

Nghiên cứu thực nghiệm bê tông hạt nhỏ sử dụng cát nhiễm mặn làm mặt đường ô tô ở Việt Nam

■ PGS. TS. NGUYỄN THANH SANG; TS. THÁI MINH QUÂN; THS. LÊ THU TRANG

Trường Đại học Giao thông vận tải

TÓM TẮT: Cát nhiễm mặn có trữ lượng lớn và rất nhiều chủng loại ở miền Trung Việt Nam. Những nghiên cứu gần đây về bê tông hạt nhỏ tập trung sử dụng hàm lượng cốt liệu cát nhiễm mặn cao để giảm lượng cát tự nhiên. Nghiên cứu này tập trung về khảo sát các đặc tính cơ học của bê tông hạt nhỏ sử dụng cát nhiễm mặn và xỉ lò cao thay thế xi măng trong thành phần bê tông hạt nhỏ. Các thử nghiệm cường độ chịu nén, cường độ ép chẻ, cường độ chịu kéo khi uốn và độ mài mòn được thực hiện. Kết quả cường độ chịu nén 28 ngày tuổi đạt từ 50 MPa, cường độ chịu kéo khi uốn đạt từ 7 MPa, độ mài mòn thấp hơn 0,3 g/cm². Bê tông hàm lượng tro bay cao này có thể đáp ứng được các yêu cầu kỹ thuật của bê tông mặt đường cấp cao.

TỪ KHÓA: Bê tông hạt nhỏ, cát nhiễm mặn, tính chất cơ học, bê tông mặt đường.

ABSTRACT: Saline sand is abundant in central Vietnam. Recent studies about fine-grained Concrete often focus on concrete with high saline sand aggregate to reduce natural sand aggregate. This study focused on an experimental examination of the mechanical properties of fine-grained concrete using saline sand replacement of fine aggregate with a high percentage replacement of cement by GGBFS. Experimental tests were conducted to examine compressive, splitting, flexural strength, and abrasion. The results of compressive strength at 28 days are from 50 MPa, splitting strength is from 7 MPa, abrasion is lower than 0.3 g/cm². This concrete with high fly ash content can meet the technical requirements of high-grade pavement concrete.

KEYWORDS: Fine-grained concrete, saline sand, mechanical properties, pavement concrete.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Việc sử dụng bê tông xi măng ngày càng nhiều do tốc độ tăng dân số và phát triển cơ sở hạ tầng. Melta et al. [1] cũng đã tính toán rằng có khoảng 18 tỷ tấn bê tông mỗi năm vào năm 2050. Ở Việt Nam, mỗi năm lượng bê tông cần tiêu thụ vào khoảng 167 triệu tấn [2], tương đương với

tỷ lệ 1,5 m³/1 người, cao hơn so với tỷ lệ sử dụng bê tông trên thế giới 1,0 m³/1 người. Cát nhiễm mặn và cát mịn trên thế giới rất phong phú ở nhiều vùng, chưa được sử dụng phổ biến làm cốt liệu cho bê tông hạt nhỏ. Ở Việt Nam, trữ lượng cát nhiễm mặn là rất lớn, đặc biệt ở các tỉnh duyên hải miền Trung, riêng Quảng Bình có trữ lượng cát nhiễm mặn vào khoảng 61 tỷ m³, hiện nay chưa được nghiên cứu sử dụng làm cốt liệu cho bê tông. Thêm nữa, trên thế giới cũng như ở Việt Nam có nhiều chất thải công nghiệp tro bay, xỉ lò cao, xỉ thép được tái sử dụng để làm bê tông xi măng, trong đó có bê tông hạt nhỏ. Theo quy hoạch phát triển GTVT đường bộ Việt Nam đến năm 2020 và định hướng đến 2030 cần xây dựng 1.600 km đường cao tốc, nâng cấp QL1, đường Hồ Chí Minh cần khối lượng vật liệu rất lớn [4]. Các dạng kết cấu mặt đường dạng mới cần được đưa vào sử dụng để làm phong phú thêm sự lựa chọn cho nhà thầu. Nghiên cứu của M. Zdiri (2009) các loại cát nhiễm mặn như cát nạo vét từ luống lạch, cát nạo vét biển đã được nghiên cứu và ứng dụng trong bê tông đầm lăn có cường độ chịu nén và cường độ kéo uốn có thể đáp ứng được các yêu cầu trong kỹ thuật đường bộ [5]. Kamali Siham (2005) cho thấy, bùn nạo vét ở một loạt cảng biển Pháp được sử dụng trong bê tông phục vụ các công trình xây dựng đường làm lớp Base, lớp Subbase [6]. Trong thành phần của bê tông hạt nhỏ có thể dùng thêm cốt liệu xỉ thép từ nhà máy sản xuất gang thép, để cải thiện đặc tính cơ học cũng như khả năng chống ăn mòn của bê tông hạt nhỏ làm đường. Wang và cộng sự (2020) cho rằng, cốt liệu xỉ thép có góc cạnh tốt làm tăng tính chống mài mòn nên cần cải thiện độ bền cũng như chống mài mòn cho bê tông mặt đường [9]. Như vậy, có thể kết hợp cát nhiễm mặn và xỉ thép làm cốt liệu cho bê tông hạt nhỏ trong xây dựng đường ở Việt Nam.

