

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA SỢI GIA CƯỜNG ĐẾN KHẢ NĂNG CHỊU UỐN VÀ CHỐNG CẮT CỦA CỌC RỖNG BÊ TÔNG GEOPOLYMER

RESEARCH: THE IMPACT OF REINFORCE FIBER TO BENDING STRENGTH AND SHEARING STRENGTH OF HOLLOW GEOPOLYMER CONCRETE PILE

Pham Duc Thien¹, Nguyen Phu Tan
¹Trường đại học Sư phạm Kỹ thuật TP.HCM

TÓM TẮT

Bê tông geopolimer là vật liệu có các tính chất cơ lý tương tự như bê tông xi măng truyền thống và thể hiện tính ưu việt của một loại vật liệu xanh vì không cần sử dụng xi măng. Ngoài ra tính giòn của bê tông geopolimer có khả năng được khắc phục bằng sợi poly propylene. Bài báo nghiên cứu sợi poly propylene có chiều dài 19mm được bổ sung với hàm lượng 0%, 0.5%, 1%, 1.5% và 2% theo thể tích để đánh giá ảnh hưởng của sợi đến khả năng chịu uốn và chống cắt của cấu kiện cọc rỗng bê tông geopolimer. Kết quả cho thấy, bê tông geopolimer sử dụng sợi poly propylene với hàm lượng từ 0 đến 2% cải thiện tốt cả mô men uốn nứt, mô men uốn gãy và khả năng chống cắt qua nhưng cho thấy chưa có dấu hiệu đạt giá trị tối ưu. Mặt khác kết quả cũng cho thấy khả năng chịu uốn và chống cắt của cọc rỗng bê tông geopolimer khá tương đồng với cọc rỗng bê tông xi măng khi có cùng cấp độ bền không gia cường sợi.

Từ khóa: ứng xử chịu uốn, bê tông geopolimer, sợi poly propylene.

ABSTRACT

Geopolymer concrete is the material with physico-mechanical properties similar to cement concrete pile yet having the advantages of eco-friendly materials because of the absent of cement. Besides, the shortness of geopolimer concrete can be reduced by reinforce it with polypropylene fiber. The research paper examines when concrete mixture added 19mm polypropylene fiber at 0%, 0.5%, 1%, 1.5% and 2% in portion to analyse bending and shearing strength of hollow geopolimer concrete pile. The result shown that geopolimer concrete pile with the mentioned mixture with reinforce fiber strengthen bending-crack, bending-break and shearing resistance however it is yet to reach maximum value. On the other hand, examination result also shows that bending and shearing resistance of hollow geopolimer concrete pile are very similar with hollow cement concrete pile when having equivalent tensile strength (without reinforce fiber)

Keywords: flexural behavior, geopolimer concrete, poly-propylene fiber.

1. GIỚI THIỆU

Hiện nay, việc nghiên cứu ứng dụng vào thực tiễn các vật liệu xanh, thân thiện với môi trường nhằm hạn chế hiệu ứng nhà kính ngày càng được phát triển, đặc biệt là vật liệu bê tông geopolimer. Vật liệu này đang được nghiên cứu chứng minh có các tính chất cơ học tương tự như bê tông truyền thống, ngoài ra nó còn giúp xử lý trữ lượng lớn những phụ phẩm của ngành công nghiệp nhiệt điện là tro bay. Bê tông geopolimer đã được giáo sư Joseph Davidovit nghiên cứu và giới thiệu vào những năm 1970 [1,2]

Các kết quả nghiên cứu thực nghiệm cho thấy ứng xử và cường độ của các cấu kiện bê tông geopolimer gốc tro bay khá tương đồng như bê tông truyền thống[3-6]. Tính giòn của bê tông geopolimer là một đặc điểm và có khả năng khắc phục bằng các sợi như poly propylene. Sự làm việc của bê tông geopolimer gia cường cốt sợi phân bố trong cấu kiện cần được nghiên cứu để từ đó xác định được hàm lượng sợi tối ưu với cấp phối được lựa chọn làm tăng các đặc tính có lợi và hạn chế nhược điểm của bê tông geopolimer.

