

NGHIÊN CỨU CHẾ TẠO TẤM VẬT LIỆU XI-MĂNG LƯỚI THÉP SỬ DỤNG MỘT PHẦN CỐT LIỆU NHẹ KERAMZIT THAY THẾ CÁT

STUDY ON PRODUCING FERROCEMENT PLATE WITH FINE AGGREGATE PART REPLACED BY CERAMSITE

KS. CAO NHẬT DUY, TS. NGUYỄN NGỌC TRÍ HUỖNH, TS. NGUYỄN KHÁNH SƠN*

Bộ môn Silicat - Khoa Công nghệ Vật liệu - Trường ĐH Bách Khoa, ĐHQG Tp. Hồ Chí Minh

*Email: ksnguyen@hcmut.edu.vn

Tóm tắt: Trong bài báo, các tác giả sẽ trình bày kết quả nghiên cứu cấp phối vữa xi-măng, qui trình thử nghiệm đúc tấm xi-măng lưới thép 300x400x10mm và xử lý tăng cường bề mặt tấm dùng dung dịch phủ liti silicat decoSIL®. Kết quả cấp phối vữa thử nghiệm thay thế 60% cát sông bằng cốt liệu keramzit, có vữa dễ tạo hình, cường độ cao >70 MPa ở 28 ngày tuổi và khối lượng nhẹ hơn 30%. Tấm xi-măng lưới thép đúc theo qui trình thí nghiệm liên kết chịu lực tốt giữa vữa xi-măng và lưới thép. Thử nghiệm xử lý tăng cường bề mặt bằng dung dịch phủ cho thấy ưu điểm cải thiện khả năng kháng trầy xước đồng thời tăng cường độ chịu lực chung. Tấm vật liệu xi-măng lưới thép đáp ứng cơ bản những yêu cầu điển hình để định hướng ứng dụng làm mặt bàn nội – ngoại thất.

Từ khóa: xi-măng lưới thép, bê-tông thành mỏng, bê-tông nhẹ, cốt liệu keramzit,

Abstract: In this paper, we studied on the mortar formulation and casting ferrocement pannel with dimension 300x400x10mm. The purpose of this studies is to apply in practical usage of ferrocement pannel for outdoor furniture. Obtained results of proportional mixture of cement mortar using 60% by weight of lightweight ceramsite revealed good workability and high strength >70 MPa after 28 days of curing time. The value of volumetric weight is 30% inferior to those of controlled specimens of cement mortar. Thin ferrocement pannel with 10mm of thickness was casted in steel mold at laboratory scale. Impact test highlight good resistance of composite structure of the pannel. The pannel

surface was densified with the use of commercial product decoSIL® of DECOCRETE Ltd.

Keywords: thin-walled concrete, ferrocement, lightweight aggregate, ceramsite

1. Giới thiệu

Vật liệu xi-măng lưới thép hay ferrocement là loại vật liệu composit được cấu tạo từ hai thành phần là vữa xi-măng không dùng cốt liệu lớn và một lớp khung lưới thép hoặc lưới mắt cáo được kéo căng. Như vậy xét về vai trò thì vữa xi-măng chịu nén, kết hợp cùng lưới thép chịu uốn và chống phá hoại do va đập. Hình minh họa dưới đây (hình 1) là chiếc thuyền đóng bằng xi-măng lưới thép (bề dày 36mm) năm 1940 bởi Pier Luigi Nervi, chính ông đã lần đầu tiên nêu ra khái niệm xi-măng lưới thép với những ưu điểm nổi bật ở khả năng chịu uốn và tính bền. Nhìn vào lịch sử ra đời và phát triển ở trên có thể nhận thấy chung vật liệu ferrocement đóng một vai trò ứng dụng quan trọng đối với cả những nước đã và đang phát triển. Cụ thể là làm kết cấu mái, vách nhà, bể chứa nước, thực phẩm, kênh máng tưới tiêu nước hoặc các kết cấu hình dạng phức tạp có tính nghệ thuật như các mái vòm hoặc các cấu kiện phục vụ nội ngoại thất... Ở các nước phát triển, ứng dụng công nghệ tiên tiến vào sản xuất đúc sẵn cũng như cải tiến tính chất chịu lực cho các loại kết cấu hình dạng phức tạp, đa dạng và mang tính nghệ thuật thẩm mỹ độc đáo hơn hay hướng đến mục đích tiết kiệm chi phí xây dựng công trình.



