Développement de panneaux composites en textile mortier (TRC) et isolation innovante intégrant des matériaux à changement de phase

Zakaria Ilyes Djamai [1], Amir Si Larbi[1] , Ferdinando Salvatore[1]

1-Université de Lyon, Ecole Nationale d'Ingénieurs de Saint-Etienne (ENISE), Laboratoire de Tribologie et de Dynamique des Systèmes (LTDS), UMR 5513, 58 rue Jean Parot, 42023 Saint-Etienne Cedex 2, France

RÉSUMÉ.

L'utilisation des matériaux à changement de phase comme substitut au agrégat fins est d'un intérêt grandissant dans l'industrie de la construction. Cependant l'intégration des matériaux à changement de phase dans les matrices cimentaire peut entrainer de sévères dégradations de leurs caractéristiques mécaniques.

Dans la présente étude, un mortier modifié intégrant different taux de mcp (5wt %, 10wt%, 15wt %) a été préparé .Des tests de résistance à la compressions et de flexion ont été effectués sur les différents composites à des températures inferieurs et supérieur à la température de changement de phase (≈25°).

Les différentes matrices mortier –mcp ont été renforcées par 3 couches de textile verre Alkali résistant. Les composites TRC-MCP ont été testés en traction suivant les recommandations du Rilem [1].

Il a pu être conclu que le renfort textile peut scientifiquement améliorer les performances mécaniques en traction des matrice en mortier –mcp, cependant un taux critique de mcp (≈15wt%) existe et peut entrainer une rupture soudaine par délaminage entre les différentes couches de renfort.

ABSTRACT.

There is a growing interest on the use of phase change material (pcm) in the building industry especially in cementitious materials as a substitute to fine aggregate. However pcm can induce a strong degradation of the concrete mechanical performances especially under tensile solicitation.

In the present study, a modified mortar matrix with different amounts of pcm (5wt %, 10wt%, 15wt %) have been prepared. A compressive and flexural strength characterization tests on the different pcm-mortar matrix has been done below and above the pcm temperature phase change.

The different amounts of pcm-mortar matrix have been reinforced with 3 layers of AR glass Fabric. The textile reinforced pcm-mortar composites have been tested under pure tensile solicitation. The tests have been performed according to the Rilem technical committee recommendation [1]

It has been found that the textile reinforcement of the different pcm-mortrar matrix can highly improve their mechanical characteristics in terms of stress and strain at failure .However a critical pcm weight ratio (around 15wt%) exists and can induce the sudden failure of the textile reinforced pcm-mortar composites by shear delamination in the fabric/matrix interface without reaching the fabric tensile strength.

MOTS-CLÉS : *matrice mortier-mcp, TRC, essais de caractérisation, modes de rupture.*

KEY WORDS: *pcm-mortar matrix, TRC, characterization tests, failure modes*

1. Introduction

La limitation des besoins en climatisation/chauffage, dans le secteur du bâtiment, est devenue un d'un intérêt primordial. Un des moyens pour renforcer l'inertie thermique des bâtiments est l'incorporation des matériaux à changement de phase (mcp) dans les éléments de construction.

Les mcp ont pour principe d'absorber la chaleur latente pendant leur fusion dans une plage de température étroite correspondant à leur température de changement de phase, cette même chaleur absorbée pendant la fusion est restituée pendant la phase de solidification.

De nombreux travaux de recherche[2,3] ont été réalisés, ces dernières années pour vérifier les performances énergétiques de ce concept en incorporant les mcp via une technique de micro encapsulation dans des matrices cimentaires pointant des réductions des pic de température de l'ordre de 3° à 4° pour des taux de mcp variant entre 5% et 10% .

Malgrés les améliorations notables des performances thermiques des matrices cimentaires suite à l'incorporation des mcp, des consequeques inverses apparaissent en termes de performances mécaniques [4,5].

La présente étude enrichira la littérature dans la compréhension de l'effet du mcp dans l'évolution de caractéristiques mécaniques des mortiers à matrices cimentaire, et proposera des idées de renforcement des composites mortier-mcp par incorporation de grille de textile en verre alkali resistant pour renforcer les composites en traction.

2. Matériaux et méthodes

Les différents composites mortier-mcp ont été réalisés en ajoutant des proportions massiques de mcp de (0%, 5%, 10 %, 15 %) à un mortier de référence de ciment portland de type CEMI. La taille maximale des grains de sables dans le mortier est de 1.6 mm. .

