

NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM VẬT LIỆU COMPOSITE GỐC XI MĂNG ĐỂ SỬA CHỮA MẶT ĐƯỜNG BÊ TÔNG XI MĂNG VÀ SÂN BAY

NGUYỄN HẢI ĐƯƠNG
PHẠM ĐÌNH HUY HOÀNG
NGUYỄN THANH SANG

Trường Đại học Giao thông vận tải

TÓM TẮT:

Hiện nay, với những kết cấu mặt đường sử dụng bê tông xi măng sau một thời gian khai thác có xuất hiện một số các dạng hư hỏng gây cản trở cho việc lưu thông nên một yêu cầu cấp thiết đặt ra là cần phải có biện pháp sửa chữa, khắc phục các dạng hư hỏng này để kéo dài tuổi thọ của kết cấu mà không gây ảnh hưởng đến quá trình lưu thông. Một giải pháp sửa chữa để khắc phục các nhược điểm của vữa sửa chữa truyền thống, khá hiệu quả đó là sử dụng vật liệu composite gốc xi măng (CCM) sử dụng cốt sợi thủy tinh kháng kiềm. Bài báo trình bày về một nghiên cứu thực nghiệm CCM có độ chảy lan cao, đạt từ 750-970mm, cường độ chịu nén 1 ngày đạt từ 23,1MPa-27,9MPa, cường độ chịu kéo uốn sớm đạt cao hơn 12MPa, độ mài mòn đạt <0,2 (g/cm²), khả năng dính bám với bê tông nền >1MPa. Kết quả nghiên cứu cho thấy CCM đáp ứng được các yêu cầu kỹ thuật để sửa chữa mặt đường bê tông xi măng cũng như sân bay.

Từ khóa: Vật liệu composite gốc xi măng (CCM), cường độ sớm, cường độ dính bám với bê tông nền.

ABSTRACT:

Nowadays, after long service time, distresses in concrete pavement have caused several types of failure and obstructed the traffic. For that reason, there is a huge demand for a method to strengthen structural pavement to repair these types of failure to prolong the life of the structure without affecting the circulation process. A solution to overcome the disadvantages of traditional repair mortar, which is quite effective, is to use cementitious composite material (CCM) using alkali-resistant glass fiber. This article presents an experimental study of the properties of CCM with high slump-flow, reaching from 750-970mm, 1-day compressive strength from 23.1MPa-27.9MPa, early flexural tensile strength reaching higher than 12MPa, abrasion is <0.2 g/cm², bonding strength to concrete base >1MPa. Experimental study shows that CCM meets the technical requirements to be used as a repair material for cement concrete pavement such as airport runways

Key words: cementitious composite material (CCM), early strength, bonding strength to concrete base.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Mặt đường bê tông xi măng sử dụng cho đường bộ và sân bay có những ưu điểm nhất định đối với ngành giao thông vận tải. Với chiều dài gần 400km mặt đường bê tông xi măng, đường Hồ Chí Minh bắt đầu được đưa vào khai thác từ tháng 5/2004. Qua một thời gian sử dụng có xuất hiện một số dạng hư hỏng, như bong tróc, ổ gà, nứt lún, hay một số vị trí đập vỡ góc cạnh. Ngoài ra, các hư hỏng của mặt đường bê tông xi măng cũng xảy ra đối với hầu hết các mặt đường, sân đỗ xây dựng trong các cảng hàng không, như Cảng hàng không sân bay Quốc tế Nội Bài có một số hư hỏng đường băng và bãi đỗ. Tuy nhiên, đã có rất nhiều nghiên cứu đưa ra các giải pháp để tăng cường, sửa chữa mặt đường bê tông xi măng để kéo dài tuổi thọ sử dụng cho kết cấu mặt đường. Hơn nữa, hiện nay việc tăng cường sử dụng lượng xi măng trong nước là nhu cầu cấp thiết, vì vậy ngành xây dựng giao thông nên nghiên cứu xây dựng và khai thác nhiều mặt đường bê tông xi măng trong thời gian sắp tới.

