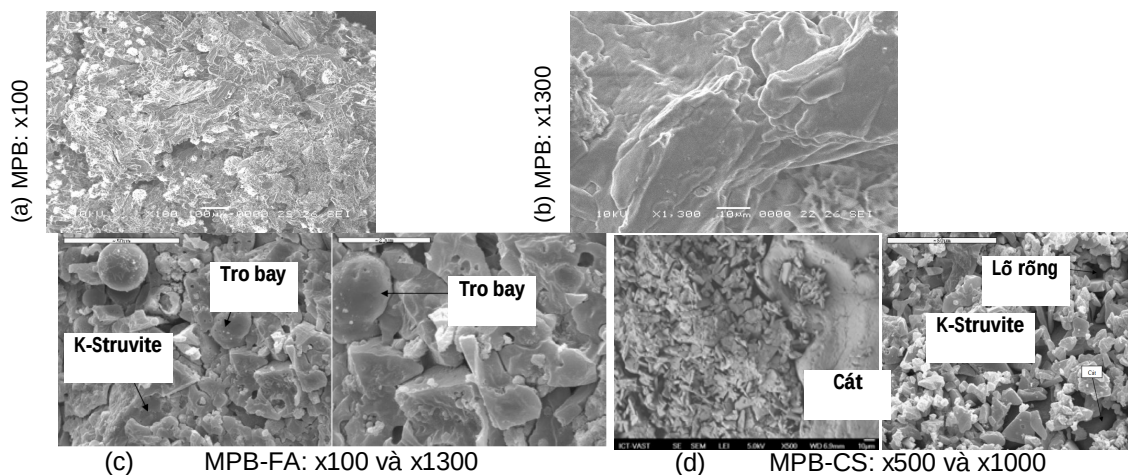


tốt. Cũng còn tồn tại các chất không phản ứng (hạt sáng màu MgO) trên bề mặt tấm sản phẩm chính. Hình 3b chỉ ra vùng phóng đại bề mặt của tinh thể đều đặn, đặc chắc. Sử dụng phụ gia làm chậm borax giúp phản ứng trong dung dịch có kiểm soát, kết quả thu được phần lớn các tinh thể sản phẩm

ở trạng thái kết tinh, đồng nghĩa cường độ chịu lực cao. Trên ảnh SEM của các mẫu compôzit (hình 3c,d) dễ dàng nhận thấy hình ảnh tương tự của các tinh thể sản phẩm xen lẫn các dấu vết của tro bay, cốt liệu cát và cả bột khí bị cuốn vào trong khi nhào trộn.



Hình 3. Ảnh chụp SEM của các mẫu chất kết dính MPB và mẫu compôzit

3.2.2 Độ rỗng toàn phần

Độ rỗng toàn phần được tính từ kết quả đo khối lượng trên các mẫu khối dạng nửa viên lập phương 2,5 x 5 x 5cm ở trạng thái khô, bão hòa nước và cân thủy tĩnh. Lỗ rỗng được bão hòa nước xâm nhập dưới áp lực hút chân không duy trì ở -40mbar trong bình hút ẩm. Mẫu chuẩn MPB có độ rỗng toàn phần cao nhất (8,5%), mẫu trộn cát MPB-CS 150% có độ rỗng toàn phần thấp nhất (2,4%) trong số 4 loại cấp phối. Cốt liệu cho vào làm tăng độ đặc sản phẩm, cũng có nghĩa cải thiện khả năng chống thấm và một phần cường độ chịu lực (mẫu MPB-FA). So với XMP, thì độ rỗng của MPB thấp hơn nhiều, thể hiện tính ưu việt.

Cụ thể, độ rỗng của đá XMP đo ở 3 và 28 ngày tuổi lần lượt là 11% và 20% theo Nguyen và cộng sự [13].

3.2.3 Cường độ chịu nén, uốn

Đối với mẫu vữa MPB, kết quả cường độ chịu uốn và chịu nén trung bình (bảng 2) chỉ có chênh lệch nhỏ giữa thời điểm 1 và 3 ngày tuổi. Mẫu chuẩn chất kết dính biểu hiện khả năng chịu lực cao, $R_{nén}^{TB}=24,63$ MPa và $R_{uốn}^{TB}=1,02$ MPa, đồng thời logic với tính đặc chắc khi quan sát ảnh chụp (hình 2,3). Sử dụng borax cho phép duy trì trạng thái vữa đảm bảo quá trình phản ứng diễn ra trước khi toàn khối vữa bị đóng rắn, các vị trí nguyên liệu chưa phản ứng ít quan sát thấy. Điều này cũng đồng nghĩa với việc chỉ các tinh thể sản phẩm phát triển trong thành phần kết dính.

