



Revue des Sciences et Sciences de l'ingénieur

Journal of sciences and engineering sciences

ISSN 2170-0737/EISSN: 2600-7029

<https://www.asjp.cerist.dz/en/PresentationRevue/303>



Comportement Mécanique des Mortiers Composites à base de Ciment-Polymère

***BERKAK Hichem , MAKHLOUFI Zoubir, BEDERINA Madani**

Laboratoire de matériaux et réhabilitation de structures (SREML), université Amar TELIDJI – Laghouat, Algérie

Article history

Submitted date: 2018-01-02

Acceptance date: 2018-10-07

Résumé

Afin de pallier la moindre résistance à la traction des mortiers ordinaires, l'incorporation des polymères aux mortiers est parmi des solutions rapides et efficaces. Cet article récapitule les résultats d'une étude expérimentale mise au point sur les mortiers modifiés par le polymère latex. Des essais de la résistance à la traction par flexion et à la compression des mortiers ont été effectués. Les corps d'essai ont été préparés avec différents contenus en latex tout en remplaçant partiellement le ciment par le latex polyacrylique styrol (SPA) où le taux de l'incorporation de SPA allant de 0% à 20% en poids du ciment et on opte la formulation « iso E/C ». Le second objectif de ce travail est l'étude de l'influence de la cure sur le comportement mécanique des mortiers. Les résultats ont révélé que la substitution partielle du ciment par le latex SPA a affecté négativement le comportement mécanique des composites. Par ailleurs, le traitement de cure influe significativement sur les propriétés mécaniques des tous les mortiers traités et la cure humide semble être le meilleur moyen de cure. L'étude a mis en évidence de l'emploi d'un superplastifiant et de l'utilisation de formulation « iso-rhéologie ».

Mots-clés : Mortier modifié par polymère ; latex SPA ; Polymère/Ciment (P/C) ; Comportement mécanique.

Abstract

In order to overcome the lower tensile strength of ordinary mortars, the incorporation of polymers into mortars is one of the quick and effective solutions. This paper summarizes the results of an experimental study developed on latex-modified mortars. Tensile strength tests and compressive strength tests were carried out. The test bodies were prepared with different resin contents while partially substituting cement by styrene polyacrylic latex (SPA) where the rate of incorporation of SPA lies between 0% and 20% by weight of cement and we opt for the formulation « iso W/C ». The second objective of this work is the study of the effect of curing on the mechanical behavior of the mortars studied. The results revealed that partial substitution of the cement by the SPA latex adversely affected the mechanical behavior of the composites when the W/C ratio was maintained constant. Moreover, the curing treatment has a significant impact on the mechanical properties of all treated mortars and the wet cure seems to be the best way of cure. This study has demonstrated the use of a superplasticizer and the use of "iso-rheology" formulation.

Key-words: Polymer-modified mortar; SPA latex; Polymer / Cement (P / C); Mechanical Behavior.

* Corresponding author. Tel. /fax: +213 660 850 172.

E-mail address: hichemcci@hotmail.fr (BERKAK Hichem).

1. Introduction

Récemment, l'ingénierie des matériaux polymères a attiré l'attention croissante des communautés scientifiques et techniques, parce qu'elle permet de concevoir et de fabriquer les matériaux ayant les propriétés désirées et un coût raisonnable dans le domaine de construction et de réparation des structures. Mais, les mortiers et bétons modifiés par polymères utilisés préliminairement comme matériaux de finition ou de réparation [1]. Ensuite du développement de techniques de polymérisation et de composition, ces matériaux ont parfois été utilisés massivement comme matériaux de construction dans certaines applications [2].

La modification des matériaux traditionnels par des polymères devrait augmenter la résistance à la traction et à la flexion et la ténacité des matériaux, sans induire une diminution importante de la résistance à la compression. En outre, le matériau de ciment modifié par polymère présente une bonne liaison et meilleure adhérence aux agrégats ou ouvrages détériorés déjà existants, il est donc utile pour la réparation des constructions [3, 4], une imperméabilité améliorée telle qu'une plus faible diffusivité des chlorures [5-7], une meilleure résistance au gel [8], une réduction du taux de retrait [9], et finalement améliore la durabilité [10-13].