Hình 1. Ảnh tư liệu về chiếc thuyền làm từ vật liệu xi-măng lưới thép năm 1940 của Nervi [1]

Theo thống kê [2], những ưu điểm chính của vật liệu xi-măng lưới thép như: (i) sử dụng nguồn vật liệu địa phương sẵn có, kỹ thuật thi công không quá phức tạp; (ii) có khả năng chịu lực uốn cao hơn so với vữa thông thường; (iii) nhờ uốn lưới thép dễ dàng nên tạo hình được nhiều hình dạng phức tạp, đáp ứng được các yêu cầu thiết kế thẩm mỹ; (iv) bền vững, ít tốn kém chi phí bảo dưỡng. Bên cạnh đó những nhược điểm chính bao gồm: (i) có trọng lượng lớn so với các vật liệu gỗ, nhựa, (ii) khó kiểm soát độ phẳng của lưới thép khi thi công.

Trong phần tiếp theo, các tác giả sẽ trình bày nghiên cứu thí nghiệm cấp phối vật liệu xi-măng lưới thép sử dụng một phần cốt liệu nhẹ keramzit thay thế cát để đúc tấm mẫu mỏng (bề dày 10mm) nhằm hướng đến ứng dụng làm sản phẩm mặt bàn nội ngoại thất dựa trên một số tiêu chí: khối lượng nhẹ, tấm bản mỏng, độ bền kháng va đập, độ cứng và bề mặt phẳng.

2. Nguyên liệu và cấp phối

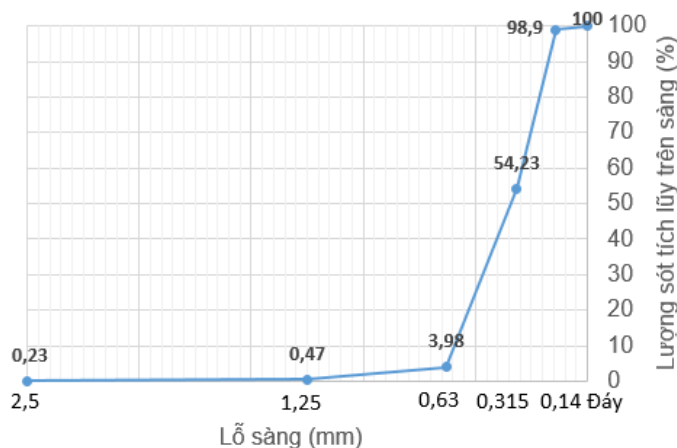
2.1 Nguyên liệu

Các nguyên liệu sử dụng trong nghiên cứu gồm: xi-măng Poóclăng PC40 (Vicem Hà Tiên), tro bay, cốt liệu cát sông, cốt liệu nhẹ keramzit, nước và phụ gia siêu dẻo SIKA ViscoCrete 8700M. Kết quả phân tích, thí nghiệm các chỉ tiêu cơ lý nguyên liệu xi-măng PC40 Vicem Hà Tiên cho thấy hoàn toàn đáp ứng yêu cầu sử dụng. Thử nghiệm về mức giảm

nước và tính tương thích với phụ gia SIKA ViscoCrete 8700M cho thấy tính tương thích tốt, với liều dùng 1% khối lượng xi-măng thì mức độ giảm nước 38,60%.

Tro bay sử dụng làm phụ gia khoáng hoạt tính thay thế xi-măng đồng thời giúp tăng tính chảy để tạo hình đúc tấm. Chúng tôi sử dụng tro bay nhà máy nhiệt điện Hưng Nghiệp – Nhơn Trạch. Tro bay nhà máy Hưng Nghiệp-Nhơn Trạch thuộc nhóm tro axit (loại F) với tổng % hàm lượng (SiO₂ + Al₂O₃) > 80% và % hàm lượng CaO < 10%. Kết quả đo lượng mất khi nung trung bình (TCVN 10302-2014) 3,5 ± 0,5 %, cho thấy nguồn tro chất lượng tốt.

Cốt liệu cát sông khá mịn với giá trị môđun độ lớn xấp xỉ 1,57. Biểu đồ trên hình 2 thể hiện kết quả % tích lũy cỡ hạt trên hệ sàng chuẩn. Kích cỡ hạt tập trung chủ yếu trên sàng 0,315 và 0,14mm. Cốt liệu nhẹ keramzit sử dụng là sản phẩm thương mại của công ty TNHH sản xuất đá nhẹ Vĩnh Cửu. Hình 2 (phải) tóm tắt một số chỉ tiêu tính chất cốt liệu keramzit, thích hợp phổ biến dùng làm cốt liệu bê-tông nhẹ. Trong nghiên cứu này để thu được kích cỡ hạt cốt liệu nhẹ tương đương với thay thế cát sông nên chúng tôi tiến hành gia công đập, nghiền sơ bộ trong cối nghiền bi và cho qua sàng 0,63mm tại phòng thí nghiệm. Hạt cốt liệu bị phá vỡ biểu hiện tính xốp rỗng, hình dạng có tính góc cạnh và hút nước mạnh.