Vì vậy, cần nghiên cứu áp dụng các công nghệ mới, vật liệu mới vào thiết kế, thi công, bảo dưỡng, vào việc làm mới, sửa chữa, tăng cường mặt đường trong điều kiện thực tế của lĩnh vực xây dựng công trình giao thông ở Việt Nam. Vật liệu composite gốc xi măng (CCM) có sử dụng sợi thủy tinh kháng kiềm hàm lượng cao để sửa chữa hư hỏng hoặc tăng cường

trên mặt đường bê tông xi măng là một hướng nghiên cứu nâng cao hiệu quả kinh tế so với các phương pháp phổ biến hiện nay, nhằm hạn chế hư hỏng mặt đường bê tông xi măng và sân bay nhưng tận dụng tối đa xi măng sản xuất trong nước và chất thải công nghiệp sẵn có.

Vật liệu composite gốc xi măng (CCM) là một dạng bê tông hạt nhỏ nhận được sau khi tạo hình một hỗn hợp hợp lý bao gồm: cát mịn, chất độn mịn, chất kết dính, nước, một hoặc nhiều loại phụ gia.

Vậy nghiên cứu thực nghiệm chế tạo vật liệu CCM được sử dụng để sửa chữa mặt đường bê tông xi măng, mặt đường sân bay có khá nhiều ưu điểm như: cấu trúc hạt nhỏ nên đặc chắc, độ đồng nhất cao; cường độ chịu kéo uốn cao hơn so với bê tông truyền thống; khả năng dính bám tốt với lớp bê tông cũ; có khả năng tự chảy vào các chỗ khe nứt nhỏ và phức tạp trong sửa chữa.

2. VẬT LIỆU VÀ THIẾT KẾ CẤP PHỐI CCM

Vữa CCM được cấu tạo bao gồm 3 thành phần chính là chất kết dính (xi măng, xi lò cao, một phần tro bay), cốt liệu mịn và siêu mịn (cát

mịn, tro bay) để tăng tính linh động cũng như khả năng phân tán của sợi trong hỗn hợp bê tông, sợi phi kim phân tán giúp cải thiện tính chất của vật liệu. Trong nghiên cứu này sử dụng sợi thủy tinh kháng kiềm (AR-Glassfiber) có nguồn gốc từ công ty YuNiu Fiber Glass ở tỉnh Hà Bắc-Trung Quốc có chiều dài 12mm.

Thành phần cấp phối được thiết kế dựa trên phương pháp thể tích tuyệt đối (PT1), cường độ chịu nén đặc trưng ở tuổi 28 ngày là 55MPa.

Cường độ chịu nén trung bình yêu cầu: $f_{cr} = 551,1 + 4,8 = 65,3$ (MPa)

Theo các nghiên cứu trên thế giới [2,4], để tăng khả năng phân tán của sợi và tính công tác của hỗn hợp vật liệu, hàm lượng bột (chất kết dính và bột mịn vi cốt liệu) thường chiếm từ 50-70% tổng khối

lượng vật liệu khô, xi măng chiếm từ 30-70% tổng hàm lượng bột. Hàm lượng sợi thủy tinh sử dụng với 3 tỷ lệ là 1,5%; 2,0%; 2,5% theo tổng thể tích tuyệt đối của các vật liệu. Phụ gia siêu dẻo sử dụng với hàm lượng 1,2% khối lượng xi măng. Các tỷ lệ thành phần các vật liệu được thử nghiệm và lựa chọn tỷ lệ tối ưu được trình bày tại Bảng 2.1.

Kết hợp với kết bê tông hạt nhỏ để so sánh là nghiên cứu [8] năm 2014 đã thử nghiệm sửa chữa sân bay Nội Bài là loại bê tông hạt nhỏ sử dụng vữa M70N15 có thành phần vữa khô SACA-G chiếm 70%, nước chiếm là 15% của Viện Vật liệu xây dựng. Ứng dụng bê tông hạt nhỏ độ chảy cao trên cho việc sửa chữa Sân bay Nội Bài vào tháng 1 năm 2014.

Bảng 2 1 - Tỷ lệ thành phần trong hỗn hợp vật liệu composite gốc xi măng (CCM)

Vật liệu	Nước	Tỷ lệ XM	Tỷ lệ TB	Tỷ lệ XLC	Cát mịn	Sợi	Phụ gia
1,5Fb	245	1,0	0,36	0,14	872	40,5	6,6
2,0Fb	245	1,0	0,36	0,14	859	54,0	6,6
2,5Fb	245	1,0	0,36	0,14	846	67,5	6,6



Hình 3- Sửa chữa sân bay Nội Bài bằng bê tông hạt nhỏ sử dụng vữa SACA-G [8].