Bài báo xác định ảnh hưởng của sợi poly propylene đến khả năng chịu uốn và chống cắt của cấu kiện cọc rỗng bê tông geopolimer. Sợi poly propylene được sử dụng với hàm lượng 0%, 0.5%, 1%, 1.5% và 2% theo thể tích phân bố ngẫu nhiên trong quá trình nhào trộn bê tông geopolimer và kiểm chứng khả năng chịu uốn cấu kiện cọc

được tính toán theo TCVN 5574:2014 và phương pháp thực nghiệm tham khảo theo TCVN 7888:2014.[7-8]

2. NGUYÊN VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP THÍ NGHIỆM

2.1 Nguyên vật liệu

❖ Cốt liệu đá

Đá sử dụng là đá Biên Hòa có $D_{max}=20\text{mm}$, khối lượng riêng $D=2,7\text{ g/cm}^3$, khối lượng thể tích $1,62\text{ g/cm}^3$. Các chỉ tiêu cơ lý đáp ứng TCVN 7572:2006 và 7570:2006.

Bảng 1. Thành phần hạt của đá (trong 100kg)

| | | | |
|--------------------------|----|----|-----|
| Cỡ sàng (mm) | 20 | 10 | 5 |
| Lượng sót trên sàng (kg) | 2 | 48 | 100 |

❖ Cốt liệu cát

Cát sử dụng là cát sông, khối lượng riêng là $2,67\text{g/cm}^3$, khối lượng thể tích là $1,7\text{ g/cm}^3$. Cát sử dụng cho bê tông có chỉ tiêu cơ lý đáp ứng theo TCVN 7572:2006 và 7570:2006. [9-10]

❖ Tro bay

Sử dụng tro bay loại F có nguồn gốc từ nhà máy nhiệt điện địa phương, khối lượng riêng $2,5\text{g/cm}^3$, độ mịn 94% lượng lọt qua sàng có cỡ sàng là 0,08 mm.

Bảng 2. Thành phần hóa học tro bay

| | | | | | | |
|----------|------------|-----------------------|-----------------------|-----------|------------------------|-----------|
| T | SiO | Al₂ | Fe₂ | Ca | K₂O | Mg |
| P | 2 | O₃ | O₃ | O | +Na₂ | O |

| | | | | | | |
|---|------|------|------|------|----------|------|
| | | | | | O | |
| % | 51,7 | 31,9 | 3,48 | 1,21 | 1,02 | 0,81 |

❖ **Dung dịch hoạt hóa**

Dung dịch hoạt hóa là sự kết hợp giữa sodium hydroxide (NaOH) và sodium silicate (Na₂SiO₃). Dung dịch sodium hydroxide, NaOH dạng vảy rắn được hòa tan vào nước theo nồng độ 16mol/l cho trước. Dung dịch có màu trắng đục có độ tinh khiết trên 90% và khối lượng riêng là 2,13g/cm³. Dung dịch sodium silicate sử dụng với hàm lượng Na₂O và SiO₂ dao động từ 36 ÷ 38 %, tỷ trọng 1.42±0.01 g/ml.

2.2 Cấp phối

❖ **Bê tông OPC**

Cấp phối bê tông xi măng cho cọc OPC đối chứng có cấp độ bền B45.

Bảng 3. Thành phần trong 1m³ bê tông.

| XM (kg) | Cát (kg) | Đá (kg) | Nước (lít) | Muội silic (kg) | Phụ gia (lít) |
|--|---------------------------|--------------------------|-----------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| 432,2 | 739,4 | 1120 | 80 | 37,59 | 3,76 |
| Tỉ lệ CKD:C:Đ:N:PG = 1:1,57:2,38 : 0,17 0,008 | | | | | |

❖ **Bê tông GPC**

Cấp phối bê tông xi măng cho cọc GPC có cấp độ bền B45.