Nghiên cứu này trình bày về thiết kế thành phần bê tông hạt nhỏ làm đường theo Tiêu chuẩn ACI211.1 với tỷ lệ thay thế cát nhiễm mặn và xỉ thép trong thành phần từ 0 - 100% có cường độ mục tiêu là 50 MPa. Các yêu cầu kỹ thuật của bê tông hạt nhỏ làm đường được đánh giá bao gồm cường độ chịu nén, cường độ chịu kéo khi uốn, mô-đun đàn hồi, độ mài mòn của các loại bê tông hạt nhỏ sử dụng cốt liệu cát nhiễm mặn và xỉ thép Hòa Phát.

2. VẬT LIỆU CHẾ TẠO VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Vật liệu được sử dụng để chế tạo bê tông hạt nhỏ làm đường giống như bê tông thường bao gồm chất kết dính

(xi măng và tro bay), nước, cốt liệu thô và cốt liệu mịn. Trong nghiên cứu này, xi măng được sử dụng là xi măng PCB40 Long Sơn có khối lượng riêng 3,15 g/cm³ và phù hợp theo TCVN 6260-2009. Xi lò cao nghiền mịn Hòa Phát là loại S95 có khối lượng riêng 2,90 g/cm³. Xi lò cao nghiền mịn có độ mịn nhỏ hơn độ mịn của xi măng, đường kính hạt trung bình là 12,2 μm, tỷ diện tích bề mặt đạt 4520 cm²/g, hàm lượng CaO chiếm 34,70% đạt các yêu cầu kỹ thuật theo tiêu chuẩn TCVN 11586-2016.

Hai loại cốt liệu sử dụng là đá dăm D10 và xi thép SS10 được lấy từ công trường Dung Quất. Kết quả thí nghiệm khối lượng riêng của hai loại đá tương ứng là 2,672 g/cm³ và 3,670 g/cm³, khối lượng thể tích tương ứng là 1,421 g/cm³ và 2,024 g/cm³. Hai loại cốt liệu nhỏ là cát nhiễm mặn Dung Quất và cát vàng Trà Khúc ở Bình Sơn, Quảng Ngãi, có khối lượng riêng tương ứng 2,536 g/cm³ và 2,653 g/cm³ và mô-đun độ lớn tương ứng 1,28 và 2,46. Hàm lượng ion Cl của cát nhiễm mặn là 0,071% thuộc loại cát nhiễm mặn. Phụ gia siêu dẻo là phụ gia GPS-1000 phù hợp loại D của tiêu chuẩn ASTM C494.