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Tính công tác

Tính công tác của hỗn hợp CCM được xác định thông qua thí nghiệm đo độ chảy lan của bê tông tự đầm theo TCVN 12209:2018. Kết quả thể hiện trong Hình 1.

Bảng 1- Kết quả thí nghiệm độ chảy lan của hỗn hợp vật liệu CCM

Hỗn hợp	1,5Fb	2Fb	2,5Fb
Độ chảy lan (mm)	970	860	750

Hỗn hợp CCM có độ chảy lan cao, đạt từ 750-970mm và tỷ lệ nghịch với hàm lượng sợi sử dụng. Điều này được giải thích do khi trộn sợi phân tán trong hỗn hợp CCM, sợi có xu hướng đan xen vào nhau, khi tăng thể tích sợi sẽ ngăn cản sự dịch chuyển của hỗn hợp chất nền, làm giảm tính công tác. Độ chảy lan cao hơn bê tông tự đầm sử dụng cốt liệu thường (600-700mm) cùng với việc chỉ sử dụng cốt liệu mịn giúp hỗn hợp CCM có

khả năng ứng dụng cao trong việc sửa chữa các hư hỏng nhỏ như các vết nứt, hoặc các hạng mục thi công có cốt thép dày đặc hoặc các chi tiết, cấu kiện có độ chi tiết cao, có tính thẩm mỹ. So với bê tông UHPC, tính công tác của hỗn hợp CCM cao hơn rất nhiều. Độ chảy lan của hỗn hợp bê tông UHPC thường từ 600-650mm tương đương bê tông tự đầm nhưng độ nhót của bê tông UHPC là rất lớn do sử dụng nhiều xi măng, ít nước và nhiều phụ gia siêu dẻo nên gây khó khăn trong quá trình thi công. Độ chảy lan của của hỗn hợp CMM cũng cao hơn so với bê tông hạt nhỏ tính năng cao đã ứng dụng thử nghiệm ở công trình sân bay Nội Bài [8].

3.2. Cường độ chịu nén

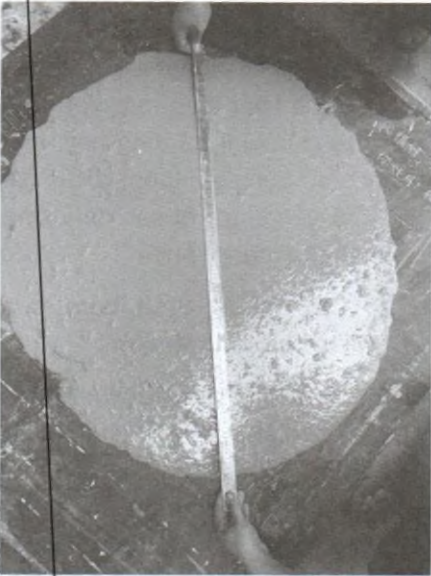
Cường độ chịu nén được xác định theo tiêu chuẩn TCVN 3118:1993 trên mẫu lập phương kích thước 101010cm ở các tuổi 1, 2, 3, 7, 28 ngày trình bày ở Hình 2. Việc xác định cường độ chịu nén ở các ngày tuổi sớm (1, 2, 3 ngày) để đánh giá thời gian có thể đưa công

trình vào sử dụng, đặc biệt là các công trình sửa chữa với yêu cầu hoàn thiện sớm như đường lăn sân bay. Kết quả thí nghiệm được đánh giá cùng với cường độ của vữa thực tế SACA-G của Viện Vật liệu xây dựng.

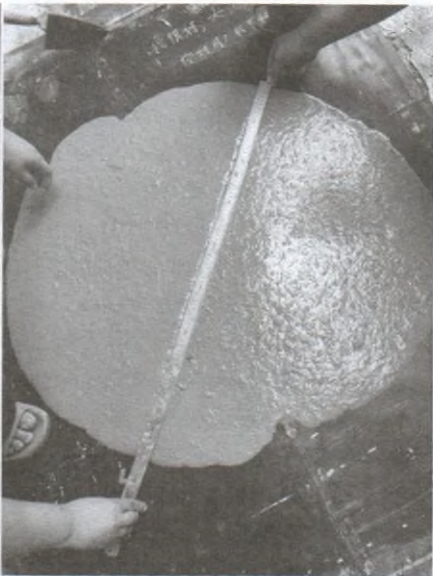
Ở tuổi sớm 1 ngày cường độ chịu nén đạt từ 23,1-27,9MPa tương ứng 27,6-33,1% so với cường độ 28 ngày, ở tuổi 2 ngày đạt từ 36,8-42,2MPa, tương ứng 43,9-52,8% so với cường độ 28 ngày. Mức cường độ chịu nén ở tuổi sớm cho phép công trình đưa vào khai thác sớm hơn. Cường độ chịu nén của CCM sau 2 ngày tuổi đạt cao hơn so với cường độ chịu nén của vữa sửa chữa SACA-G, và nhất là cường độ ở tuổi 28 đạt cao hơn hẳn so với cường độ của vữa sửa chữa SACA-G, đồng thời cường độ của CCM đều cao hơn cùng độ bê tông hạt nhỏ dùng vữa SACA-G tương ứng $R_3/R_7/R_{28}=36,7/42,5/46,7$ Mpa đã thực hiện ở dự án [8].