Les mortiers de ciment modifiés par des polymères sont largement utilisés dans diverses applications comme les infrastructures, les ponts, les murs extérieurs isolants en raison de leur meilleure maniabilité, leur excellente résistance et leur protection de l'environnement [14].

Au début, le mortier de ciment modifié au latex naturel n'a pas obtenu une place dans l'application pratique à cause de ses compatibilités insatisfaisantes. A l'heure actuelle, une large gamme des polymères synthétiques a été utilisée comme des additifs aux mortiers et bétons cimentaires. Ces additifs peuvent être sous forme liquide ou sous forme de poudre. Lorsqu'ils sont sous forme liquide, on parle de résines ou latex comme le Styène-Butadiène (SBR), le Chlorure de Polyvinyle (PVDC), l'Acrylonitrile-Butadiène (NBR), le Polychloropène (CR), l'Ester Polyacrylique (PAE), l'Acétate de Polyvinyle (PVAC), le poly (Styrène/Acrylate de n-butyle) (SA) ou encore le poly (Ethylène/Acétate de Vinyle) (EVA). En particulier, les mortiers de ciment modifiés de latex SBR ont présenté une excellente dureté et la réduction de l'eau, où ils ont déjà été largement utilisés comme des adhésifs, des matériaux de finition et des matériaux de réparation pour les structures en béton armé [8, 15]. Parmi les différents types des polymères, le latex est le plus utilisé.

Par ailleurs, l'ajout du latex aux mortiers se fait en deux manières différentes. La première est de garder le rapport E/C constant afin d'obtenir une hydratation similaire de ciment et de cerner mieux l'influence du latex, on parle alors de formulation « iso E/C » [13, 16]. La deuxième est la plus répandue qui est d'adapter la maniabilité du mortier modifié au latex à celle du mortier ordinaire. Ce type de formulation s'appelle « iso-rhéologie » [17]. Cependant, ces études indiquent que la formulation iso-rhéologie montre une résistance élevée à la traction et à la compression à celle de

première manière. Cette différence due à l'effet de plastifiant de latex et par conséquent diminue le rapport E/C, puis augmente indirectement le comportement mécanique du composite [13, 16]. Cependant, plusieurs études menées sur l'incorporation des différents polymères dans les matériaux de ciment ont été publiées. Mais, beaucoup d'entre elles ne décrivent que les effets bénéfiques de l'utilisation des polymères les plus utilisés comme SBR, PAE, SA. Pour cela, l'utilisation de latex SPA dans les mortiers, surtout ceux à base de sable calcaire, n'a fait l'objet que de très peu d'études. C'est dans ce sens que cette étude a été entreprise. Son objectif principal est d'étudier l'effet du remplacement partiel de ciment par latex SPA sur les propriétés mécaniques des mortiers à base de sable calcaire concassé. Pour ceci, les taux de substitutions allant de 0% à 20% ont été envisagés à tour de rôle pour obtenir cinq combinaisons différentes. De plus, on opte pour la méthode iso-rhéologie.

2. Détails expérimentaux

2.1 Matériaux utilisés

2.1.1 Ciment

Le ciment Portland CEM I 42,5 HRS provenant de la cimenterie de LE KARROUBA (Tunisie) a été utilisé. L'analyse chimique a été effectuée par la spectrométrie de fluorescence X (SFX). Ensuite, la composition minéralogique potentielle du ciment est calculée selon la formule empirique de Bogue [18]. Cette composition chimique et minéralogique et les caractéristiques du ciment employé sont présentées dans les Tab. 1 et Tab. 2 respectivement.

