

NGHIÊN CỨU CHẾ TẠO VẬT LIỆU CHỐNG THẤM TỪ POLYSTYREN TÁI CHẾ

TS. NGÔ SĨ HUY, ThS. LÊ SỸ CHÍNH, SV. LÊ VĂN TRƯỜNG

Trường Đại học Hồng Đức

Tóm tắt: Bài báo nghiên cứu chế tạo vật liệu chống thấm sử dụng polystyren từ rác thải trong công nghiệp và sinh hoạt. Các thành phần cấu tạo nên vật liệu chống thấm bao gồm: polystyren, xi măng, cát, tro trấu và natri silicat, là các vật liệu thông dụng và phổ biến ở Việt Nam. Quy trình chế tạo và thi công vật liệu đơn giản. Kết quả thí nghiệm cho thấy, vật liệu chống thấm từ polystyren tái chế thỏa mãn các yêu cầu kỹ thuật về cường độ bám dính và độ xuyên nước theo tiêu chuẩn Việt Nam và Châu Âu.

Từ khóa: Vật liệu chống thấm, polystyrene tái chế, cường độ bám dính, độ xuyên nước.

1. Đặt vấn đề

Cùng với việc xây dựng các công trình, việc bảo vệ chúng trước sự xâm thực của môi trường (nước mưa, hơi ẩm, ánh sáng, nhiệt độ, hóa chất ăn mòn,...) là rất cần thiết. Bởi sự xâm thực làm suy giảm chất lượng và tuổi thọ các công trình. Đặc biệt trong điều kiện khí hậu nhiệt đới ở Việt Nam, lượng mưa hàng năm nhiều và độ ẩm cao là nguyên nhân các công trình dễ bị nước xâm thực. Vì vậy việc chống thấm, bảo vệ công trình khỏi sự xâm thực của nước, luôn được tính đến ngay từ khi thiết kế và thi công các công trình. Hiện nay, thị trường vật liệu chống thấm khá đa dạng với hơn 100 loại sản phẩm khác nhau, tuy nhiên chủ yếu nhập khẩu từ nước ngoài với giá thành cao làm cho chi phí chống thấm các công trình tăng cao.

Ở trong nước, Nguyễn Quang Phú và Phạm Văn Chiến (2013) đã nghiên cứu lựa chọn vật liệu và công nghệ để sản xuất sơn chống thấm thẩm thấu kết tinh gốc xi măng [1]. Sơn được chế tạo có độ bám dính với bề mặt bê tông và độ chống thấm cao, chất lượng có thể so sánh với sơn cùng loại nhập khẩu. Sau 10 năm nghiên cứu, khoa Công nghệ Hóa học Trường Đại học Bách khoa Hà Nội đã công bố chế tạo thành công vật liệu phủ chống thấm phù hợp với điều kiện khí hậu nhiệt đới gió mùa Việt Nam. Phạm Thế Trình cùng các cộng sự

công bố đã nghiên cứu thành công việc lựa chọn các lớp phủ để xây dựng bộ vật liệu chống thấm bền hóa. Tuy nhiên các kết quả nghiên cứu của Trường Đại học Bách khoa Hà Nội và Phạm Thế Trình chưa được công bố trên một tạp chí khoa học chính thống nào, mà tồn tại dưới dạng thông tin sản phẩm thương mại.

Các nghiên cứu trong nước về vật liệu chống thấm còn ít và hạn chế. Trong khi các nghiên cứu ngoài nước về vật liệu chống thấm ít được công bố hoặc công bố hạn chế, do họ giữ bí mật bản quyền công nghệ để khai thác thương mại. Bài báo này nghiên cứu sử dụng polystyren tái chế, là rác thải trong công nghiệp và sinh hoạt, để chế tạo vật liệu chống thấm. Vật liệu chống thấm trong nghiên cứu này có thể giảm thiểu sự phụ thuộc vào nguồn vật liệu nhập khẩu hoặc chuyển giao công nghệ sản xuất đất đỏ của nước ngoài. Mặt khác có thể sử dụng nguồn nguyên liệu polystyren tái chế, là rác thải trong công nghiệp và sinh hoạt để giảm giá thành, tăng hiệu quả kinh tế và góp phần bảo vệ môi trường.