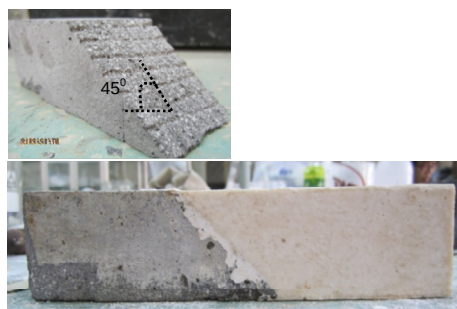
Bảng 2. Kết quả cường độ chịu nén trung bình ở 1, 3 ngày tuổi trên mẫu thanh 40x40x160mm

Kí hiệu mẫu		$R_{Chịu\ uốn}^{TB}$ (MPa)		$R_{Chịu\ nén}^{TB}$ (MPa)	
		1 ngày	3 ngày	1 ngày	3 ngày
MPB (đối chứng)		0,95	1,02	22,26	24,63
MPB-FA	20%	0,92	1,04	26,24	27,31
	30%	0,70	0,72	16,89	18,97
	40%	0,48	0,66	14,02	16,57
MPB-CS	100%	0,51	0,61	19,20	19,21
	150%	0,64	0,55	18,78	18,75
	200%	0,40	0,42	15,27	18,70
MPB-FA-CS	20&100%	0,76	0,79	25,12	26,02

Trong khi đó, với mẫu compôzit có sự khác biệt nhất định cường độ chịu lực ở 1 và 3 ngày tuổi cũng như ở các cấp phối chất độn (bảng 2). Khi sử dụng cát thay thế nguyên liệu tạo chất kết dính thì đồng

thời cả kết quả cường độ chịu nén và chịu uốn đều giảm so với mẫu đối chứng. Mẫu MPB-FA cho kết quả cường độ chịu nén, uốn tốt nhất 27,31-1,04 MPa nếu đảm bảo phối trộn đồng nhất phần tro bay thay

thể cho nguyên liệu tạo chất kết dính. Các hạt mịn tro bay phân tán cho phép thu được vi cấu trúc sản phẩm với độ đặc chắc cao hơn, nhưng cũng khó nhào trộn, đổ khuôn do vón cục (hình 2). Đối với mẫu cát khả năng nhào trộn tốt nhờ các hạt cát đóng vai trò như những viên bi giúp chà xát đánh tan các cục bột nguyên liệu. Nhưng kích thước hạt lớn thì liên kết với tinh thể dạng tấm K-struvite không tốt dẫn đến giảm cường độ. Từ nhận định trên để đảm bảo phương án vừa có tính chịu lực cao đồng thời có tính thi công nhào trộn tốt, chúng tôi kết hợp dùng đồng thời 20%



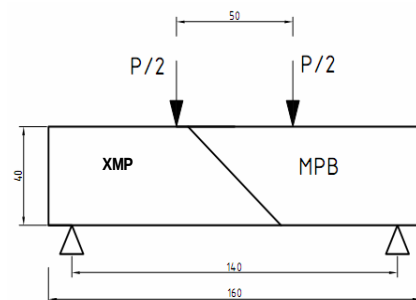
Hình 4. Mẫu lai $\frac{1}{2}$ XMP- $\frac{1}{2}$ MPB 4x4x16 (cm) và sơ đồ thử nghiệm uốn 4 điểm mẫu

Mẫu $\frac{1}{2}$ XMP- $\frac{1}{2}$ MPB bị phá hủy ngay vị trí tiếp giáp. Điều này chứng tỏ mẫu gồm 2 thành phần chưa đạt cường độ chịu uốn của từng vật liệu ban đầu. Kết quả $R_{uốn}^{TB}=1,6\text{MPa}$ cao hơn so với các mẫu MPB (1,02 MPa) và compôzít MPB-FA (1,04 MPa), một phần do phương pháp đo uốn. Một nguyên nhân nữa là cơ tính (chịu uốn và nén) của bản thân mẫu MPB còn thấp hơn so với mẫu XMP. Nhưng có thể thấy tính liên kết, bám dính tốt của vữa MPB với nền xi-măng.

tro bay và 100% cát. Kết quả $R_{nén}^{TB}=26,02\text{MPa}$ và $R_{uốn}^{TB}=0,79\text{MPa}$ ở 3 ngày tuổi thỏa mãn yêu cầu vừa đóng rắn nhanh cường độ thấp (<30 MPa).