Tableau 1. Composition chimique et minéralogique du ciment utilisé

Composition Chimique	
Eléments	%
SiO ₂	18,83
CaO	61,54
MgO	1,27
Al ₂ O ₃	4,20
Fe ₂ O ₃	5,31
SO ₃	1,96
K ₂ O	0,49
TiO ₂	0,20
Na ₂ O	0,21
P ₂ O ₅	0,29
Perte au feu	5,70
Composition minéralogique	
C ₃ S	66,01
C ₂ S	4,53
C ₃ A	2,16
C ₄ AF	16,14

Tableau 2. Caractéristiques du ciment employé

Caractéristique	Norme	Valeur trouvée
Masse volumique absolue (g/cm ³)		3,10 ± 0,01
Surface spécifique Blaine (cm ² /g)	NF EN 196-6 [19]	3200 ± 24
Consistance (%)	NF EN 196-3	28 ± 0,8
Stabilité (mm)	[20]	1 ± 0,04

2.1.2 Résine (latex)

La résine utilisée dans cette étude est un Polyacrylique styrol latex (SPA) nommé TEKNACHEM [21, 22]. Cette résine se présente sous la forme d'une solution aqueuse (latex) à haute densité, stable en milieu alcalin, spécialement conçue pour être additionnée à l'eau de gâchage des mortiers, coulis de ciment ou de l'enduit. Les principales propriétés de la résine utilisée sont regroupées dans le Tab. 3 [23].

Tableau 3. Principales propriétés de résine TEKNACHEM

Etat physique	Couleur	Densité (g/cm ³ , à 20°C)	PH (à 20°C)	Extrait sec
Liquide	Blanc	1,040 ± 0,02	4 ± 1	26 % ± 2 %

2.1.3 Sable

Dans le cadre de valorisation des matériaux locaux de la région de l'atlas saharien algérien, le sable calcaire concassé de fraction 0/5 provenant d'une carrière située au nord de la ville de Laghouat a été utilisé. Les caractéristiques physiques du sable employé sont présentées dans le Tab. 4.

Tableau 4. Propriétés du sable calcaire

Caractéristique	Norme	Valeur trouvée
Masse volumique absolue (g/cm ³)		2,59 ± 0,01
Masse volumique apparente (g/cm ³)	NF P 18-555 [24]	1,49 ± 0,01
Compacité (%)		57,52 ± 0,65
Coefficient d'absorption WA 24 (%)		1,90 ± 0,02
Module de finesse Mf	NF P 18-560 [25]	3,21 ± 1,74
Equivalent du sable ES (%)	NF P 18-598 [26]	66
% des éléments < 0,08 mm		7,5

2.1.2 Eau de gâchage

Il s'agit de l'eau du robinet de l'université de Laghouat, exemptée d'impuretés.

2.2 Formulation des mortiers composites

Afin de mettre en évidence l'influence de la teneur en résine SPA sur les caractéristiques mécaniques du mortier cimentaire élaboré, cinq compositions différentes de mortier ont été préparées en variant le rapport Polymère/Ciment (P/C) comme suit 0, 5, 10, 15, et 20%. En outre, il convient de mentionner que la méthode de substitution partielle du ciment utilisé dans différentes compositions consiste à remplacer une masse de la matrice cimentaire par la même masse de la matrice polymérique, tout en gardant le rapport Liant/Sable (L/S) constant et égal à 1/3 et le rapport E/C constant et égal à 0,5 tout en notant que la quantité d'eau introduite dans latex a été prise en compte pour la teneur en eau totale.

La préparation de mortier modifié par latex est réalisée selon la norme JIS (Japanese Industrial Standard) [27]. Les matières premières, préalablement séchées, sont introduites dans un malaxeur. Un malaxage à sec du mélange constitué de sable et de ciment pendant 2 min. Puis on ajoute progressivement le mélange d'eau de gâchage et de résine et malaxer durant une minute. Ensuite, on arrête le malaxeur pendant 30s pour enlever au moyen d'une raclette tout le mortier adhérent aux parois et au fond du récipient en le repoussant vers le milieu de celui-ci. On reprend ensuite le malaxage à vitesse rapide durant 2 min. À la fin de malaxage, on remplit les moules 4x4x16 cm³ en trois couches d'épaisseurs égales qui seront compactées par vibration à l'aide d'une table vibrante. Immédiatement après le coulage, les éprouvettes ont été couvertes d'un film plastique pour éviter l'évaporation de l'eau et elles seront stockées dans les conditions normales du laboratoire (25 ± 2°C et 50 ± 10% RH). Enfin, les éprouvettes seront démoulées après 24 heures. Pour examiner l'effet de la cure sur les caractéristiques mécaniques, les éprouvettes sont conservées dans deux milieux différents jusqu'au moment de l'essai :