Hình 2. Kết quả thành phần hạt cát sông

Lưới thép đan được sử dụng để đúc tấm vữa xi-măng lưới thép. Kích thước mắt lưới mesh 5 hay kích thước lỗ 4mm, đường kính sợi lưới khoảng 0,5mm. Lưới được bán dạng cuộn dùng phổ biến trong xây dựng và được cắt thành tấm nhỏ phù hợp với khuôn đúc và được bề phẳng mặt.

2.2 Cấp phối và chế tạo đúc mẫu tấm 10mm

Thành phần vữa xi-măng chiếm 90% thể tích nên đóng vai trò quyết định tính chất của thành

Bảng 1. Tính chất cơ lý cốt liệu keramzit

Chỉ tiêu tính chất	Giá trị
Đường kính lớn nhất Dmax (mm)	20
Khối lượng thể tích đổ đồng ρ ₀ (kg/m ³)	630
Khối lượng thể tích đầm chặt ρ _{đc} (kg/m ³)	690
Tỉ trọng biểu kiến γ	1,44
Cường độ nén giáp R _{ng} (MPa)	2,8
Độ hút nước, H _p (%)	5
Độ ẩm tự nhiên, W (%)	0

phẩm xi-măng lưới thép. Theo tài liệu tham khảo [3], vữa xi-măng nên được trộn theo khối lượng với tỷ lệ cát/xi-măng (C/X) từ 1,5-2,5 và nước/xi-măng (N/X) từ 0,35-0,45. Vữa có độ linh động tốt sẽ có thể dễ dàng chảy qua lớp lưới thép, nằm giữa các lỗ mắt lưới nhằm tạo thành khối đồng nhất ở phần trên và dưới lưới thép, qua đó đảm bảo khả năng làm việc đồng thời của lưới thép và hai lớp vữa kẹp ở trên dưới khi chịu lực. Nếu xảy ra tách lớp, hoặc liên kết

VẬT LIỆU XÂY DỰNG - MÔI TRƯỜNG

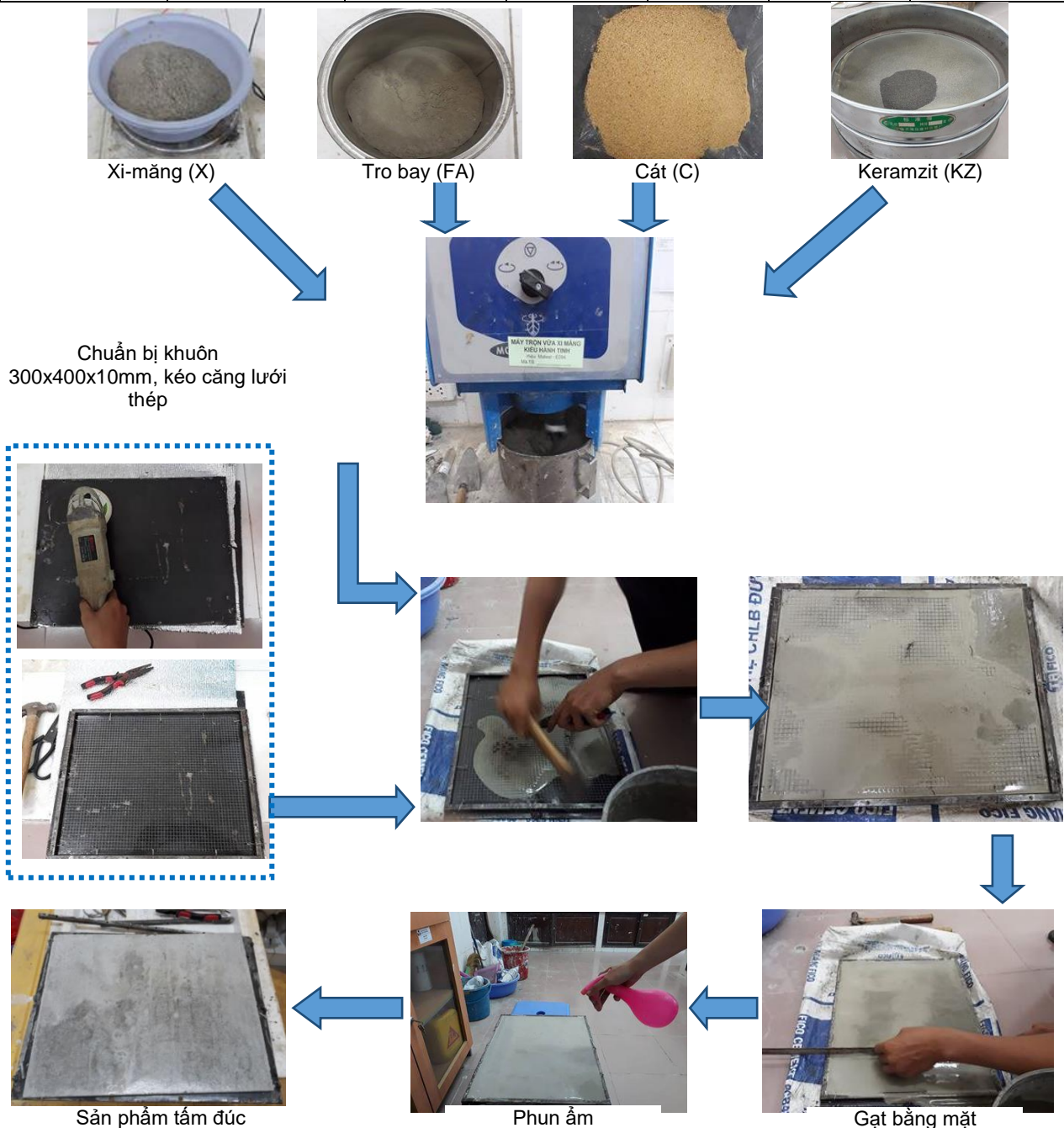
bị lỗi tại vài vị trí thì cũng dẫn đến mất khả năng chịu tải.