Lors de la formulation des composites mortier –mcp une attention particulières a été portée sur l'ajustement du rapport e/c .En effet la poudre de mcp incorporée dans le mortier ayant un taux d'absorption d'eau évaluée autours des 60% (due à sa surface spécifique extrêmement élevée et au potentiel élevé d'absorption d'eau du polymère utilisé lors de la micro encapsulation des mcp) peut drastiquement détériorer la maniabilité et fluidité des composite .De ce fait le rapport e/c a été réévalué pour chaque pourcentage de mcp ajouté de façon à pallier le fort taux d'absorption d'eau de la poudre mcp

Les différentes formulations de composites mortiers-mcp (0%, 5%, 10 %, 15 %) sont présentées tableau 1

Constituants	Composition des composites			
	Mortier de reference	5wt% Mortier-mcp	10 wt% Mortier-mcp	15 wt% Mortier-mcp
MCP (kg)	0	0.3	0.6	0.9
ciment (kg)	1.65	1.65	1.65	1.65
Aggregats fin (kg)	4.35	4.35	4.35	4.35

Water(l)	0.80	0.96	1.14	1.31
E/C	0.48	0.58	0.69	0.79
E/C (effectif)	0.48	0.48	0.48	0.48

Tableau 1 formulation des matrice mortier-mcp

Le composites mortier mortier mcp ont été confectionnés dans des moules (40 mm ×40 mm ×160 mm) afin d'être testés après 28 jours de séchages en compression et flexion trois points dans différentes ambiances à 18° (conservation des éprouvettes dans une ambiance fixée à 18°) et 40° (conservation des éprouvettes dans une ambiance fixée à 40°) et à puis à 18° suite à un réchauffement jusqu'à 40° (conservation des éprouvettes dans une ambiance fixée à 40° puis refroidissement à 18°) .

Les matrices en mortier-mcp (tableu 1) ont été renforcés ensuite par trois couche de textile de type verre AR par moulage au contact (figure 1) dans des moules de (600 mm×400mm×10mm) .Après durcissement, des éprouvettes de dimensions (500mm×100mm×10mm) en TRC-MCP ont été découpées afin d'etre testés en tracion directe.

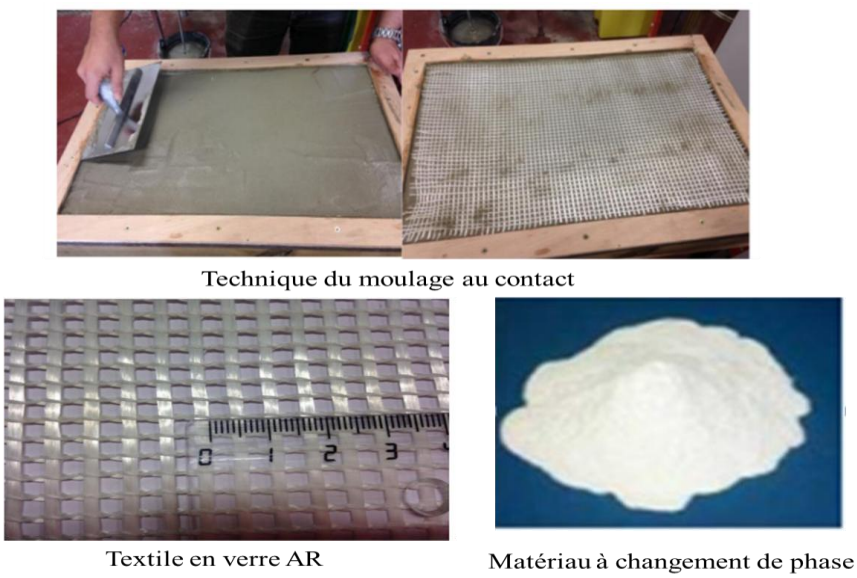


Figure 1 coulage des composites TRC -MCP

3. Résultats et discussions

Les résultats concernant l'évolution des propriétés mécaniques en compression et flexion de matrices en mortiers-mcp sont présentés figure 2