Conservation dans l'eau (20°C ± 2°C ; 100% HR), c'est une cure humide

Conservation à l'air libre (25°C ± 2°C ; 50% HR), c'est une cure sèche.

3. Results and discussions

3.1 Influence du polymère sur la résistance à la traction par flexion

L'effet de la teneur en polymère (P/C) et des conditions de la cure sur la résistance à la traction par flexion à 7 et 28 jours des mortiers confectionnés est présentée sur les fig.1 et fig.2 respectivement.

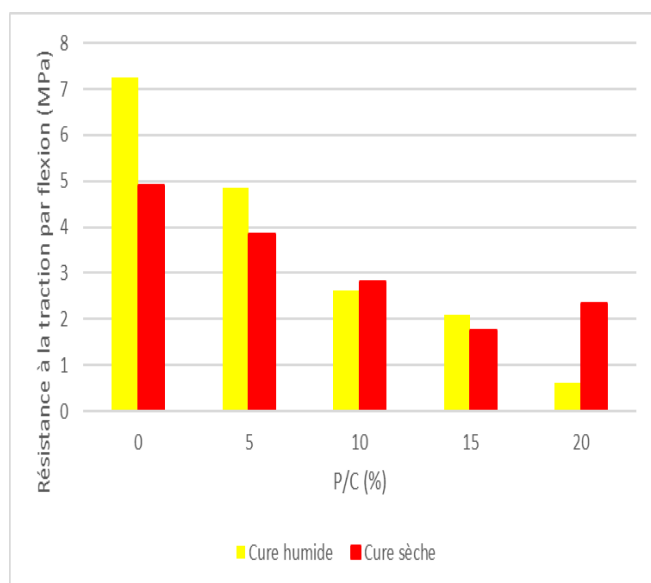


Fig.1. Evolution de la résistance à la traction par flexion à 7 jours

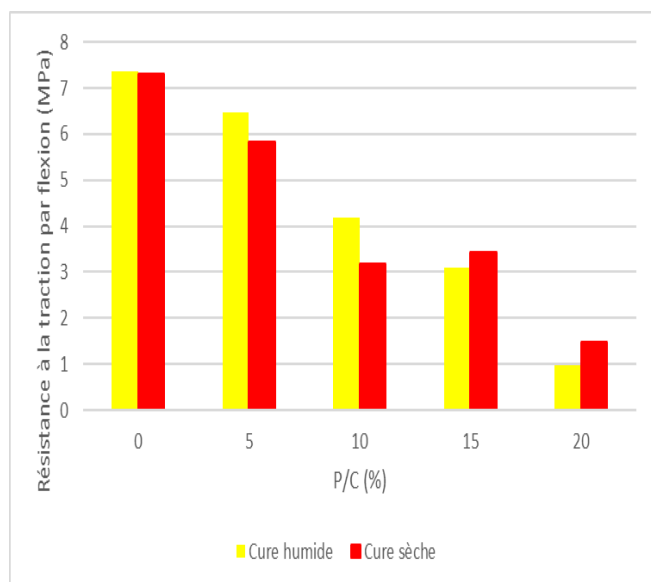


Fig. 2. Evolution de la résistance à la traction par flexion à 28 jours

D'après fig.1 et fig.2, on peut dire que le mortier témoin composé de 100% de ciment Portland ordinaire montre une meilleure résistance à la traction par flexion que celles des mortiers contenant un polymère SPA, quel que soit l'âge et le milieu de conservation. Ceci est en concordance avec d'autres résultats qui ont montré que, si le rapport E/C est maintenu constant, l'addition des polymères au mortier de ciment a un effet néfaste sur les résistances mécaniques des mortiers cimentaires à court terme jusqu'à 28 jours [13, 16, 17, 28, 29]. De plus, les polymères ont besoin du temps pour la formation d'un film polymérique qui mûrit avec l'âge. Par contre, Les résultats trouvés se contredisent avec plusieurs résultats des travaux antérieurs qui ont montré que les résistances à la traction et à la flexion augmentent avec l'augmentation du taux de polymère, quel que soit l'âge et la

méthode de formulation soient iso E/C et iso-rhéologie [30, 31].