2. Vật liệu và phương pháp thí nghiệm

2.1. Vật liệu

2.1.1. Polystyren

Polystyren là vật liệu nhẹ, có tính điện môi tốt, bền với hóa chất và đặc biệt chịu nước tốt. Hàng năm khối lượng lớn polystyren đã qua sử dụng được loại bỏ như những rác thải trong công nghiệp và sinh hoạt. Chính vì khả năng chịu nước tốt nên polystyren được sử dụng là nhân tố chính của vật liệu chống thấm trong nghiên cứu này. Polystyren được thu gom từ rác thải, sau đó rửa sạch, sấy khô, và sử dụng một lượng xăng vừa đủ để hòa tan chúng thành một dạng keo lỏng có độ dẻo lớn.

2.1.2. Xi măng

Xi măng sử dụng trong nghiên cứu này là xi măng Nghi Sơn PC40, có khối lượng riêng 3,12 tấn/m³, thành phần hóa học như trong bảng 1. Xi

măng có vai trò là chất kết dính và tăng cường độ bám dính của vật liệu chống thấm.

2.1.3. Tro trấu

Trấu là phế phẩm có khối lượng rất lớn trong sản xuất nông nghiệp. Khi đốt trấu ở nhiệt độ thích hợp sẽ thu được tro trấu có độ xốp lớn với hàm lượng SiO_2 vô định hình cao nên tro trấu có độ hoạt tính puzolan rất cao. Theo nghiên cứu [2], khi tỷ lệ nước so với chất kết dính nhỏ hơn 0,3, bê tông tro trấu không bị thấm sau 14 ngày dưới áp suất nước

27,5 atm. Do kích thước hạt trung bình nhỏ hơn xi măng, tỷ lệ diện tích bề mặt lớn nên tro trấu làm giảm đáng kể độ rỗng mao quản trong bê tông hoặc bít kín các mao quản, làm giảm hệ số thấm và tăng cường độ cho bê tông. Trong nghiên cứu này, tro trấu được sử dụng để tăng cường độ, chống thấm, đồng thời cũng đóng vai trò thay thế cát như chất độn. Trấu được cho vào lò nung ở nhiệt độ 850°C trong khoảng (3÷6) giờ đến khối lượng không đổi, sau đó sàng qua rây 0,15 mm để sử dụng. Thành phần hóa học của tro trấu như trong bảng 1.

Bảng 1. Thành phần hóa học của xi măng và tro trấu

Thành phần		SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	Lượng mất khi nung
Hàm lượng (%)	Xi măng	22,38	5,31	4,03	55,93	2,80	1,98
	Tro trấu	89,74	0,96	0,52	1,96	1,41	0,33

2.1.4. Cát

Cát được sử dụng để làm cốt liệu thô, tăng độ cứng cho vật liệu, tham gia vào quá trình thủy hóa với xi măng, tạo khả năng liên kết giữa các lớp màng polystyren, tạo bề mặt nhám cho vật liệu dễ liên kết với các vật liệu khác tại vị trí chống thấm, và làm chất độn do giá thành rẻ. Cát được rửa sạch để loại bỏ bùn đất, chất cặn bẩn sau đó sấy khô đến khối lượng không đổi (khoảng 6 giờ ở nhiệt độ $105\div110^\circ\text{C}$). Sau đó sàng qua bộ rây sàng để lấy các hạt có kích cỡ mịn trong khoảng (0,15÷0,25) mm.

2.1.5. Natri silicat

Natri Silicat hay còn được gọi là thủy tinh lỏng có độ nhớt cao nên được sử dụng để tăng độ linh

hoạt, tăng khả năng đông kết nhanh và tăng khả năng chịu nhiệt cho vật liệu.

Các thành phần dùng để chế tạo vật liệu chống thấm trong nghiên cứu này đều rất phổ biến ở Việt Nam. Đặc biệt polystyren tái chế và tro trấu là các phế thải trong sản xuất công nghiệp, nông nghiệp và sinh hoạt. Nghiên cứu sử dụng các loại vật liệu này còn góp phần bảo vệ môi trường và sử dụng hiệu quả các nguồn tài nguyên.

2.2. Mẫu thí nghiệm

Các mẫu thí nghiệm được thử với nhiều tỷ lệ khối lượng các thành phần khác nhau để tìm ra tỷ lệ tối ưu nhất. Bài báo này trình bày 5 mẫu thí nghiệm chính có tỷ lệ như bảng 2.