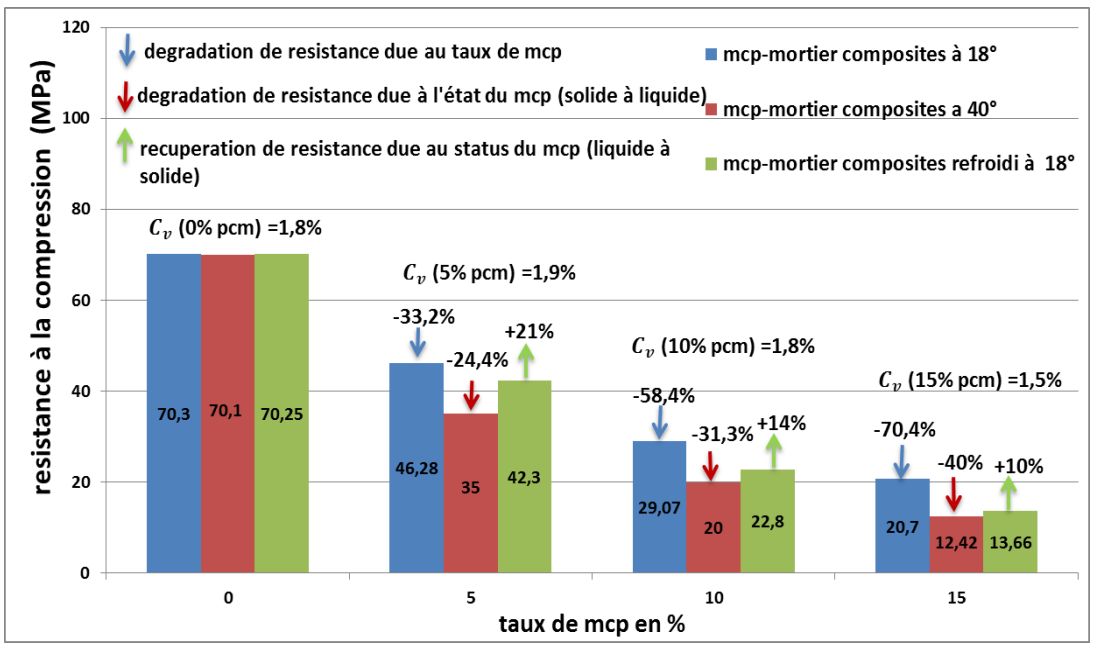
Il peut être constaté une dégradation notable des performances mécaniques des matrices en mortier-mcp avec le taux de mcp.

Il peut être également constaté que l'état de mcp (solide ou liquide en fonction de la température) joue un rôle au niveau des performances mécaniques des composites. Quand le mcp passe de l'état solide (à 18°) vers l'état

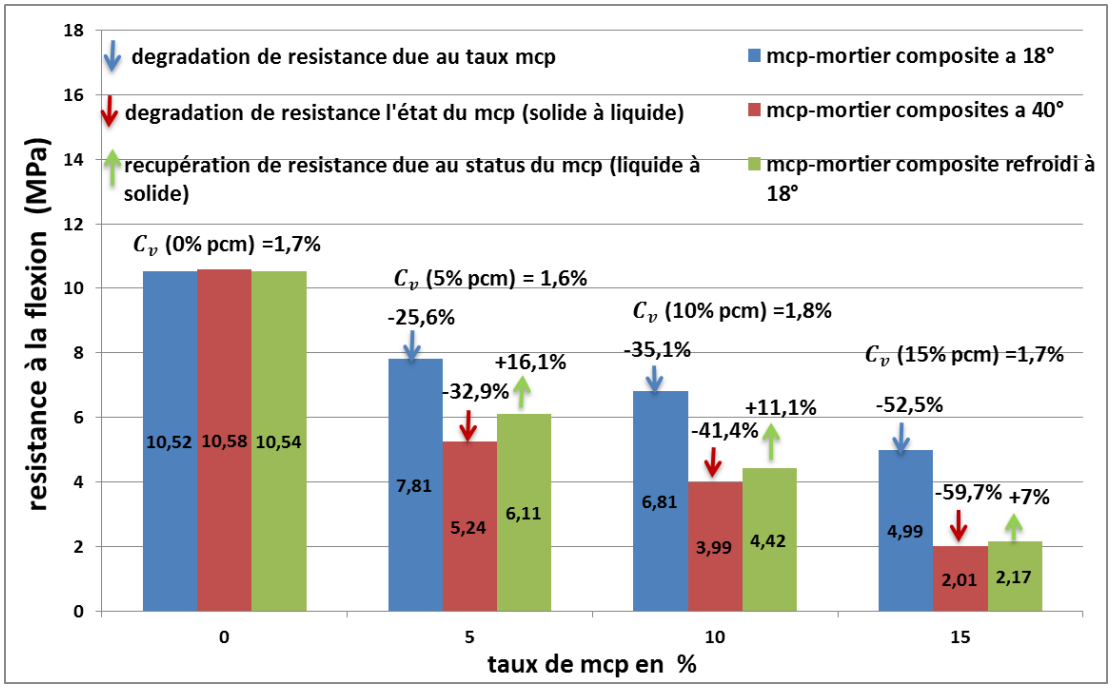
fluide (40°) on peut constater une chute des performances mécaniques qui augmente avec le taux de mcp introduit dans les composite en mortier-mcp.