On note également, que cette résistance diminue lorsque le taux de polymère croît à toutes les échéances et pour tous les modes de conservation. Par ailleurs, on constate d'après ces résultats obtenus que la résistance à la traction évolue positivement avec le temps. Néanmoins, dans l'eau, cette évolution est totalement différente entre le mortier de contrôle et le mortier contenant un polymère de SPA, tandis que le taux d'augmentation de résistance, de 7 jours à 28 jours, ne dépasse pas 2% pour le mortier témoin, mais il varie de 34% à 61% d'environ pour tous les mortiers modifiés de latex SPA. En revanche, à l'air libre, tous les mortiers modifiés ou non ont un même taux d'évolution approximativement.

Concernant l'influence du mode de conservation sur la résistance à la traction par flexion, il est clair que la cure influe significativement sur la résistance à la traction. Ohama a montré les mêmes résultats [32]. À jeune âge (7 jours), la résistance optimale à la traction par flexion, pour la plupart des mortiers modifiés au latex ou non, est obtenue en atteignant un degré raisonnable d'hydratation du ciment dans des conditions humides. En outre, à 28 jours, on peut montrer que la cure humide s'avère, légèrement, le meilleur moyen de cure quand le taux de polymère est inférieur à 15%. Au-delà de 15%, la cure optimale est la cure sèche. Ces résultats peuvent être expliqués d'une part par l'hydratation qui est accélérée et le taux d'hydratation qui augmente avec une cure humide et une quantité adéquate de latex, cela modifie la nature et la stabilité de certains hydrates. L'ettringite formée est par exemple plus stable [15]. D'autre part, quand le taux de polymère est supérieur ou égal à 15%, le milieu sec favorise la formation du film de polymère, qui est en partie responsable de l'amélioration du comportement mécanique des mortiers modifiés.

Par ailleurs, les résultats des travaux d'Ohama ont montré que la cure humide, au jeune âge, suivie par une cure sèche est préférable aux autres cures ordinaires (l'immersion totale ou la conservation permanente à l'air libre) pour les mortiers modifiés par plusieurs types de polymère. Cette cure mixte permet d'atteindre un degré d'hydratation élevé au jeune âge et de former ensuite un film de polymère. Ce film polymérique imperméable et les propriétés colloïdales hydrophiles des polymères eux-mêmes améliorent la rétention d'eau des mortiers modifiés par polymères. En conséquence, l'excellente capacité de rétention d'eau du mortier contribue à compléter l'hydratation du ciment et à augmenter la résistance à long terme. À l'inverse, les mortiers modifiés par des polymères perdent de leur résistance quand ils sont immergés et cette perte est plus significative pour la résistance en flexion [31]. Enfin, si on compare les mortiers modifiés de latex uniquement, le taux de 5% de polymère semble le plus approprié pour les mortiers modifiés de latex SPA et pour ce rapport, les valeurs de résistance à la traction par flexion varient entre 6,48 et 5,82 MPa à 28 jours pour les modes de cure humide et sèche respectivement.

3.2 Influence du polymère sur la résistance à la compression

Les résultats de la résistance à la compression à 7 et 28 jours des mortiers témoins ainsi que ceux modifiés par latex SPA en fonction de la teneur en polymère (P/C) et du mode de cure sont présentés sur les fig.3 et fig.4 respectivement.