3.2. Cường độ chịu kéo khi uốn

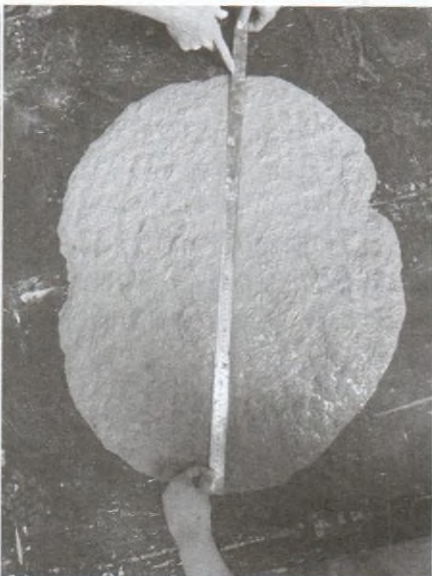
Cường độ kéo uốn được xác định theo tiêu chuẩn TCVN 3119:1993



1,5% sợi



2,0% sợi



2,5% sợi

Hình 1- Độ chảy lan của hỗn hợp vật liệu CCM với hàm lượng sợi khác nhau.

trên mẫu đầm kích thước 101040cm ở tuổi 7 và 28 ngày. Kết quả là giá trị trung bình của 3 mẫu.

Cường độ kéo uốn ở tuổi 28 ngày đạt từ 13,7-15MPa. Ở tuổi 7 ngày, giá trị này là 11,9-12MPa, đạt 83,1-87% so với cường độ kéo uốn ở tuổi 28 ngày. So với các loại bê tông thường có cùng cấp cường độ chịu nén (65-70MPa trên mẫu trụ 1530cm), cường độ kéo uốn của CCM cao hơn 15-23%. Điều đó cho thấy khả năng cải thiện cường độ kéo uốn của sợi thủy tinh là rất hiệu quả. Khi bị phá hoại, bề rộng vết nứt tại giữa đầm sẽ hình thành và phát triển từ từ, mẫu không bị phá hoại ngay như các loại bê tông thường.

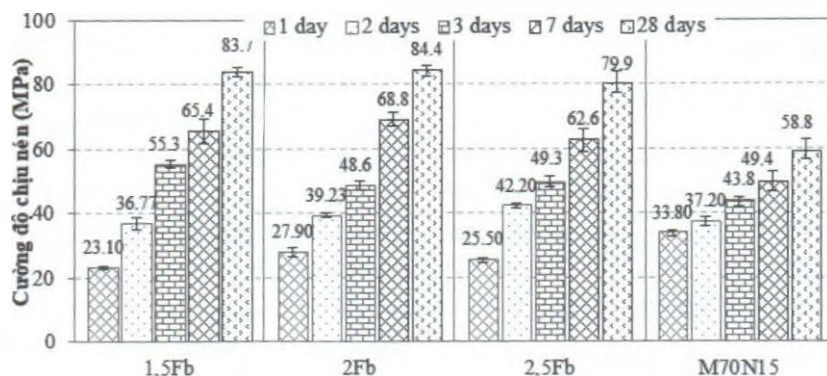
3.4. Mô đun đàn hồi tĩnh

Mô đun đàn hồi tĩnh được xác định theo tiêu chuẩn ASTM C469 trên mẫu lập phương 1530cm ở tuổi 28 ngày. Kết quả là giá trị trung bình của 03 mẫu thử.