Les composite en mortiers-mpc ne recouvrent pas leurs performances mécaniques initiales lors de la resolidification du mpc (conservation des éprouvettes dans une ambiance fixée à 40° puis refroidissement à 18°).

La chute des propriétés mécaniques des composites quand le mcp passe de l'état solide vers l'état liquide est due à un effet de dilation interne du mcp suite à une augmentation de volume lors du passage solide liquide , cette dilatation peut entrainer de la fissuration interne dans les composite et explique la chute des propriétés mécaniques lors du test à 40°.les propriétés mécaniques ne sont pas recouvertes lors de la resolidification du mcp due au caractère partiellement irréversible des micro fissures interne crées.



(a)



(b)

Figure 2 (a) résistance à la compression (b) résistance à la flexion des composites mortier-mcp.

Les résultats en terme de contrainte vs déformation sur les composites en TRC-MCP (500mm×100mm×10mm) sollicités en traction directe sont présentés (figure3).

Il peut être déduit à partir des résultats des tests de traction que :

L'incorporation de renfort textile dans les matrices en mortiers-mcp contribue au renforcement des caractéristiques mécaniques des mortiers-mcp en termes de contrainte limite de rupture et déformation à la rupture en traction.

-La résistance en phase (I, figure 3) des composites TRC-MCP décroit avec le taux de MCP due à la dégradation de la résistance des matrices en mortier-mcp avec l'augmentation du taux de MCP.

-La rigidité en phase II décroit avec l'augmentation du taux de MCP ce qui est synonyme de la dégradation de l'interaction matrice textile avec le taux de mcp.

-La rupture des TRC-MCP survient par rupture du textile au milieu des éprouvettes, cependant à un taux de mcp critique ≈ 15% la rupture survient par délaminage entre couche de renfort due à la dégradation de la résistance au cisaillement entre couches de textile due au fort taux de mcp (figure 4).