Trong nghiên cứu này, cấp phối cơ sở được xây dựng bằng cách dựa theo các tỉ lệ cố định $C/X = 2$, $N/X = 0,3$ và $PG = 1\%$ khối lượng X . Hàm lượng tro bay (FA) tương ứng 30% X trong cấp phối và hàm lượng

cốt liệu keramzit cũng lần lượt thay thế tương đương 30 và 60% khối lượng cốt liệu cát. Quá trình thử nghiệm sơ bộ chúng tôi nhận thấy tính cần thiết phải ngâm bão hòa nước trước cốt liệu keramzit để không phải khó khăn điều chỉnh lượng nước nhào trộn. Bảng 2 trình bày tỷ lệ vật liệu phối trộn vữa xi-măng.

Bảng 2. Tỷ lệ thành phần phối trộn vữa xi-măng sợi thép

Mẫu	Xi măng (X), kg	Nước (N), lít	Cát vàng (C), kg	Keramzit (K), kg	Tro bay (FA), kg	Phụ gia siêu dẻo (PG), lít
Cấp phối cơ sở	1100	550	2200	-	-	11
Đối chứng	1100	572	2200	0	330	11
30KZ	1100	572	1540	660	330	11
60KZ	1100	572	880	1320	330	11



Hình 3. Quy trình chuẩn bị và đúc mẫu tấm xi-măng lưới thép 300x400x10mm

Hình 3 trình bày chi tiết quá trình nhào trộn và tạo hình đúc tấm panen dày 10mm. Thực tế để đo cường độ chịu nén mẫu vữa 40x40x160mm cũng được đúc khuôn và bảo dưỡng tương tự. Quá trình kéo căng lưới thép được tiến hành cẩn thận nhờ các mối hàn tạm lên thành khuôn. Vữa điền đầy khuôn một phần nhờ tiến hành gõ nhẹ lên thành tạo lực rung. Quá trình bảo dưỡng phát triển cường độ tấm liên tục suốt 28 ngày. Bề mặt tấm áp vào đáy khuôn khá phẳng nhẵn được đưa đi tiến hành phủ tăng cường chống trầy xước bề mặt.