Bảng 4. Thành phần trong 1m³ bê tông.

| Ký hiệu | Đá (kg) | Cát (kg)) | Tro bay (kg) | Na₂SiO₃ (kg) | NaOH 16M (kg) |
|----------------|--------------------------|---------------------------------------|-------------------------------|---|--|
| GPC 1 | 107 6 | 593 | 412, 0 | 164,8 | 82,4 |

❖ **Cường độ mẫu nén OPC và GPC**

Mẫu bê tông geopolimer và bê tông xi măng sau khi dưỡng hộ được đưa đi thí nghiệm thí nghiệm xác định cường độ chịu nén bê tông như bảng 5.

Bảng 5. Cường độ chịu nén của bê tông OPC và GPC

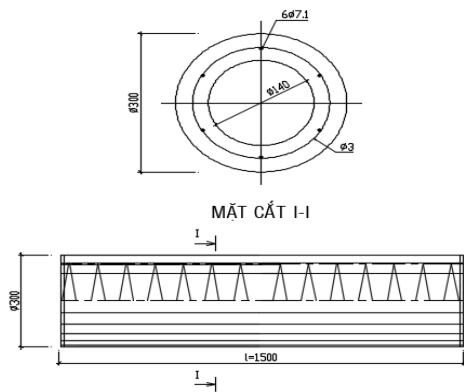
| CP | AL/FA | SS/SH | R_b (MPa) |
|-----------|--------------|--------------|--------------------------------------|
| OPC | | | 58,72 |
| GPC1 | 0,6 | 2 | 58,20 |

Kết quả thực nghiệm công tác nén mẫu xác định cường độ bê tông geopolimer và bê tông xi măng tương đương cấp độ bền B45. Cấp phối này phù hợp với mục tiêu nghiên cứu chế tạo cọc rỗng cường độ cao.

2.3 Cọc rỗng bê tông geopolimer

❖ **Cấu tạo**

Chọn cọc rỗng có đường kính ngoài 300mm, đường kính trong 140mm, chiều dài 1,5m, cốt thép dọc 6Φ7.1, thép đai Φ3, được bố trí như Hình 1.



Hình 1. Cấu tạo thép cọc

❖ Lý thuyết tính toán

- Cường độ chịu uốn của cọc rỗng: theo mục 6.2.2.9 và 6.2.2.12 của TCVN 5574: 2012

$$M = (\gamma_b R_b A r_m + R_{sc} A_{s,tot} r_s) \frac{\sin \pi \xi_{cir}}{\pi} + R_s A_{s,tot} \varphi_s z_s$$

- Mô men kháng nứt: theo mục 7.1.2.4 của TCVN 5574:2012

$$M_{crc} = R_{bt,ser} W_{pl}$$

- Mô men kháng gãy: theo TCVN 7888:2014

$$M_{br} = 1,5 M_{crc}$$

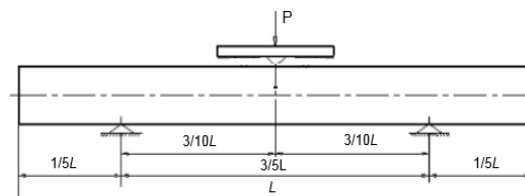
❖ Quy trình sản xuất:

- Bước 1: chuẩn bị nguyên vật liệu, khuôn cọc.
- Bước 2: nhào trộn và đúc cấu kiện.
 - Sợi PP được làm tới nhuyển ra trước khi trộn phối liệu khô)
 - Trộn khô phối liệu gồm cát, đá, tro bay, và sợi PP. Sau đó cho dung dịch Na_2SiO_3 và NaOH vào tiếp tục trộn đều và đúc cấu kiện cọc.
- Bước 3: dưỡng hộ nhiệt (tính định 48 giờ; dưỡng hộ nhiệt ở 100°C trong 12 giờ), đặt mẫu trong điều kiện tự nhiên 20 ngày, sau đó đem đi nén.
- Bước 4: thí nghiệm độ bền uốn nứt thân cọc.
- Bước 5: thí nghiệm độ bền uốn gãy thân cọc.
- Bước 6: thí nghiệm bền cắt thân cọc.