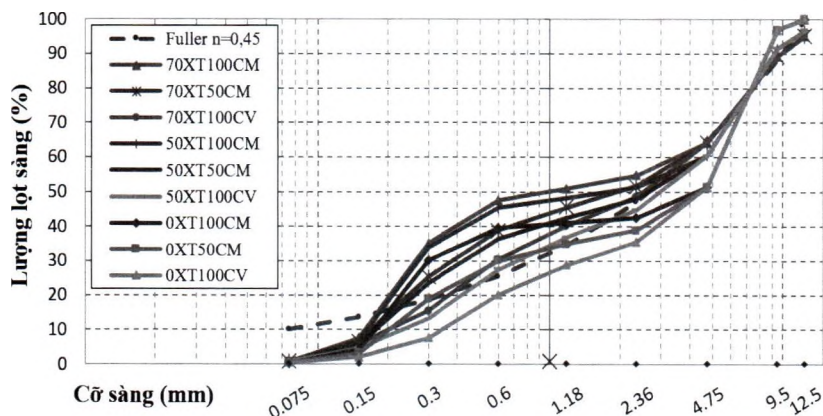
Thành phần của bê tông hạt nhỏ làm đường được tính toán theo ACI211.1 [7] như bê tông tông xi măng thông thường có cường độ đặc trưng để làm mặt đường tạo sự ổn định và chống mài mòn tốt là 50 MPa và có xét đến cấp phối cốt liệu để đảm bảo tính dễ đầm bê tông theo ACI 325.10R [8]. Phương pháp thiết kế thành phần cũng quan tâm từ hỗn hợp cốt liệu có đưa thành phần cốt liệu xi thép hay đá nghiền để cải thiện cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông, sau đó tính toán tổng thành phần chất kết dính.

Phương pháp tính toán thành phần hỗn hợp cốt liệu giống như phương pháp thông thường. Tỷ lệ thành phần các loại cốt liệu lớn đá D10 (0%, 30%, 50%, 100%), xi thép SS10 (0%, 50%, 70%), cát vàng (0%, 50%, 100%) và cát nhiễm mặn (0%, 50%, 100%) được xác định trên cơ sở đường cong cấp phối hợp lý theo trình bày ở Hình 2.1. Kết quả thiết kế hỗn hợp cốt liệu cho thấy, hỗn hợp cốt liệu phù hợp để có thể trộn ở trạm trộn hiện đại ngày nay.

Tổng hàm lượng chất kết dính sử dụng là 500 kg/m³. Xi lò cao nghiền mịn thay thế là 30% so với khối lượng chất kết dính. Bê tông hạt nhỏ được thiết kế thành phần trên nguyên tắc đảm bảo độ sụt thông thường và kể đến giảm độ sụt vẫn có thể thi công được mặt đường. Độ sụt mục tiêu được thiết kế cho hỗn hợp bê tông này là 14±2 cm và được theo dõi theo thời gian. Để thi công đường bằng công nghệ đầm rung thông thường với độ sụt trên là phù hợp.

Các yêu cầu kỹ thuật của bê tông làm đường được đánh giá trong nghiên cứu bao gồm: cường độ chịu nén của bê tông theo TCVN 3118-1993 trên mẫu lập phương tiêu chuẩn 150x150x150 mm; cường độ chịu kéo khi uốn được xác định theo TCVN 3119-1993 trên mẫu dầm 100x100x400 mm, mô-đun đàn hồi xác định theo ASTM C496 trên mẫu hình trụ tiêu chuẩn 150x300 mm, độ mài mòn của bê tông được xác định theo tiêu chuẩn TCVN 3114:93 trên mẫu lập phương kích thước 70,7x70,7x70,7 mm ở tuổi 28 ngày.

Hỗn hợp cốt liệu được lựa chọn theo cấp phối gần với mức tối ưu của quy định theo các tiêu chuẩn bê tông làm đường trên thế giới. Đường hỗn hợp cốt liệu để chế tạo bê tông hạt nhỏ được trình bày ở Hình 2.1.



Hình 2.1: Cấp phối cốt liệu cho bê tông hạt nhỏ làm đường sử dụng cát mặn và xi thép