3. Kết quả và thảo luận

3.1 Kết quả thí nghiệm tính chất cơ lý mẫu vữa

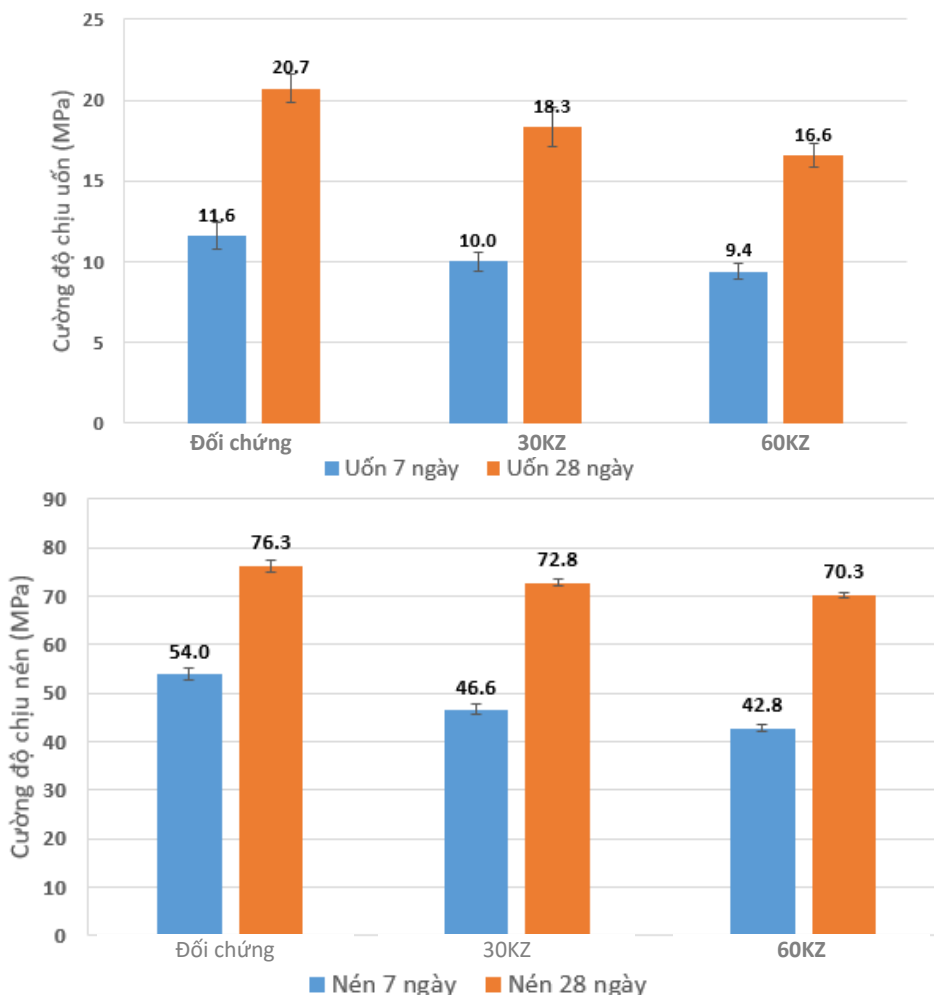
Đối với mẫu vữa tươi sau khi nhào trộn, kết quả đo độ xòe bàn giàng theo TCVN 3121-3:2003 lần lượt với các mẫu như bảng sau. Trong ba trường hợp cấp phối, mẫu đối chứng biểu hiện độ xòe bàn giàng lớn nhất. Có thể giải thích do hạt cát nặng hơn, bề mặt nhẵn ít ma sát nên khi giàng vữa dễ chảy, mở rộng đường kính. Tuy vậy có thể thấy giá trị độ xòe trong cả ba trường hợp đều > 20cm nên tính linh động cao, vữa dễ len đầy để đổ khuôn.

Bảng 3. Kết quả độ xòe mẫu vữa tươi và khối lượng thể tích mẫu vữa đóng rắn

Mẫu	Độ xòe, cm	Khối lượng thể tích, g/cm ³
Đối chứng	22,9±1,0	2225
30KZ	21,1±,4	1850
60KZ	20,1±0,6	1600

Đối với mẫu vữa đóng rắn, kết quả phát triển cường độ chịu uốn và chịu nén ở các thời điểm 7, 28 ngày tuổi được trình bày trên biểu đồ hình 4. Cường độ chịu nén các mẫu ở 28 ngày tuổi đạt rất

cao > 70 MPa. Mẫu đối chứng đạt cường độ chịu uốn và chịu nén lớn nhất và cường độ giảm dần theo lượng % cốt liệu nhẹ keramzit sử dụng thay thế cát.



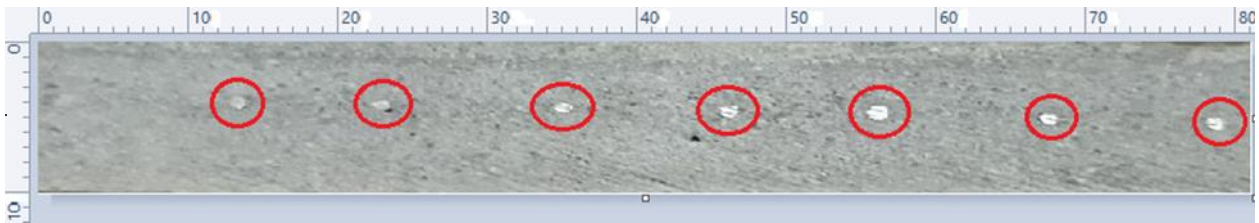
Hình 4. Phát triển cường độ chịu uốn (trên), nén (dưới) mẫu vữa xi-măng

Kết hợp kết quả đo cường độ chịu uốn, nén và kết quả đo khối lượng thể tích mẫu thanh 40x40x160mm (bảng 3 cũng cho thấy tính biến thiên tương tự. Có nghĩa là khi thay thế cốt liệu keramzit càng nhiều kéo theo sự suy giảm cường độ chịu lực và khối lượng thể tích. Thông thường, yêu cầu tính nhẹ của vữa xi-măng lưới thép nhằm đảm bảo dễ dàng vận chuyển và sử dụng, tuy nhiên vẫn cần đảm bảo khả năng chịu lực. Thực tế việc thay thế cốt liệu keramzit cũng cần lưu ý nguy cơ vữa dễ bị phân tầng tách lớp hơn. Do đó chúng tôi lựa chọn cấp phối 60% keramzit để tiến hành đúc