2.4 Phương pháp thí nghiệm

❖ Độ bền uốn nứt thân cọc rỗng

Tiến hành gia tải đến khi cọc xuất hiện vết nứt có chiều rộng bằng hoặc lớn hơn 0,1 mm. Ghi lại tải trọng uốn gây nứt thực tế. Sơ đồ thí nghiệm như hình 2



Hình 2. Sơ đồ thí nghiệm độ bền uốn nứt

Biểu thị kết quả:

$$M = \frac{gmL^2}{40} + \frac{3PL}{20}$$

trong đó: M: Mômen uốn nứt thực tế, kN.m;

P: Tải trọng uốn gây nứt, kN;

g: Gia tốc trọng trường, $9,81 \text{ m/s}^2$;

m: Khối lượng cọc, tấn;

$$m = 2,5\pi(D - t), \text{ tấn};$$

L: Chiều dài cọc, m;

D: Đường kính ngoài thân cọc, m;

t: Chiều dày thành cọc, m.

❖ Độ bền uốn gãy thân cọc rỗng

Phương pháp thí nghiệm tương tự như xác định độ bền uốn nứt thân cọc nhưng gia tải đến khi cọc bị phá hủy và ghi lại tải trọng phá hủy lớn nhất.

❖ Khả năng chịu tải theo lý thuyết

Bê tông B45: $R_b = 25 \text{ MPa}$; $R_{bt,ser} = 2,2 \text{ MPa}$.

Thép: $R_s = 1300 \text{ MPa}$; $R_{sc} = 500 \text{ MPa}$

Kết quả tính toán theo lý thuyết như bảng 6:

Bảng 6. Mô men tính toán

| M_{tt} (kNm) | M_{crc} (kNm) | M_{br} (kNm) |
|----------------|-----------------|----------------|
| 9,69 | 20,22 | 30,33 |

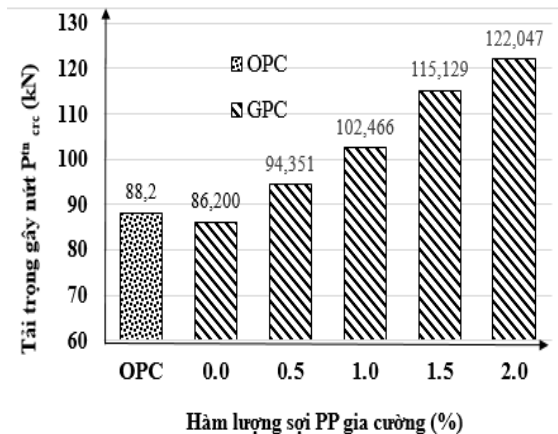
* Ghi chú: Mtt: tính toán theo TTGH I

Mtt: tính toán theo TTGH II

3. KẾT QUẢ

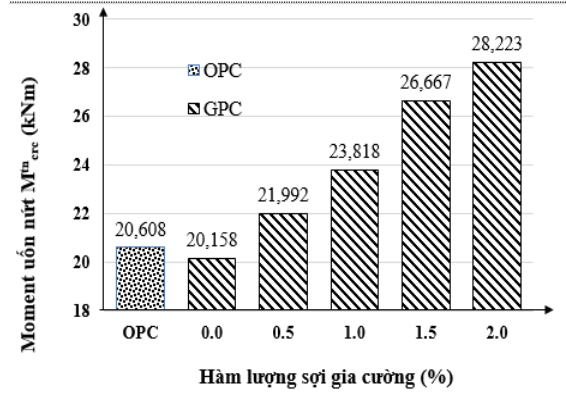
3.1 Khả năng bền nứt thân cọc

Khả năng chịu tải cọc OPC cấp độ bền B45 theo thực nghiệm phù hợp với kết quả tính toán. Kết quả cũng cho thấy mô men uốn nứt thực nghiệm M_{crc}^{tn} cọc GPC gia cường sợi 0% tương đương khả năng chịu uốn nứt thực nghiệm cọc OPC B45 thông thường.