Bảng 2.1. Cấp phối 1m³ bê tông hạt nhỏ mặt đường sử dụng cát nhiễm mặn và xi thép

| Cấp phối | N/CKD | Nước | Xi măng | Xi lò cao S95 | Xi thép SS10 | Cát nhiễm mặn | Đá D10 | Cát vàng | Phụ gia |
|-----------|-------|------|---------|---------------|--------------|---------------|--------|----------|---------|
| 70XT100CM | 0,53 | 265 | 350 | 150 | 910 | 673 | 390 | 0 | 7 |
| 70XT50CM | 0,51 | 255 | 350 | 150 | 910 | 336 | 390 | 336 | 7 |
| 70XT100CV | 0,49 | 245 | 350 | 150 | 910 | 0 | 390 | 673 | 7 |
| 50XT100CM | 0,46 | 230 | 350 | 150 | 610 | 683 | 610 | 0 | 7 |
| 50XT50CM | 0,44 | 220 | 350 | 150 | 610 | 342 | 610 | 342 | 7 |
| 50XT100CV | 0,42 | 210 | 350 | 150 | 610 | 0 | 610 | 683 | 7 |
| 0XT100CM | 0,40 | 200 | 350 | 150 | 0 | 687 | 1076 | 0 | 7 |
| 0XT50CM | 0,38 | 190 | 350 | 150 | 0 | 343 | 1076 | 343 | 7 |
| 0XT100CV | 0,36 | 180 | 350 | 150 | 0 | 0 | 1076 | 687 | 4,5 |

Hỗn hợp bê tông hạt nhỏ đối chứng không sử dụng cát nhiễm mặn và xi, bê tông hạt nhỏ đối chứng có thành phần như loại bê tông thương phẩm đang hiện hành.



Hình 2.2: Chế tạo mẫu thí nghiệm bê tông hạt nhỏ làm đường sử dụng cát nhiễm mặn

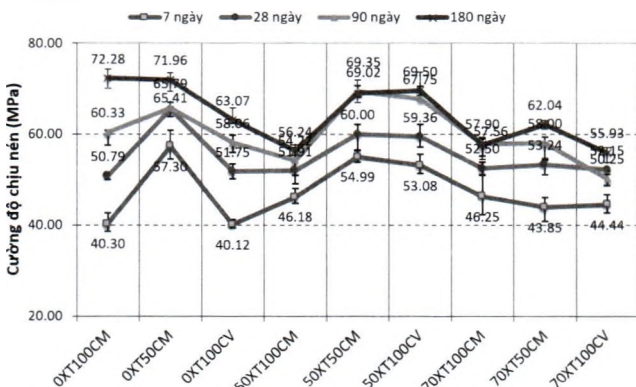
3. KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM VÀ THẢO LUẬN

3.1. Tính công tác và giảm tính công tác theo thời gian

Tính công tác của hỗn hợp bê tông hạt nhỏ được xác định thông qua phương pháp đo độ sụt bằng côn Abram theo TCVN 3106:1993, được khống chế ở mức 14 ± 2 cm và theo dõi theo thời gian trong vòng 60 phút và đều duy trì ở mức giảm đến độ sụt ở mức 10 ± 2 cm. Với mức độ sụt và duy trì độ sụt trên thì các hỗn hợp bê tông đều có thể thi công bằng phương pháp đầm rung thông thường cho thi công mặt đường.

3.2. Cường độ chịu nén của bê tông hạt nhỏ làm đường

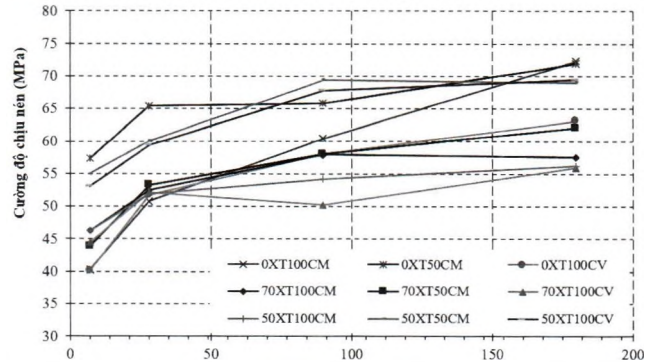
Kết quả thí nghiệm cường độ chịu nén ở các ngày tuổi 7, 28, 90 và 180 là giá trị trung bình của 6 viên mẫu thử (3 tổ mẫu để đánh giá độ chụm) của các loại bê tông hạt nhỏ, được trình bày trong Hình 3.1. Sự phát triển cường độ theo thời gian của các loại bê tông theo thời gian được trình bày trong Hình 3.2.