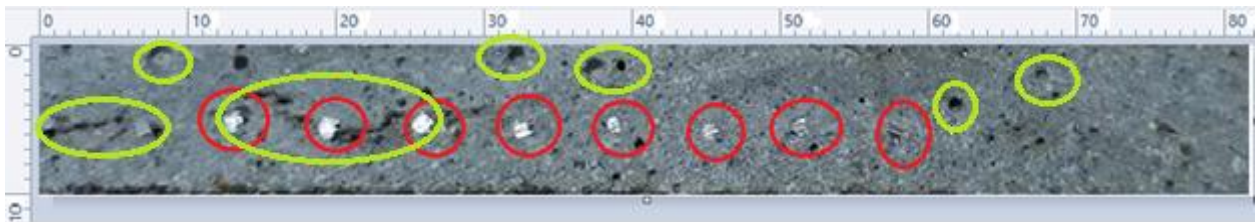
mẫu tấm mỏng cho mục tiêu hướng đến ứng dụng làm sản phẩm mặt bàn nội ngoại thất.

3.2 Kết quả thí nghiệm mẫu tấm 10mm

Hình 7 là ảnh chụp mặt cắt ngang bề dày các mẫu tấm sau khi vữa đông rắn. Có thể dễ dàng nhận thấy các đốm trắng sáng của thanh lưới thép bị cắt, hàng lưới này bị ít nhiều xô lệch ở một vài vị trí khỏi mặt phẳng trung tâm bề dày tấm. Cấu trúc mẫu vữa đối chứng thể hiện tính đặc chắc và màu xám hơn so với mẫu tấm vữa 60KZ, đặc trưng bởi màu sẫm đen của sét nung phòng và nhiều vị trí rỗng bọt khí.



Mẫu tấm vữa đối chứng



Mẫu tấm vữa 60KZ

Hình 5. Ảnh chụp mặt cắt ngang bề dày mẫu tấm xi-măng sợi thép dày 10mm

Thí nghiệm đo độ kháng va đập mẫu tấm 10mm phòng theo tiêu chuẩn TCVN 7368:2013 [4]. Bi thép khối lượng 1042g được thả lần lượt từ các độ cao tăng dần (1m; 1,2m; 1,4m) để kiểm tra tính kháng phá hủy tấm mẫu. Kết quả cho thấy tấm mẫu dùng vữa 60KZ bị nứt vỡ khi bi rơi từ chiều cao 1,2m và tấm mẫu sử dụng vữa đối chứng chỉ bị nứt vỡ khi bi

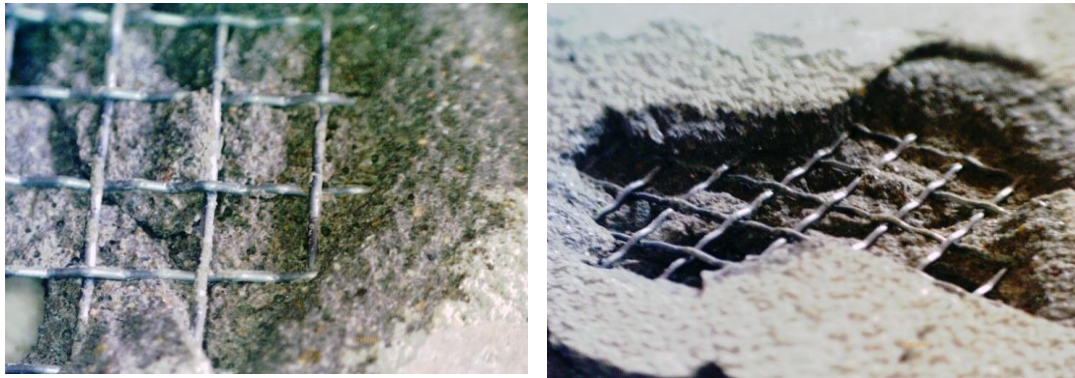
rơi từ chiều cao 1,4m. Thông thường vữa xi-măng có tính giòn và dễ vỡ, nhưng nhờ sử dụng lưới thép nên mẫu tấm vật liệu xi-măng lưới thép biểu tính kháng va đập, không bị vỡ vụn hoàn toàn, bi thép không thể xuyên qua tấm (hình 6). Điều này có thể xem là phù hợp hướng đến ứng dụng làm sản phẩm mặt bàn nội ngoại thất.