Hình 3. Ảnh hưởng hàm lượng sợi đến tải trọng gây nứt P_{cr}

Mô men uốn nứt thực nghiệm M_{crc}^{tn} cọc GPC gia cường sợi 0% phù hợp với mô men uốn nứt thực nghiệm M_{crc}^{tn} cọc OPC.

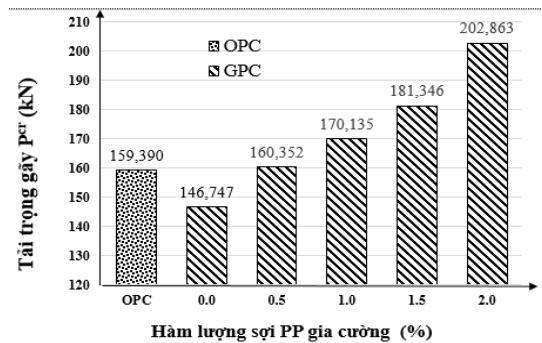


Hình 4. Ảnh hưởng hàm lượng sợi đến mô men uốn nứt M_{cr}^{tn}

Mô men uốn nứt thực nghiệm cọc GPC gia cường sợi 0% đạt $M_{crc}^{tn} = 20,16 \text{ kNm}$, khi tăng hàm lượng sợi lên 2% thì mô men uốn nứt M_{crc}^{tn} tăng 40,01%.

3.2 Khả năng bền gãy thân cọc

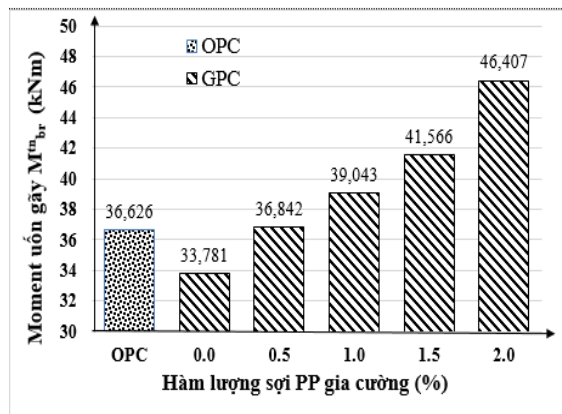
Mô men uốn gãy thực nghiệm M_{br}^{tn} của cọc GPC gia cường sợi 0% tương đối phù hợp với mô men uốn nứt thực nghiệm M_{crc}^{tn} cọc OPC, chênh lệch xấp xỉ 11,48%.



Hình 5. Ảnh hưởng hàm lượng sợi đến tải trọng gây P_{cr}

Mô men uốn gãy thực nghiệm cọc GPC gia cường sợi 0% đạt $M_{br}^{tn} = 33,78 \text{ kNm}$, khi

tăng hàm lượng sợi lên 2% thì mô men uốn gãy M_{br}^{tn} tăng 37,37%.



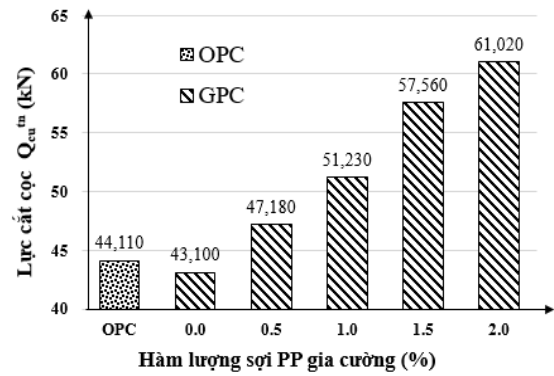
Hình 6. Ảnh hưởng hàm lượng sợi đến mô men uốn gãy M_{br}^{tn}

Kết quả thực nghiệm phản ánh tương đối đúng thực tế trong việc thiết kế cấp phối cọc bê tông geopolymer và cọc bê tông xi măng OPC thông thường có cấp độ bền B45 cho kết quả về khả năng chịu tải (mô men uốn nứt, uốn gãy) gần như phù hợp.