Hình 3.1: Ảnh hưởng của cát nhiễm mặn đến cường độ chịu nén của bê tông hạt nhỏ

Cường độ chịu nén ở 7 ngày tuổi của các loại bê tông hạt nhỏ đều đạt từ 40 MPa trở lên, đạt từ 78 - 90% so với

cường độ ở 28 ngày tuổi. Cường độ tuổi 7 ngày có thể đáp ứng được loại bê tông mặt đường đưa vào sử dụng sớm đối với tất cả các hỗn hợp bê tông.

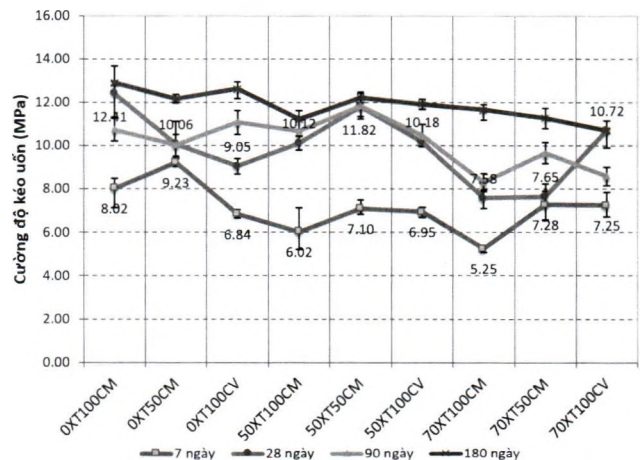


Hình 3.2: Sự phát triển cường độ bê tông hạt nhỏ theo thời gian

Cường độ chịu nén ở 90 ngày tuổi so với cường độ chịu nén ở 28 ngày tuổi tăng từ 9 - 19% tùy theo cấp phối; tương tự cường độ chịu nén ở 180 ngày tuổi (tức sau 6 tháng) cường độ bê tông tăng từ 10 - 42% so với cường độ ở tuổi 28 ngày, như vậy đúng với quy luật phát triển thông thường của bê tông. Kết quả cho thấy, các cấp phối bê tông hạt nhỏ với lượng xi măng cho 1 m³ bê tông là 350 kg đạt được cường độ cao (>50 MPa) ở tuổi dài ngày. Mặt khác, cường độ ở tuổi 28 ngày và dài ngày các cấp phối bê tông hạt nhỏ đều đạt được cường độ cao hơn mẫu bê tông đối chứng. Cường độ ở tuổi 7 ngày đạt yêu cầu để có thể di chuyển các máy móc thi công trên mặt đường, các kết quả đều phù hợp với nghiên cứu [9,10] và thỏa mãn yêu cầu của bê tông mặt đường theo EN 13877-2 [11]. Có thể thấy rằng, cấp phối bê tông ảnh hưởng đáng kể đến sự thay đổi cường độ của bê tông hạt nhỏ làm đường.

3.3. Cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông hạt nhỏ làm đường

Kết quả thí nghiệm cường độ chịu kéo khi uốn ở các ngày tuổi 7, 28, 90 và 180 là giá trị trung bình của 6 viên mẫu thử (3 tổ mẫu để đánh giá độ chụm), được trình bày trong Hình 3.3.



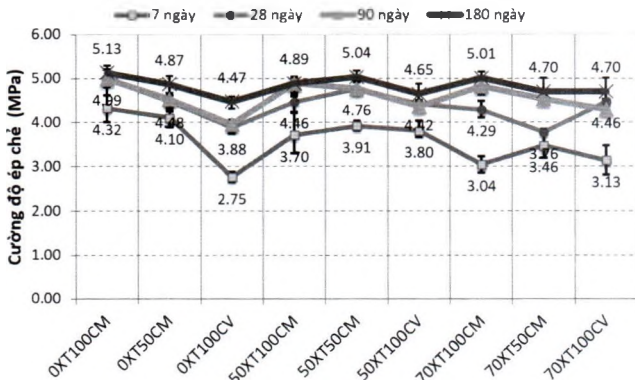
Hình 3.3: Ảnh hưởng của cốt liệu đến cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông hạt nhỏ

Kết quả thí nghiệm cường độ chịu kéo khi uốn của các loại bê tông hạt nhỏ thấy với mức thay thế hợp lý tỷ lệ xi

thép cũng như cấp phối cốt liệu nghiêng được lựa chọn làm thay đổi đáng kể cường độ chịu kéo uốn, cường độ chịu kéo khi uốn của các loại bê tông đều >6 Mpa ở tuổi 28 ngày, đây là những loại bê tông có cường độ chịu kéo uốn cao hơn so với các bê tông thông thường cùng cấp cường độ chịu nén.