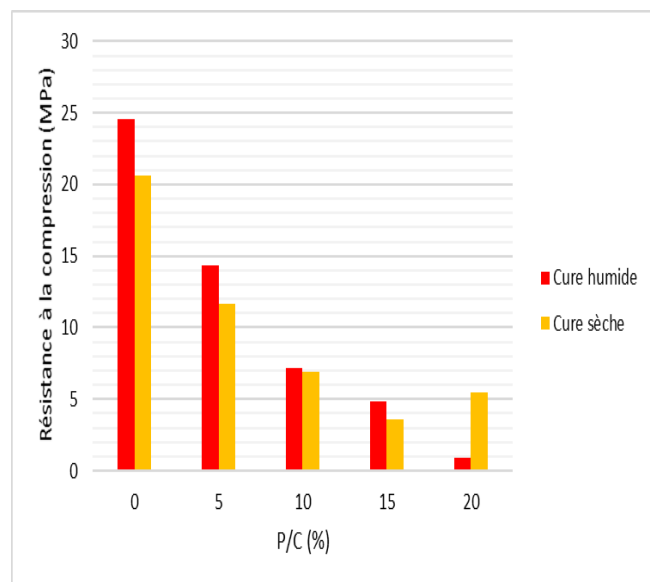


Fig. 3. Evolution de la résistance à la compression à 7 jours

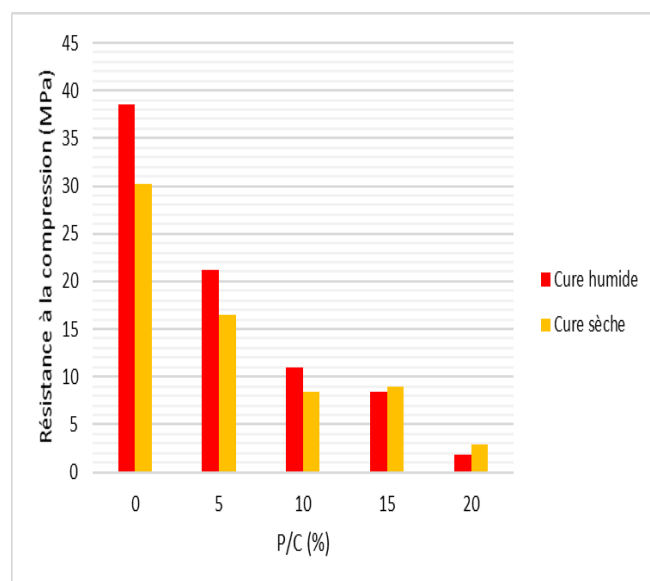


Fig.4. Evolution de la résistance à la compression à 28 jours

Selon les résultats trouvés, il est clair que le mortier de référence montre la meilleure résistance à la compression que celles des mortiers modifiés à tous les âges et pour les deux modes de cure. En outre, il a été noté que la résistance à la compression diminue rapidement tandis que le taux de substitution du ciment augmente pour toutes les maturités examinées. Le taux de diminution est de 41% et 45% en comparant le mortier témoin et le mortier contenant 5% de polymère à 7 et 28 jours respectivement en milieu humide. La principale cause de la chute significative de résistance à la compression des mortiers modifiés par polymère est la

réduction de la quantité du ciment hydraté parce que le polymère lui-même présente une faible résistance à la compression par rapport à la pâte de ciment. Cette dernière joue un rôle dominant du développement de la résistance à la compression. Le polymère doit donc être incorporé dans les mortiers en tant qu'addition plutôt que comme remplacement partiel du ciment. En d'autres termes, la quantité de ciment est maintenue constante dans les mortiers modifiés ou non. Les résultats de plusieurs travaux ont montré qu'en maintenant le même rapport E/C, la résistance à la compression des mortiers modifiés par les polymères diminue lorsque le rapport P/C augmente [33]. La plupart des auteurs ont justifié cette diminution par le fait qu'un polymère possède une plus grande capacité de rétention d'eau et une porosité fermée élevée due à l'entraînement de l'air par le polymère [9]. Cependant, d'autres chercheurs ont prouvé ces mêmes observations par la faible capacité mécanique du latex et aussi par le changement observé dans la microstructure du mélange. Dans le réseau de co-matrice de mortiers modifiés, il existe deux types de liaisons, à savoir ciment-ciment et ciment-polymère. Les liaisons ciment-polymère sont plus faibles que les liaisons ciment-ciment. Lorsque la teneur en polymère augmente, le film polymère recouvre le ciment hydraté et les agrégats, formant ainsi plusieurs liaisons ciment-polymère. Cela se traduit par une diminution de la résistance à la compression des échantillons modifiés [30].