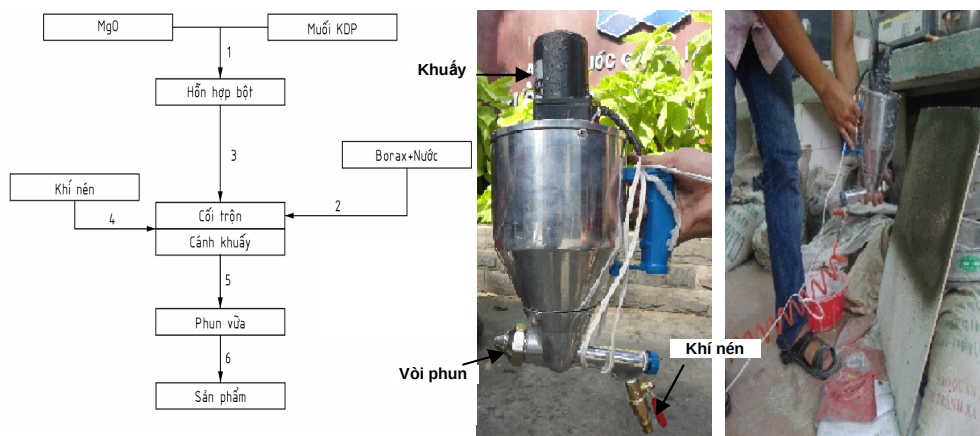
3.2.4 Liên kết XMP và MPB

Thử nghiệm cường độ chịu uốn mẫu lai một nửa là XMP và một nửa là MPB với mỗi nối vát góc nghiêng 45° (hình 4) nhằm đánh giá liên kết, ứng xử cùng nhau. Trình tự thử nghiệm uốn 4 điểm tuân theo tiêu chuẩn ASTM C348, tốc độ tải 1kN/s đến khi phá hủy.



3.3 Kết quả thí nghiệm phun vữa

Vữa đóng rắn nhanh thường được sử dụng sửa chữa công trình ở các vị trí thuận lợi cũng như khó tiếp cận thi công. Ngoài biện pháp phổ biến là tô trát tại chỗ đối với vữa thường như trên. Phương án thi công phun thường áp dụng sửa chữa khe nứt, hốc sâu vốn rất thường gặp trong các cấu kiện bê-tông bị ăn mòn, ngập nước.



Hình 5. Sơ đồ nguyên lý thiết bị phun vữa và hình ảnh máy phun vữa cầm tay

Hình 5 (trái) mô tả sơ đồ thử nghiệm phun vữa trên thiết bị cầm tay, gồm 6 giai đoạn từ nhào trộn nguyên liệu đến tạo tia vữa đóng rắn tại chỗ theo từng lớp mỏng. Độ linh động của vữa cần thiết duy trì trong suốt thời gian di chuyển trong vòi phun. Do đó, trong buồng trộn nguyên liệu được gắn cánh khuấy để

chống lắng và đóng rắn cục bộ như lưu ý ở trên khi thử nghiệm chảy xèo. Quá trình nạp liệu từng phần để tránh trường hợp quá tải cho cánh khuấy làm hồ vữa không đều. Khi quan sát thấy vữa đã đồng nhất (khoảng 10 phút khuấy), van khí nén được mở vào đẩy vữa liên tục ra khỏi vòi phun. Vữa ra khỏi vòi

phun bị xé nhỏ thành tia hoặc dòng tùy theo áp lực khí nén điều chỉnh và kích cỡ đầu phun. Thử nghiệm tiến hành trong phòng trên hình 5 (phải) cho thấy vữa MPB-FA-CS ra khỏi vòi phun bám dính tốt từng lớp một trên mặt tấm panel đặt nghiêng 75° . Toàn bộ khối vữa đóng rắn gắn cứng vào tấm panel sau đó.