3.4. Cường độ chịu ép chệch của bê tông hạt nhỏ làm đường

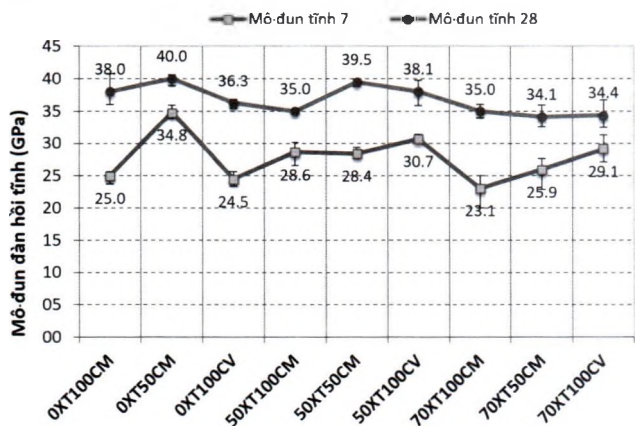
Kết quả thí nghiệm cường độ chịu ép chệch ở các ngày tuổi 7, 28, 90 và 180 là giá trị trung bình của 6 viên mẫu thử (3 tổ mẫu để đánh giá độ chụm), được trình bày trong Hình 3.4.



Hình 3.4: Ảnh hưởng của cốt liệu đến cường độ ép chệch của bê tông hạt nhỏ

Kết quả thí nghiệm cường độ ép chệch của các loại bê tông phản ánh quy luật tương đồng với cường độ chịu nén, về cả giá trị lẫn sự phát triển theo thời gian. Có thể nói nếu sử dụng cường độ ép chệch để đánh giá khả năng chịu kéo của bê tông hạt nhỏ làm đường khá thích hợp theo tiêu chuẩn EN 13877-1 [10].

3.5. Kết quả thí nghiệm mô-đun đàn hồi tĩnh của bê tông hạt nhỏ



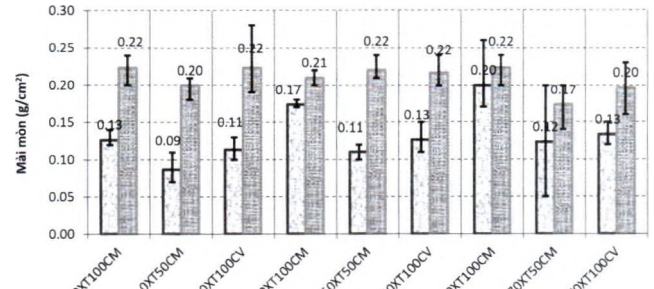
Hình 3.5: Mô-đun đàn hồi tĩnh của các loại bê tông ở tuổi 7 ngày và 28 ngày

Kết quả thí nghiệm mô-đun đàn hồi tĩnh được thí nghiệm ở ngày tuổi 7, 28 là giá trị trung bình của 3 viên mẫu thử, được trình bày tại Hình 3.5. Kết quả mô-đun đàn hồi tương ứng phù hợp với cường độ chịu nén của các loại bê tông hạt nhỏ.

3.6. Ảnh hưởng của hàm lượng tro bay đến độ mài mòn của bê tông hàm lượng tro bay cao

Độ mài mòn được thí nghiệm ở tuổi 28 ngày trên

mẫu lập phương 7,07x7,07x7,07 cm theo tiêu chuẩn TCVN 3114:1993. Kết quả là giá trị trung bình của 3 mẫu thử, được trình bày tại Hình 3.6.



Hình 3.6: Độ mài mòn trạng thái khô và trạng thái bão hòa nước của các loại bê tông ở tuổi 28 ngày

Độ mài mòn được thí nghiệm theo tiêu chuẩn TCVN 3114-1993, cho thấy khi thay thế hàm lượng xỉ thép làm cải thiện khả năng chống mài mòn của bê tông hạt nhỏ, các kết quả đều thỏa mãn đều nhỏ hơn mức yêu cầu cho mặt đường cao cấp là ≤0,3 g/cm².