Bảng 2. Tỷ lệ khối lượng các thành phần trong các mẫu thí nghiệm

Tên mẫu	Tỷ lệ khối lượng				
	Natri Silicat	Xi măng	Polystyren	Cát mịn	Tro trấu
M1	1	2	2	0	0
M2	1	2	6	4	0
M3	1	2	4	4	0
M4	1	2	10	0	4
M5	1	2	8	0	2

Mẫu M1 nghiên cứu sự kết hợp giữa ba thành phần chính gồm xi măng, polystyren và natri silicat được gọi là mẫu cơ bản. Mẫu M2 và M3 có thêm thành phần cát mịn so với mẫu cơ bản để xem xét sự kết hợp của cát trong vật liệu đang nghiên cứu. Mẫu M4 và M5 thay thế cát mịn trong các mẫu M2 và M3 bằng tro trấu. Khi thêm vào cát mịn hoặc tro trấu, tỷ lệ khối lượng các thành phần được điều chỉnh để vật liệu

có độ linh động cao và dễ thi công. Chú ý rằng tính dễ thi công và khả năng chống thấm của vật liệu là do polystyren, trong khi cường độ bám dính của vật liệu do xi măng tạo ra. Nếu hàm lượng polystyren thấp, vật liệu khó thi công và khả năng chống thấm kém. Nếu hàm lượng polystyren cao, cường độ bám dính của vật liệu thấp. Vì vậy tỷ lệ xi măng so với polystyren không nên nhỏ hơn 1 và không lớn hơn 5.

Quy trình chế tạo vật liệu chống thấm như sau: Các vật liệu đầu vào được xử lý ban đầu như trên, sau đó cho các vật liệu dạng thô và khô vào trước, polystyren cho sau cùng. Trộn đều bằng đĩa thủy tinh từ một đến ba phút cho đến khi các nguyên liệu hòa đều vào nhau. Sử dụng dao sắt hoặc bay để thi công tương tự như trát vữa hồ xi măng với lớp dày khoảng (1 ± 2) mm.

2.3. Phương pháp thí nghiệm

Các thông số kỹ thuật của vật liệu chống thấm được xác định theo tiêu chuẩn Châu Âu BS EN 14891-2012 [3] và phải thỏa mãn Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia QCVN 16-2014/BXD về sản phẩm, hàng hóa vật liệu xây dựng [4], bao gồm: Cường độ bám dính, cường độ bám dính sau khi ngâm nước, cường độ bám dính sau lão hóa nhiệt, cường độ bám dính sau khi kết hợp lão hóa nhiệt và ngâm nước, và độ xuyên nước. Tất cả các thí nghiệm trong bài báo này được thực hiện tại Xưởng thực hành - Khoa Kỹ thuật công nghệ, trường Đại học Hồng Đức.

2.3.1. Cường độ bám dính

Nguyên tắc xác định cường độ bám dính chính là xác định lực kéo đứt lớn nhất vuông góc với bề mặt bám dính của vật liệu trên nền thử. Cường độ bám dính của vật liệu là tỷ số giữa lực kéo đứt và diện tích mẫu thử. Các mẫu thí nghiệm xác định cường độ bám dính được thể hiện như hình 1. Các mẫu bê tông hình trụ đường kính 20 mm, cao (30 ± 50) mm được dính kết với nhau bởi lớp vật liệu chống thấm đang nghiên cứu. Hình 2 mô tả thí nghiệm xác định lực kéo đứt lớn nhất. Mẫu bê tông thử được buộc chặt bởi các dây thép, sau đó gia tải từ từ bằng cách treo các quả nặng bằng sắt có khối lượng tăng dần từ 0,125 kg đến 5,1 kg cho tới khi hai phần của mẫu thử bị đứt rời tại vị trí liên kết bởi lớp vật liệu chống thấm. Các mẫu được thí nghiệm ở điều kiện thường, sau khi ngâm nước, sau khi lão hóa nhiệt ở 7 và 14 ngày, và sau khi kết hợp lão hóa nhiệt 7 ngày và ngâm nước 7 ngày. Mỗi lần thí nghiệm với 3 mẫu thử, lấy giá trị trung bình. Hình ảnh mẫu ngâm nước và mẫu trong lò sấy ở nhiệt độ $70^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ được thể hiện như hình 3.