Mẫu tấm vữa đối chứng



Mẫu tấm vữa 60KZ

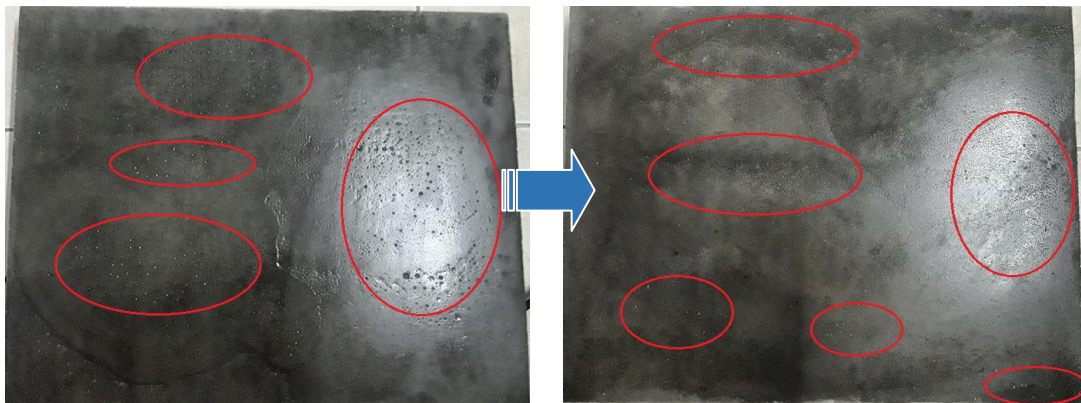


Hình 6. Thí nghiệm kháng va đập tấm xi-măng lưới thép 10mm

3.3 Kết quả xử lý tăng cứng bề mặt mẫu tấm

Thí nghiệm xử lý tăng cứng bề mặt nhằm cải thiện tính chống trầy xước của bề mặt tấm vật liệu xi-măng lưới thép. Trong nghiên cứu trước [5] chúng tôi đã phân tích khả năng tăng cứng của dung dịch phủ lithium silicate. Tấm mẫu sau 28

ngày bảo dưỡng được mài phẳng, thổi sạch bụi và được quét dung dịch phủ decoSIL®, sản phẩm thương mại của Công ty DECOCRETE. Kết quả so sánh quan sát bề mặt tấm mẫu phẳng mịn hơn, có tính thẩm mỹ loại bỏ được các khuyết tật bề mặt như bọt khí (hình 7).



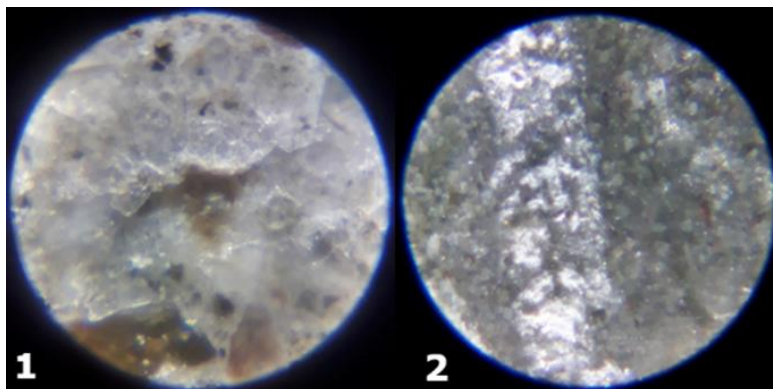
Mẫu tấm vữa 60KZ, trước khi xử lý tăng cứng

Mẫu tấm vữa 60KZ, sau khi xử lý tăng cứng

Hình 7. Bề mặt mẫu tấm xi-măng lưới thép trước và sau khi xử lý tăng cứng

Ngoài ra nhờ cơ chế dung dịch phản ứng với thành phần sản phẩm xi-măng thủy hóa C-H tạo lớp khoáng C-S-H trên bề mặt. Thí nghiệm đánh giá độ cứng của lớp phủ thông qua việc sử dụng bút Mohs (tiêu chuẩn TCVN 6415 – 18 – 2005 hoặc ASTM C1895 – 20) có ưu điểm nhanh chóng xác định độ chống xước và đo độ cứng của lớp phủ. Hình 8 chụp bằng kính hiển vi

quang học (độ phóng đại 250x) khuyết tật do bút Mohs để lại trên bề mặt lớp phủ. Đối với bút Mohs có độ cứng là 6 thì không gây ra khuyết tật, lớp phủ còn nguyên vẹn (hình trái). Đối với bút Mohs có độ cứng là 7 thì tạo vết xước nhẹ nhưng không gây phá hủy, bong tróc lớp phủ. Qua đó có thể xác định lớp phủ có độ cứng 6,5 theo thang độ cứng Mohs.