4. Kết luận

Chúng tôi đã trình bày trên đây nghiên cứu tổng hợp chất kết dính manhêzi photphat theo cơ chế của phản ứng axit-bazơ giữa bột ôxít MgO và muối KDP. Sử dụng phụ gia làm chậm borax (2,5% khối lượng chất rắn) giúp đảm bảo thời gian thi công vữa 10-15 phút trước khi hoàn toàn đóng rắn phát triển cường độ với các tinh thể sản phẩm. Kết quả quan sát vi cấu trúc trên ảnh SEM cho thấy thu được phần lớn các khoáng K-struvite dạng tấm. Kết quả này đồng thời lí giải cường độ chịu nén và chịu uốn cao của mẫu MPB. Hơn nữa, khi dùng tro bay và cốt liệu cát cũng cải thiện tính chất vữa để ứng dụng làm vữa đóng rắn nhanh mát thấp. Cát giúp quá trình nhào trộn dễ dàng, tính linh động của hồ vữa rất cao theo ASTM C109. Tro bay làm tăng đồng thời cường độ chịu nén và uốn của sản phẩm so với nền đối chứng MPB. Chúng tôi đề xuất gam sản phẩm MPB-FA-CS sử dụng kết hợp 20% khối lượng tro bay và 100% khối lượng cát. Sản phẩm thể hiện tính chất ưu việt so với XMP ở chỗ có thể đóng rắn trong nước, ít bị tan, độ rỗng thấp. Cường độ chịu lực nén đạt 26,02 MPa (đáp ứng vữa mát thấp <30MPa theo tiêu chuẩn). Tính dính kết với vật liệu nền xi-măng cũng được chứng minh khi khảo sát tính chịu lực mẫu lai $\frac{1}{2}$ XMP- $\frac{1}{2}$ MPB. Ngoài phương án sử dụng thông thường như vữa trát, nhờ không chế được thời gian ninh kết và duy trì tính linh động bằng cách khuấy đã cho phép thử nghiệm thi công phun vữa trên thiết bị cầm tay quy mô phòng thí nghiệm. Có thể dự kiến mở rộng quy mô thi công thực tế sửa chữa nhanh các công trình đặc biệt nứt vỡ sâu, ngập nước.

Lời cảm ơn: Tác giả cảm ơn Đại học Bách khoa Tp.Hồ Chí Minh đã hỗ trợ kinh phí nghiên cứu đề tài mã số T-CNVL-2014-09.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. ARUN S. WAGH (2004), Chemically bonded phosphate ceramics: Twenty-First Century Materials with Diverse Applications; ELSEVIER, ISBN: 0-08-044505-5.
2. Z. LI, Z. DING, Y. ZHANG, "Development of sustainable cementitious materials", *Proceedings of the International Workshop on Sustainable Development and Concrete Technology Beijing, China 20–21/5/ 2004*, pp 55-76.
3. SUGAMA, T., and L. E. KUKACKA (1983). "Magnesium Monophosphate Cements Derived from Diammonium Phosphate Solutions". *Cement and Concrete Research* 13 (3): 407–16.
4. S. S. SEEHRA, S. GUPTA, S. KUMAR (1993). "Rapid Setting Magnesium Phosphate Cement for Quick Repair of Concrete Pavements — Characterisation and Durability Aspects". *Cem. Concr. Res.* 23 (2): 254–66.
5. J. PÉRA, J. AMBROISE (1998), "Fiber – reinforced Magnesia – Phosphate Cement Composite for Rapid Repair", *Cement and Concrete Composites*, vol. 20, Iss 1, pp.31–39.
6. Q. YANG, B. ZHU, S. ZHANG, X. WU (2000), "Properties and applications of magnesia phosphate cement mortar for rapid repair of concrete", *Cement and Concrete Research* vol.30, Iss 11, pp.1807–1813.
7. D.A. HALL, R. STEVENS, B. EL-JAZAIRI (2001), "The effect of retarders on the microstructure and mechanical properties of magnesia phosphate cement (MPC) mortar", *Cem. Concr. Res.* 31, 455-465.
8. E. SOUDÉE, J. PÉRA (2000), "Mechanism of setting reaction in magnesia-phosphate cements", *Cement and Concrete Research* 30, pp.315–321.
9. E.SOUDÉE, J. PÉRA (2002), "Influence of magnesia surface on the setting time of magnesia – phosphate cement", *Cement and Concrete Research*, Vol. 32, Number 1, pp. 153-157(5).
10. B.E.I. ABDELRAZIG, J.H. SHARP, P.A. SIDDY, B. EL-JAZAIRI (1984), "Chemical reactions in magnesia-phosphate cement". *Proceedings of the British Ceramic Society* 35, pp.141-154.
11. B.E.I. ABDELRAZIG, J.H. SHARP, B. EL-JAZAIRI (1988), "The chemical composition of mortars made from magnesia – phosphate cement", *Cem. Concr. Res.* 18 (3), pp.415-425.
12. K.-S. NGUYEN, P.-V. NGUYEN, H. NGUYEN, T.-N. NGUYEN, T.-H. NGUYEN (2012), "Use of phosphate magnesium material in fire protection of concrete", *Proceeding of The 5th ACF Conference, 24-26/10/2012, Pattaya, Thailand, 5pp.*
13. NGUYỄN PHƯỚC VINH, NGUYỄN HOÀNG, NGUYỄN THANH NHÂN, NGUYỄN KHÁNH SƠN (2014), "Chất kết dính manhêzi-phốtphat ứng dụng làm vật liệu cho các giải pháp chống cháy bị động", *Tạp chí KHCN Xây dựng*, số 3/2014, trang 30-39.

Ngày nhận bài: 16/10/2014.

Ngày nhận bài sửa: 31/12/2014.