(a)



(b)

Hình 1. Mẫu thử cường độ bám dính



(a)



(b)

Hình 2. Thí nghiệm xác định cường độ bám dính



(a)



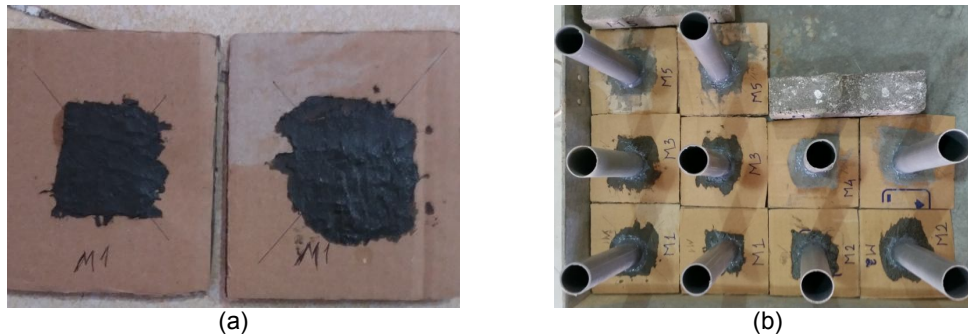
(b)

Hình 3. a) Mẫu ngâm nước ; b) Mẫu trong lò sấy

2.3.2. Độ xuyên nước

Độ xuyên nước được đánh giá bằng khoảng thời gian từ lúc bắt đầu thử tới thời điểm xuất hiện vết thấm nước ở mặt dưới của tấm thử, được xác định theo TCVN 6557-2000 [5], tương tự tiêu chuẩn BS EN 14891-2012 [3]. Mỗi mẫu vật liệu chống thấm được quét lên hai tấm bìa cát tông có kích thước $100 \times 100 \times 5$ (mm) như hình 4(a) với chiều

dày tương ứng là 1 mm và 2 mm. Khi vật liệu chống thấm đạt trạng thái khô hoàn toàn, đặt tấm thử theo phương nằm ngang, mặt có lớp chống thấm ở phía trên. Dùng keo epoxy để gắn chặt ống nước có đường kính trong 25 mm, cao 150 mm theo phương thẳng đứng trên bề mặt vật liệu như hình 4(b). Đổ nước đầy vào ống thử và bảo đảm mực nước này trong suốt quá trình thử.



Hình 4. Thí nghiệm xuyên nước

3. Kết quả thí nghiệm và thảo luận

3.1. Cường độ bám dính

Kết quả thí nghiệm cường độ bám dính ở 7 và 14 ngày tuổi được thể hiện lần lượt trong bảng 3 và bảng 4. Tất cả các mẫu thí nghiệm đều cho cường độ bám dính lớn hơn 0,5 MPa thỏa mãn theo tiêu chuẩn Châu Âu BS EN 14891-2012 [3] và Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia QCVN 16-2014/BXD [4]. Các mẫu bị lão hóa nhiệt có cường độ bám dính tốt nhất, sau đó đến các mẫu ở điều kiện thường, các mẫu ngâm nước có cường độ thấp nhất, tuy nhiên vẫn đảm bảo chỉ tiêu kỹ thuật như nêu trên. Tuổi của mẫu thí nghiệm càng cao thì cường độ bám dính càng tốt, bởi vì vật liệu nghiên cứu sử dụng vật liệu gốc xi măng nên cường độ của mẫu phát triển tương tự như cường độ của vữa bê tông. Điều đó cũng lý giải tại sao cường độ mẫu chịu nhiệt cao hơn các mẫu ở điều kiện thường và điều kiện ngâm nước (do thuộc tính thủy hóa của xi măng tốt khi nhiệt độ cao). Các mẫu ngâm nước có cường độ

thấp hơn các mẫu ở điều kiện thường, vì nước xâm thực sẽ làm yếu các liên kết của vật liệu. Chú ý rằng cường độ bám dính thực tế của các mẫu chịu lão hóa nhiệt ở 14 ngày lớn hơn giá trị ghi trong bảng, do mẫu thử bị đứt ở phần bê tông, phần liên kết bởi vật liệu chống thấm không bị phá hoại. Điều này chứng tỏ cường độ bám dính của các mẫu vật liệu sau khi lão hóa nhiệt ở 14 ngày cao hơn cường độ chịu kéo của bê tông.