Au regard des fig.3 et fig.4, on peut conclure que la plupart des mortiers étudiés présente une augmentation qui croît en fonction du temps. De plus, La conservation des mortiers contenant un taux de SPA inférieur à 15% dans le milieu humide améliore nettement les résistances à la compression en atteignant un degré d'hydratation raisonnable que le milieu sec. Par contre, on note une augmentation remarquable de cette résistance dans le milieu environnant quand le pourcentage (%) de polymère est supérieur ou égal à 15% que le milieu humide. La même remarque pour la résistance à la traction par flexion. Ceci est éventuellement dû au phénomène de polymérisation, car l'air ambiant sec favorise la formation de membrane ou film polymérique au sein des hydrates, au fur et à mesure que la quantité d'eau diminue dans les pores de la solution [34].

4. Conclusions

Dans cet article, les performances mécaniques des mortiers à base de ciment-Polymer SPA conservés dans deux milieux humide et sec ont été étudiées. Les résultats obtenus ont conduit à les principales conclusions suivantes :

- Les propriétés mécaniques des mortiers modifiés aux polymère sont fortement influencées par la méthode de formulation, E/C, P/C, traitement de cure, etc.
- Les résistances à la traction par flexion et à la compression du mortier de référence sont constamment les plus élevées que celles des mortiers modifiés par latex SPA à toutes les maturités examinées et également pour tous les modes de cure.

- Pour le même rapport E/C, les résistances à la traction par flexion et à la compression diminuent rapidement lorsque la teneur en latex SPA est augmentée.
- La comparaison des mortiers modifiés par latex SPA, seulement, montre que le mortier contenant 5% du latex SPA présente des résistances assez acceptables.
- Le traitement de cure influe significativement sur les résistances mécaniques des mortiers testés.
- La cure humide permet d'atteindre un degré d'hydratation satisfaisant, en revanche, le milieu sec favorise la formation du film polymérique.
- Pour les futurs travaux, ces mortiers modifiés par latex SPA mettront en évidence de l'emploi d'un superplastifiant, de l'utilisation de formulation « iso-rhéologie » et du traitement de cure mixte.