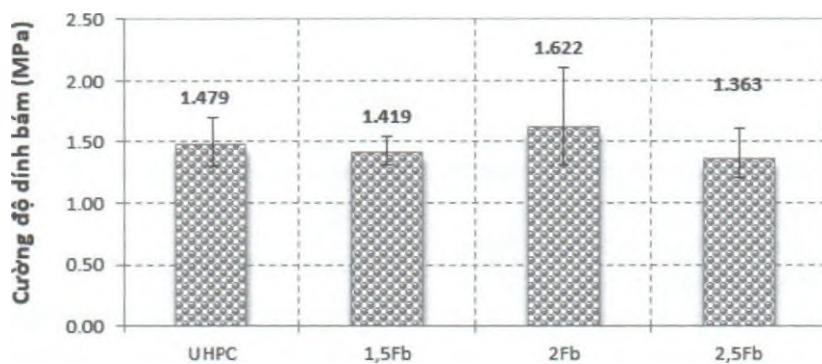
Mô đun đàn hồi tĩnh của CCM đạt từ 30,8-36,7GPa, cao nhất ở cấp phối 2Fb, thấp nhất ở cấp phối 2,5Fb và có xu hướng tỷ lệ thuận với cường độ chịu nén. So với bê tông cường độ cao sử dụng cốt liệu thường có cùng cấp cường độ, mô đun đàn hồi của CCM thấp hơn từ 20-35% (mô đun đàn hồi của bê tông cường độ cao sử dụng cốt liệu thường từ 40-50GPa). Mô đun đàn hồi thấp giúp CCM có khả năng hấp thụ năng lượng tốt hơn, không bị phá hoại cục bộ như các loại bê tông.

3.5. Độ mài mòn

Độ mài mòn được xác định theo tiêu chuẩn TCVN 3114:1993. Kết quả là giá trị trung bình của 02 mẫu thử ở tuổi 28 ngày. Mẫu đối chứng là bê tông UHPC sử dụng trong sửa chữa cầu Thăng Long. Độ mài mòn của CCM đạt từ 0,142-



Hình 2- Cường độ chịu nén theo các ngày tuổi của vật liệu CCM và vữa SACA-G



Hình 3- Cường độ dầm bầm giữa vật liệu CCM, UHPC và bê tông nền C40.

0,185 g/cm³ và có xu hướng tỷ lệ nghịch với hàm lượng sợi thủy tinh sử dụng. Nguyên nhân có thể được giải thích do khi sử dụng khi tăng hàm lượng sợi sẽ giúp giảm hiện tượng bột nổi ở bề mặt bởi trong hỗn hợp vật liệu dưới tác dụng của trọng lực, các vật liệu có khối lượng riêng nặng hơn sẽ chìm xuống dưới từ đó đẩy nước và các vật liệu có khối lượng nhỏ, kích thước mịn hơn như tro bay lên bề mặt. Tro bay là vật liệu có khả năng kháng mài mòn thấp nên bề mặt nhiều tro bay sẽ có độ mài mòn cao, sự xuất hiện của sợi trong hỗn hợp vật liệu sẽ hình thành một lớp ngăn cản sự phân tách này, từ đó cải thiện độ mài mòn của vật liệu. Theo quyết định QĐ1951/QĐ-BGTVT thì độ mài mòn của vật liệu BTXM để làm đường cao tốc và cấp cao yêu cầu <0,3g/cm³. Như

vậy, độ mài mòn của CCM có thể phù hợp để làm vật liệu sửa chữa cho các hạng mục công trình giao thông có bề mặt trực tiếp chịu mài mòn. Đây là một ưu điểm của CCM cốt sợi phi kim so với UHPC vì bê tông UHPC sử dụng sợi thép nên không thể khai thác trực tiếp trên bề mặt của loại bê tông này, nếu không sử dụng sợi thép, UHPC sẽ có khả năng nứt rất cao do lượng xi măng sử dụng rất lớn.

3.6. Cường độ dính bám của CCM với bê tông thường

Cường độ dính bám được xác định theo tiêu chuẩn TCVN 9491:2012. Kết quả là giá trị trung bình của 04 mẫu thử được trình bày trong Hình 3.

Cường độ dính bám giữa lớp CCM (CCM) và lớp bê tông xi măng thường C40 đạt từ 1,363-

1,622MPa, cấp phối 1,5Fb và 2,5Fb có cường độ dính bám thấp hơn 4-7,8% so với khi sử dụng lớp phủ UHPC. Cấp phối 2Fb có cường độ dính bám cao hơn 9,7% so với lớp UHPC.