Khi mẫu chịu kết hợp lão hóa nhiệt và ngâm nước, cường độ bám dính cao hơn các mẫu ở điều kiện bình thường. Khi chịu nhiệt trước, tốc độ ninh kết của xi măng tăng nhanh kết hợp với polystyren tạo nên một lớp vật liệu có tính đặc chắc của bê tông (do xi măng tạo ra) và cũng như một màng chống thấm (do polystyren tạo ra). Do vậy khi ngâm nước, lớp này giúp ngăn ngừa nước xâm thực vào vật liệu, vì vậy cường độ bám dính của các mẫu này không bị ảnh hưởng khi ngâm nước.

Bảng 3. Cường độ bám dính ở 7 ngày tuổi

Mẫu	Cường độ bám dính (MPa)		
	Điều kiện thường	Lão hóa nhiệt	Ngâm nước
M1	0,64	1,66	0,74
M2	0,55	1,66	0,55
M3	0,74	1,47	0,55
M4	0,80	1,60	0,61
M5	0,80	1,60	0,55

Bảng 4. Cường độ bám dính ở 14 ngày tuổi

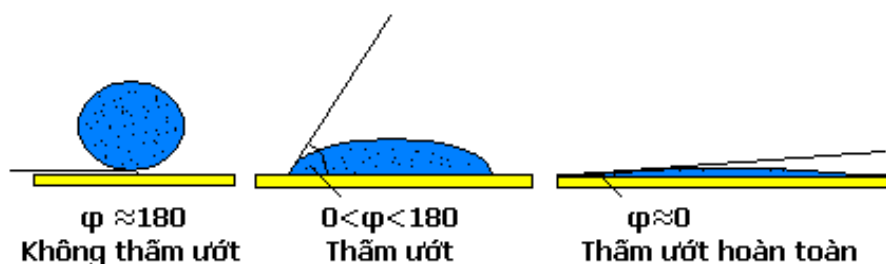
Mẫu	Cường độ bám dính (MPa)			
	Điều kiện thường	Lão hóa nhiệt	Ngâm nước	Kết hợp lão hóa nhiệt-ngâm nước
M1	1,10	1,72	0,74	1,10
M2	1,10	1,72	0,80	1,66
M3	1,23	1,72	0,98	1,41
M4	1,10	1,72	0,98	1,47
M5	1,29	1,72	1,10	1,41

3.2. Khả năng chống thấm

3.2.1. Khả năng chống thấm bằng trực quan

Khả năng chống thấm của vật liệu được đặc trưng bởi dấu hiệu cơ bản của vật liệu biểu hiện trên màng. Đáng chú ý ở đây là hiệu ứng giọt nước

có hình cầu (giọt nước trên lá sen, lông vịt,...), đó là hiện tượng sức căng bề mặt xuất hiện ở giữa chất lỏng và chất rắn có chênh lệch lực hút phân tử khiến các phân tử ở bề mặt của chất lỏng thể hiện đặc tính của một màng chất dẻo đang chịu lực kéo căng (hình 5).



Hình 5. Hiện tượng sức căng mặt ngoài

Bằng trực quan, hình 6 miêu tả giọt nước khi nhỏ lên các tấm bê tông phủ vật liệu chống thấm và giọt nước khi nhỏ lên tấm bê tông thông thường. Quan sát thấy giọt nước trên các lớp vật liệu chống thấm có hình tròn gần giống như giọt nước trên lá

sen. Trong khi giọt nước trên tấm bê tông thông thường có hiện tượng bị vỡ và có vết thấm xung quanh. Kết quả từ thí nghiệm này cho thấy vật liệu nghiên cứu có khả năng chống thấm tốt dựa trên sức căng bề mặt.