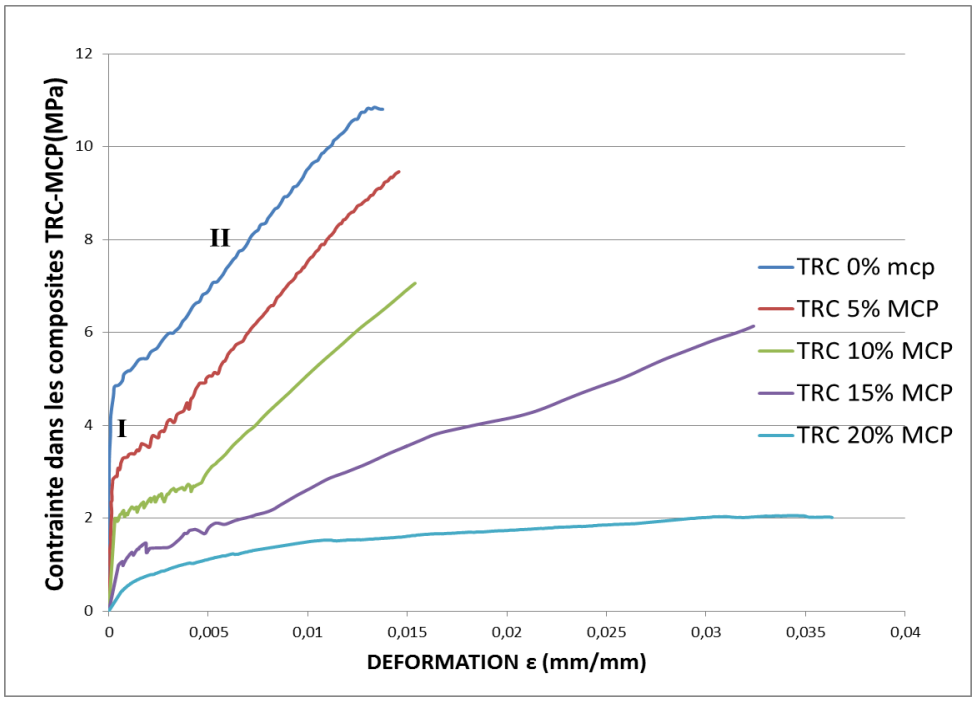


Figure 3 résultats test de traction sur composites en TRC-MCP

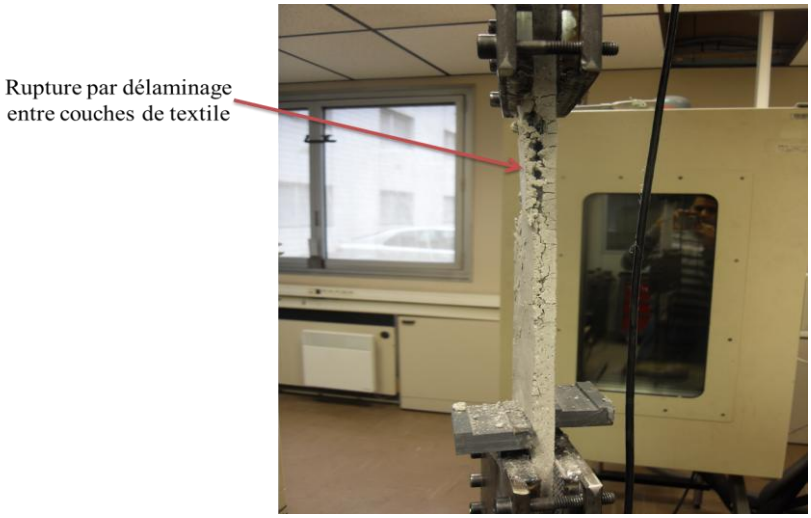


Figure 4 Mode de rupture mortier 15% mcp

4. Conclusion

La présente étude a enrichi l'état de l'art sur l'évolution des caractéristiques mécaniques de mortier à matrices cimentaire après incorporation de mcp.

Il a été démontré que l'ajout de mcp dans le mortier contribue à la dégradation de ces performances mécanique.

Il a également été démontré que l'état du mpc (solide ou liquide à l'intérieur de la microcapsule) peut jouer sur les performances mécaniques des mortiers-mcp.En effet l'expansion de volume du mcp suite au changement de phase peut induire des contraintes internes pouvant mener à la multifissuration des mortier-mcp.

L'incorporation de renfort textile dans les matrices en mortiers-mcp contribue au renforcement des caractéristiques mécaniques des mortiers-mcp en termes de contrainte limite de rupture et déformation à la rupture en traction, cependant un taux de renfort critique (≈15%) peut entrainer une rupture par délaminage entre couches de textiles.

5. References

[1] RILEM Technical Committee (Wolfgang Brameshuber) Recommendation of RILEM TC 232-TDT: test methods and design of textile reinforced concrete in Materials and structures 2016; 49 p4923-4927.

[2] M Pomnianowski P heiselberg R Jensen R Cheng Y Zhang Anew experimental method to determine specific heat capacity of inhomogeneous concrete material with incorporated microencapsulated –PCM in Cement and concrete research 55(2014) 22-34.

[3] C. Castellón A. Castell M. Medrano I. Martorell L. F. Cabeza Experimental Study of PCM Inclusion in Different Building Envelopes Journal of Solar Energy Engineering 131, 2009

[4] M. Hunger , A.G. Entrop, I. Mandilaras , H.J.H. Brouwers , M. Founti The behavior of self-compacting concrete containing micro-encapsulated phase change Materials in Cement & Concrete Composites 31 (2009) 731–743

[5] H-B Yang, T C. Liu, J-C Chern and M H Lee Mechanical properties of concrete containing phase-change material ,Journal of the Chinese Institute of Engineers ,2016