{yy}}{E \times I_h} \times (z - 10) = \frac{50000 \times 3 \times 10^6}{20,700 \times 10^{10}} \times (43,80 - 10) = 24,50 \text{ MPa};$$

$$\sigma_{xx3} = \frac{E_1 \times M_{yy}}{E \times I_h} \times (z - 10) = \frac{12000 \times 3 \times 10^6}{20,700 \times 10^{10}} \times (43,80 - 10) = 5,90 \text{ MPa};$$

$$\sigma_{xx4} = \frac{E_1 \times M_{yy}}{E \times I_h} \times (z - 110) = \frac{12000 \times 3 \times 10^6}{20,700 \times 10^{10}} \times (43,80 - 110) = -11,50 \text{ MPa};$$

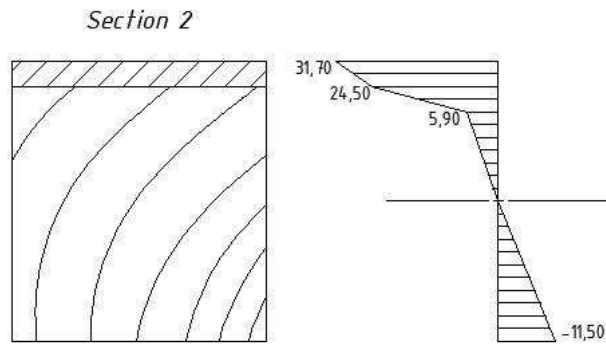


Figure 5. Contraintes dans une poutre en bois et BFUP

R_q – avantage section mixte – moins de contrainte dans bois – section + résistance

4. Calculer les flèches

$$\mu_{max} = \frac{5P \times L^4}{384E \times I_{yy}} < limite = \frac{L}{300} = 13,3mm;$$

$$\mu_{max1} = \frac{5P \times L^4}{384E \times I_{yy}} = \frac{5 \times 1,5 \times 4000^4}{384 \times 12000 \times 11,06 \times 10^6} = 37mm;$$

$$\mu_{max2} = \frac{5P \times L^4}{384E \times I_{yy}} = \frac{5 \times 1,5 \times 4000^4}{384 \times 50000 \times 11,06 \times 10^6} = 24mm.$$

Conclusions

Les BFUP compte tenu de leurs multiples performances s’adaptent aux diverses contraintes et exigences des ouvrages. Ils répondent aux évolutions majeures de la construction en permettant d’optimiser les dimensionnements (augmentation des portées, réduction des quantités de matériaux utilisés), de réduire la durée des chantiers et les coûts globaux des ouvrages et l’impact sur l’environnement, d’améliorer l’esthétique des parements et la pérennité des structures et d’offrir une liberté architecturale. Leurs performances exceptionnelles offrent la possibilité de nouveaux domaines d’applications et de nouvelles structures de bâtiment ou de génie civil sous réserve que les concepteurs s’affranchissent des contraintes et des réflexes habituels de calcul des ouvrages en béton. Le concepteur doit avoir un regard innovant sur la conception et la réalisation de la structure. Les performances mécaniques des BFUP associées à une haute précision du moulage permettent la réalisation de structures fines et complexes. Ils réunissent tous les qualificatifs en termes mécaniques et esthétiques : résistance, durabilité, compacité extrême, liberté des formes et des textures. Ils permettent d’inventer de nouvelles formes plus légères qui n’ont de limite que la créativité des ingénieurs.

Bibliographie

1. AFGC: Association française de génie civil (2003) “Réparation et renforcement des structures en béton au moyen des matériaux composites”, *Documents scientifiques et Techniques Recommandations provisoires*-, Décembre 2003, 148 p.
2. Bardonnnet, P. (1992) “Résines époxy”, *Technique de l’ingénieur, Traité Plastiques et Composites*, A 3 465, A 3 466.
3. Berbain, F., Chevalier, A et Choudin, C. (1997) “Mise en œuvre des composites, Méthodes et Matériels”, A 3 720, *Technique de l’Ingénieur, Traité Plastiques et Composites*, volume AM 5.
4. La chimie et l’habitat (Matériaux composites à matrices polymères).
5. www.hal.archives-ouvertes.fr consulté le (23/01/2020).
6. <https://bu.umc.edu.dz> consulté le (24 /01/2020).
7. <http://www.materiaux-naturels.fr> consulté le (25 /01/2020).