4. KẾT LUẬN

Với các kết quả nghiên cứu của đề tài có những kết luận sau:

Sử dụng phương pháp thiết kế thành phần bê tông hạt nhỏ làm mặt đường có ứng dụng theo cấp phối tốt nhất theo Fuller làm giảm đáng kể chất kết dính;

Khi thay thế cốt liệu nhỏ từ 0 - 100% bằng cát nhiễm mặn và cốt liệu lớn xỉ thép từ 0 - 70% đều cho hỗn hợp bê tông hạt nhỏ mặt đường đạt cường độ chịu nén ở 28 ngày tuổi từ 50,25 - 65,79 MPa, cường độ chịu kéo uốn đạt 7,58 - 12,41 MPa, mô-đun đàn hồi đạt từ 34,1 - 40GPa, độ mài mòn đều <0,3 g/cm². Các loại bê tông hạt nhỏ đã thử nghiệm đều đạt yêu cầu làm bê tông mặt đường cao cấp theo quy định tiêu chuẩn ngành của Việt Nam.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi đề tài độc lập cấp Nhà nước của Bộ Khoa học và Công nghệ Việt Nam “Nghiên cứu sử dụng cát nhiễm mặn để xây dựng công trình giao thông”, mã số ĐTĐL.CN-23/19.

Tài liệu tham khảo

- [1]. P.K. Mehta, P.J. Monteiro (9/2017), *Concrete Microstructure, Properties and Materials*.
- [2]. Nguyễn Thanh Sang, *Nghiên cứu phương pháp kiểm tra và đảm bảo chất lượng thi công công trình cầu bê tông*, Đề tài cấp Bộ, mã số CTB2014-04-07.
- [3]. C. Heidrich, H.-J. Feuerborn, A. Weir (2013), *Coal combustion products: a global perspective*, in: World of Coal Ash Conference.
- [4]. *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*.
- [5]. M. Zdiri (July 2009), *The use of fluvial and marine sediments in the formulation of Roller Compacted Concrete for use in pavements*, Environmental Technology vol.30, no.8, 809-815.

[6]. Kamali Siham. et al. (2008), *Marine dredged sediments as new materials resource for road construction*, Waste Management 28, 919-928.

[7]. ACI 211.1, *Guide for selecting Proportion for No-Slump Concrete*, ACI commuttee 211.

[8]. ACI 325.10R. 95 (2001), *Report on Roller Compacted Concrete Pavement*, Reapparoved, pp.31-51.

[9]. Wang, S., Zhang, G., Wang, B., Wu, M. (2020), *Mechanical strengths and durability properties of pervious concretes with blended steel slag and natural aggregate*, J. Clean. Prod., 122590.

[10]. EN 13877-1, *Concrete pavements - Part 1: Materials/BSI Standards Publication - BS EN 13877-1:2013*.

[11]. EN 13877-2, *Concrete pavements - Part 2: Functional requirements for concrete pavements/BSI Standards Publication - BS EN 13877-2:2013*.

[12]. Qiao Dong, Guotong Wang, Xueqin Chen, Juan Tan, Xingyu Gu (2020), *Recycling of steel slag aggregate in portland cement concrete An overview*, Journal of Cleaner Production.

[13]. Nguyễn Thanh Sang (2011), *Nghiên cứu sử dụng cát duyên hải miền Trung làm mặt đường bê tông xi măng cát trong xây dựng đường giao thông nông thôn*, Đề tài cấp Bộ GTVT mã số DT104012.

[14]. Nguyễn Thanh Sang, Trần Lê Thắng, Nguyễn Quang Ngọc (2010), *Bê tông cát nhiều tro bay làm lớp móng mặt đường ô tô: Giải pháp kinh tế và môi trường*, Tạp chí Khoa học GTVT- Trường Đại học GTVT (30), tr.84-91.

Ngày nhận bài: 10/6/2021

Ngày chấp nhận đăng: 25/6/2021

Người phản biện: PGS. TS. Nguyễn Quang Phúc

TS. Lê Bá Danh