5. KẾT LUẬN

Qua việc đánh giá về nguồn cung cấp vật liệu cho thấy rằng ở Việt Nam có đủ nguồn vật liệu có sẵn phù hợp với các tiêu chuẩn trong nước và nước ngoài để chế tạo vật liệu CCM đạt tính năng cao có cường độ sớm phù hợp cho xây dựng và sửa chữa kết cấu mặt đường bê tông xi măng cũng như mặt đường sân bay. Hàm lượng sợi thủy tinh 2% là tỷ lệ tối ưu cho vật liệu CCM đã chế tạo.

Độ linh động tuyệt vời, khả năng tự làm đầy, khả năng chảy qua các vật cản và không bị phân tầng của hỗn hợp CCM làm cho nó có tính ứng dụng cao trong xây dựng cầu cũng như trong sửa chữa đường ô tô và sân bay và những vị trí dày cốt thép, kết cấu có bề dày nhỏ, các kết cấu có điều kiện thi công khó khăn. Đặc biệt là công tác sửa chữa kết cấu bị tổ ong, những kết cấu chịu lực bị hư hỏng trong quá trình khai thác thì việc sử dụng vật liệu CCM này là giải pháp khá hiệu quả.

Vật liệu CCM có độ mài mòn rất nhỏ $<0,3\text{g/cm}^2$, cường độ dính bám với bê tông xi măng nền lớn hơn 1MPa, vì vậy các vật liệu CCM đều thỏa mãn yêu cầu cho vật liệu sửa chữa cao cấp trong xây dựng công trình giao thông.

Khi sử dụng vật liệu CCM này cho các kết cấu xây dựng và sửa chữa đường ô tô và sân bay có thể giảm được 30% chi phí nhân công, giảm được từ 12- 15% giá thành từ chi phí sử dụng đầm và có thể tiết kiệm được 25% thời gian thi công ■

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Thanh Sang (2011), *Nghiên cứu thành phần, tính chất cơ học và khả năng ứng dụng bê tông cát để xây dựng đường ô tô ở Việt Nam*. Luận án Tiến sĩ kỹ thuật đại học Giao thông vận tải.
2. Li, V. C. (2019). *Engineered cementitious composites (ECC) material, structural, and durability performance* (Bendable Concrete for Sustainable and Resilient Infrastructure), Springer-Verlag GmbH Germany, part of Springer Nature.
3. Ngô Văn Thắng (2012), *Nghiên cứu sử dụng phụ gia khoáng hỗn hợp để chế tạo vữa tự chảy không co mác cao*.
4. Chethan V. R., M. Ramegowda, Manohara H. E. (2015) "Engineered Cementitious Composites - A Review", *International Research Journal of Engineering and Technology*, 2(5), pp. 144-149
5. Hadi S. Esmaeeli, Mehdi Shishehbor, W. Jason Weiss et al. (2019) "A two-step multiscale model to predict early age strength development of cementitious composites considering competing fracture mechanisms", *Construction and Building Materials*, 208, pp. 577-600
6. Hadi S. Esmaeeli, Mehdi Shishehbor, W. Jason Weiss et al. (2019) "A two-step multiscale model to predict early age strength development of cementitious composites considering competing fracture mechanisms", *Construction and Building Materials*, 208, pp. 577-600.
7. Kan, L., Shi, R., & Zhu, J. (2019). Effect of fineness and calcium content of fly ash on the mechanical properties of Engineered Cementitious Composites (ECC). *Construction and Building Materials*, 209, 476-484
8. Nguyễn Thanh Sang, và cộng sự (2015), "Nghiên cứu thực nghiệm bê tông xi măng hạt nhỏ để sửa chữa mặt đường bê tông xi măng sân bay Nội Bài", *Tạp chí GTVT* (08), tr. 11-13.
9. Phạm Duy Hữu (2009), *Vật liệu xây dựng mới*, Nhà xuất bản GTVT
10. Quy hoạch phát triển giao thông vận tải đường bộ Việt Nam đến năm 2020 và định hướng- đến năm 2030 theo quyết định số 356/QĐ-TTg ngày 25/02/2013 của Thủ tướng Chính phủ.
11. TCCS 06: 2009/CHK- Quy trình bảo dưỡng duy tu sân bay dân dụng Việt Nam. Khi mặt đường bê tông cần sửa chữa bằng phương pháp trám vữa bằng bê tông nhựa.