References

- [1] Ohama Y. Handbook of polymer-modified concrete and mortars. Park Ridge, NJ.: Noyes Publications; 1995.
- [2] Yao H, Liang N, Sun L, Meng J. The design of the polymer cement concrete pavement and the analysis of test road. J Chongqing Jiaotong Univ 2005;24(6):83–87 (in Chinese).
- [3] Islam, MA, Rahman MM, Ahmed M. Polymer-modified concrete: world experience and potential for Bangladesh. The Indian Concrete Journal 2011; 55-63.
- [4] Barbuta M, Harja M. Experimental study on the characteristics of polymer concrete with epoxy resin. Bul Inst Polit Iasi 2008 ; 53-59.
- [5] Zhong S, Chen Z. Properties of latex blends and its modified cement mortars. Cem Concr Res 2002; 32:1515–1524.
- [6] Zhong S, Shi M, Chen Z. The AC response of polymer- coated mortar specimens. Cem Concr Res 2002;32:983–987.
- [7] Yang Z, Shi X, Creighton AT, Petersone M. Effect of styrene–butadiene rubber latex on the chloride permeability and microstructure of Portland cement mortar. Constr Build Mater 2009;23:2283–2290.
- [8] Mirza J, Mirza MS, Lapointe R. Laboratory and field performance of polymer-modified cement-based repair mortars in cold climates. Constr Build Mater 2002;16:365–374.
- [9] Wang R, Wang P. Function of styrene–acrylic ester copolymer latex in cement mortar. Mater Struct 2010;43:443–451.
- [10] Al-Zahrani MM, Maslehuddin M, Al-Dulaijan SU, Ibrahim M. Mechanical properties and durability characteristics of polymer- and cement-based repair materials. Cem Concr Compos 2003;25:527–537.
- [11] Ohama Y. Polymer-based materials for repair and improved durability: Japanese experience. Constr Build Mater 1996;10:77–82.
- [12] Ohama Y. Principle of latex modification and some typical properties of latex-modified mortars and concretes. ACI Mater J 1987;84:511–518.
- [13] Sakai E, Sugita J. Composite mechanism of polymer modified cement. Cem Concr Res 1995;25:127–135.
- [14] Aggarwal LK, Thapliyal PC, Karade SR. Properties of polymer–modified mortars using epoxy and acrylic emulsions. Constr Build Mater 2007 ; 21 :379–383.
- [15] Wang R, Li XG, Wang PM. Influence of polymer on cement hydration in SBR–modified cement pastes. Cem Concr Res 2006 ; 36 :1744–1751.
- [16] Bureau L, Alliche A, Pilvin Ph, Pascal S. Mechanical characterization of a styrene–butadiene modified mortar. Mater Sci Eng 2001 ; 233–240.
- [17] Shaker FA, El-Dieb AS, Reda MM. Durability of styrene-butadiene latex modified concrete. Cem Concr Res 1997; 27: 711-720.
- [18] Bogue RH. Calculation of the compounds in Portland cement. *Indu Eng Chem* 1929; 1:192–197.
- [19] NF EN. 196-6 : « Méthodes d'essai des ciments, partie 6 : détermination de la finesse », Paris, 1990.
- [20] NF EN. 196-3 : « Méthodes d'essai des ciments : détermination de la consistance, du temps de prise et de la stabilité », Paris, 1990.
- [21] Belbachir B, Benosman AS, Taïbi H, Mouli M, Senhadji Y, Belbachir M. Durability of mortars modified by the effect of combining SPA polymers and supplementary cementitious materials. MATEC Web Conf 2018 ; 149 :01091.
- [22] Belbachir B, Benosman AS, Taïbi H, Mouli M, Senhadji Y. The thermal properties of mortars modified by the effect of combining polymers and SCMs. J Build Mater Struct 2018 ; 5: 22-31.
- [23] TEKWELD, fiche technique 01-16, TEKNACHEM SARL, Sidi Bel Abbès, Algérie.

- [24] NF P. 18-555 : « Granulats, mesure des masses volumiques, coefficients d'absorption et teneur en eau des sables », Paris, 1990.
- [25] NF P. 18-560 : « Granulats, analyse granulométrique par tamisage », Paris, 1990.
- [26] NF P. 18-598 : « Granulats, Equivalent de sable », Paris, 1990.
- [27] Test methods for polymer-modified mortar. Japanese Industrial Standard JIS A 1171, 2000.
- [28] Goto T. Influence des paramètres moléculaires du latex sur l'hydratation, la rhéologie et les propriétés mécaniques des composites ciment/latex. Thèse de doctorat, Univ Paris VI, 2006.
- [29] Soni K, Joshi YP. Performance analysis of styrene butadiene rubber-Latex on cement concrete mixes. Inter J Eng Res App 2014 ; 4: 838-844.
- [30] Barluenga G, Hernandez-Olivares F. SBR latex modified mortar rheology and mechanical behavior. Cem Concr Res 2004; 34 : 527-535.
- [31] Pascal S. Comportement mécanique de composites mortier-polymère. Thèse de Doctorat, Ecole Centrale Paris, 2002.
- [32] Ohama Y. Polymer-based Admixtures. Cem Concr Composites 1998 ; 20 : 189-212.
- [33] Su Z. Microstructure of polymer cement concrete. Delft Univ Press, The Netherlands; 1995.
- [34] Gemert DV, Knapen E. Recent development of concrete polymer composites in Belgium. 11th ICPIC Congress Berlin ; 2004.