Mẫu tấm vữa 60KZ, vạch bằng bút Mohs 6 (trái), 7 (phải)

Hình 8. Thí nghiệm vạch bút Mohs lên bề mặt tấm xi-măng sợi thép

Bảng 4. Kết quả đo cường độ tấm xi-măng lưới thép dùng súng bột nẩy

ST T	Mẫu	Số liệu súng bột nẩy																Hệ số hiệu chuẩn góc bắn	Cường độ bê-tông theo dữ liệu súng (MPa)	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16			TB
1	Trước khi phủ cứng decoSIL®																			
	Đối chứng	22	21	24	21	21	21	22	23	20	22	20	21	22	22	21	23	22	17	87,4
	KZ60	21	19	19	20	18	20	21	19	18	20	19	20	19	18	20	21	20	14	73,3
2	Sau khi phủ cứng decoSIL®																			
	Đối chứng	24	22	25	23	23	22	23	24	24	25	23	24	22	23	25	22	23	18	94,4
	KZ60	22	23	23	24	21	23	22	24	22	21	23	22	22	23	22	21	22	17	87,4

Bên cạnh đó mẫu tấm được đo cường độ thông qua dụng cụ súng bột nẩy (TCVN 9334:2012). Kết quả giá trị tổng hợp trong bảng 3 cho thấy cường độ đạt được gần xấp xỉ như khi đo cường độ mẫu vữa ở trên. Đồng thời khi so sánh hai loại mẫu tấm trước và sau khi phủ tăng cứng cũng cho thấy sự tăng nhẹ giá trị cường độ chịu lực. Như vậy, với những ưu điểm lau chùi được, cứng và khả năng kháng trầy xước, màng ngăn nước. Tấm vật liệu sau khi phủ DecoSIL đáp ứng cơ bản những yêu cầu điển hình đối với việc ứng dụng làm mặt bàn nội – ngoại thất.

4. Kết luận

Thông qua nghiên cứu thử nghiệm cấp phối vữa xi-măng lưới thép, đúc và xử lý tấm mẫu 10mm hướng đến mục tiêu ứng dụng làm sản phẩm mặt bàn nội-ngoại thất, chúng tôi rút ra một số kết luận:

- Cấp phối vữa xi-măng với tỉ lệ C/X = 2, N/X = 0,3 và PGSD = 1% khối lượng X, hàm lượng tro bay (FA) = 30% X và hàm lượng cốt liệu keramzit thay thế 60% khối lượng cốt liệu cát có tính thi công tốt, đạt cường độ cao >70 MPa ở 28 ngày tuổi. Khối lượng thể tích đối với mẫu 60% keramzit đạt 1600 kg/m³, với khoảng chênh lệch giảm khoảng 30% so với mẫu đối chứng sử dụng cát. Do vậy cấp phối này có thể xem là phù hợp để đúc tấm xi-măng lưới thép;
- Tấm mẫu xi-măng lưới thép dày 10mm được đúc thành công theo qui trình các tác giả đề nghị. Tấm mẫu có khả năng kháng va đập tốt, không bị vỡ hoàn toàn do có lưới thép gia cường. Ảnh chụp vết nứt và mặt gãy bằng kính hiển vi cho thấy thành phần vữa và lưới thép cùng chịu lực với nhau trong

quá trình làm việc nhờ khả năng kết dính tốt của vữa với lưới thép mà khả năng chịu uốn của lưới thép được khai thác một cách triệt để;

- Kết quả xử lý cứng bề mặt bằng dung dịch decoSIL® cho thấy độ cứng mẫu cao hơn so với trước khi phủ lớp cứng, cũng như khả năng kháng trầy xước khi gặp vật cứng, nhọn (thang Mohs 6,5).

Lời cảm ơn: Các tác giả xin cảm ơn công ty DECOCRETE đã hỗ trợ nguyên liệu phục vụ nghiên cứu và Trường Đại học Bách Khoa, ĐHQG Tp.HCM đã hỗ trợ nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. National Academy of Sciences (1973), Ferrocement: Applications in Developing Countries, Washington D.C, February.
2. Phạm Cao Tuyên (2017), Nghiên cứu kết cấu và công nghệ chế tạo cầu máng xi măng lưới thép ứng suất trước nhịp lớn, Luận án Tiến sĩ, Đại học Thủy Lợi.
3. ACI Committee 549 (2010), Thin Reinforced Cementitious Products & Ferrocement, Report of ACI Meeting at Spring Convention, Chicago.
4. TCVN 7368:2013, Kính xây dựng-Phương pháp thử độ bền va đập.
5. Nguyễn Khánh Sơn, Huỳnh Ngọc Minh, Trần Anh Tú, Nguyễn Hoàng Tuấn (2020), Vật liệu phủ liti silicat bảo vệ bề mặt bê-tông xi-măng, Tạp chí KHCN Xây dựng - số 1, trang 39-46.

Ngày nhận bài: 28/6/2022.

Ngày nhận bài sửa: 04/7/2022.

Ngày chấp nhận đăng: 06/7/2022.