Hình 6. Khả năng chống thấm bằng trực quan

3.2.2. Độ xuyên nước

Hình 7(a) cho thấy, sau 7 ngày dưới áp lực cột nước cao 15 cm (tương đương áp lực thủy tĩnh 1,5 bar), không có hiện tượng nước thấm qua các lớp vật liệu chống thấm đến lớp bìa cát tông. Sau 10 ngày một số mẫu có lớp chống thấm mỏng (1 mm) xuất hiện vết thấm như hình 7(b) (các mẫu bên phải), các mẫu có lớp chống thấm 2

mm không có hiện tượng nước thấm qua hình 7(b) (các mẫu bên trái). Theo TCVN 6557-2000 [5], độ xuyên nước không được nhỏ hơn 24h. Theo Quy chuẩn Việt Nam QCVN 16-2014/BXD [4] và tiêu chuẩn Châu Âu BS EN 14891-2012 [3], độ xuyên nước không dưới 7 ngày. Như vậy tất cả các mẫu thí nghiệm đều thỏa mãn các tiêu chuẩn kỹ thuật nêu trên.



(a)



(b)

Hình 7. Độ xuyên nước: (a) sau 7 ngày; và (b) sau 10 ngày

Trong các thí nghiệm về cường độ bám dính và độ xuyên nước, sự ảnh hưởng của cát (mẫu M2 và M3) và tro trấu (mẫu M4 và M5) so với mẫu cơ bản M1 không rõ ràng, chứng tỏ vai trò bám dính và chống thấm chủ yếu do xi măng và polystyren đảm nhiệm, cát và tro trấu chủ yếu đóng vai trò như chất độn. Tuy nhiên, sự khác nhau về thành phần dẫn đến giá thành sản phẩm khác nhau. Do vậy, khi áp dụng vật liệu chống thấm này cho các công trình, tùy thuộc vào điều kiện thực tế và nguồn cung cấp vật liệu để lựa chọn thành phần phù hợp.

4. Kết luận

Nghiên cứu đã sử dụng các vật liệu phổ thông và các vật liệu là rác thải trong quá trình sản xuất công nghiệp, nông nghiệp và sinh hoạt để chế tạo vật liệu chống thấm. Một số kết luận được rút ra từ kết quả thí nghiệm trong nghiên cứu này như sau:

- Tất cả các mẫu vật liệu chống thấm có cường độ bám dính lớn hơn 0,5 MPa, thỏa mãn yêu cầu kỹ thuật theo tiêu chuẩn Việt Nam và Châu Âu. Quá trình lão hóa nhiệt làm tăng cường độ bám dính, trong khi quá trình ngâm nước làm giảm cường độ bám dính của vật liệu, tuy nhiên vẫn thỏa mãn các yêu cầu kỹ thuật;
- Sau 7 ngày dưới áp lực cột nước thủy tĩnh cao 15 cm, không có hiện tượng thấm xảy ra với tất cả các mẫu thí nghiệm, thỏa mãn tiêu chuẩn kỹ thuật của Việt Nam và Châu Âu về khả năng chống thấm. Sau 10 ngày, một số mẫu thử với độ dày lớp chống thấm 1 mm có hiện tượng bị nước xuyên qua, trong

khi các mẫu thử với độ dày lớp chống thấm 2 mm vẫn đảm bảo khả năng chống thấm;

- Vật liệu chống thấm trong nghiên cứu này có thể được sản xuất thủ công, quy trình chế tạo và thi công đơn giản, sử dụng các loại vật liệu phổ thông như cát, xi măng, natri silicat và các phế thải trong công nghiệp, nông nghiệp và sinh hoạt như polystyren và tro trấu, nên giá thành rẻ, góp phần bảo vệ môi trường, có thể được phổ biến sử dụng rộng rãi.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn Quang Phú, Phạm Văn Chiến (2013), “Nghiên cứu chế tạo sơn chống thấm thẩm thấu kết tinh gốc xi măng trong phòng thí nghiệm và ứng dụng trong công trình thủy lợi”, *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng*, số 1, tr.24-28.
- [2] Ngô Văn Toàn (2013), “Nghiên cứu ảnh hưởng của tro trấu và phụ gia siêu dẻo tới tính chất của hồ, vữa và bê tông”, *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng*, số 3+4, 50-59.
- [3] BS EN 14891-2012, *Liquid-applied water impermeable products for use beneath ceramic tiling bonded with adhesives – Requirements, test methods, evaluation of conformity, classification and designation*.
- [4] QCVN 16-2014/BXD - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về sản phẩm, hàng hóa vật liệu xây dựng.
- [5] TCVN 6557-2000 - Vật liệu chống thấm – Sơn bitum cao su.

Ngày nhận bài: 10/5/2016.

Ngày nhận bài sửa lần cuối: 9/9/2016.