3.3 Khả năng bền cắt thân cọc

Khả năng bền cắt Q_{cu}^{tn} của cọc bê tông GPC gia cường sợi 0% đạt 43,10 kN, giá trị này tương đương với cọc OPC, chứng tỏ sự tương đồng trong ứng xử và khả năng làm việc của của OPC và GPC không gia cường sợi.

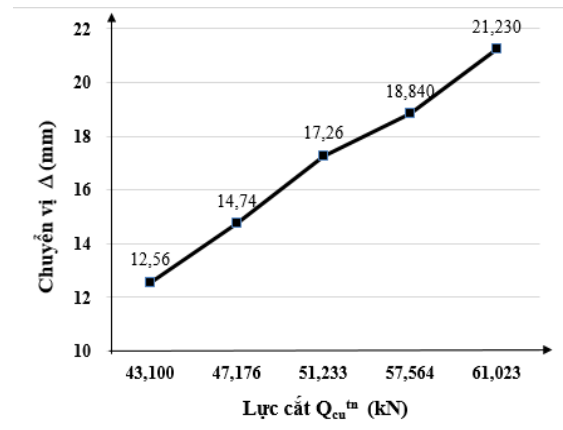
Khi tăng hàm lượng sợi gia cường lên 2% thì khả năng bền cắt Q_{cu}^{tn} tăng lên 41,58%. Chứng tỏ sợi PP gia cường có khả năng làm tăng sức chịu tải cọc cả về khả năng chịu uốn và chống cắt.



Hình 7. Ảnh hưởng hàm lượng sợi đến lực cắt Q_{cu}^{tn}

Hàm lượng sợi 2% chưa cho được giá trị cực trị của khả năng chống cắt và chịu uốn nứt cũng như uốn gãy của cấu kiện. Do đó cần có thêm các nghiên cứu để tìm ra hàm lượng tối ưu.

3.4 Quan hệ giữa lực cắt cọc và chuyển vị từ thực nghiệm



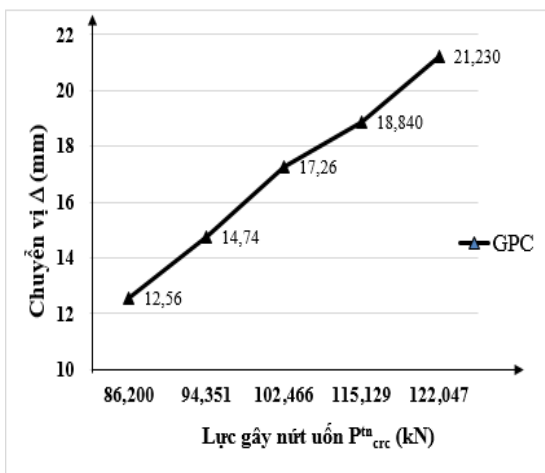
Hình 8. Mối quan hệ giữa Q_{cu}^{tn} và chuyển vị cọc GPC

Ảnh hưởng của hàm lượng sợi PP đến khả năng bền cắt thông qua chuyển vị của thí nghiệm. Khả năng chịu tải của cấu kiện càng lớn khi đạt tới cấp tải và chuyển vị nhất định cấu kiện mới xuất hiện vết nứt. Chuyển vị

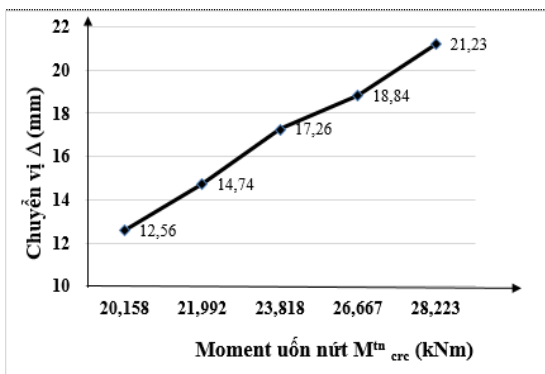
được xác định khi xuất hiện vết nứt bề rộng $W_c=0,1\text{mm}$.

3.5 Quan hệ lực gây nứt uốn và chuyển vị từ thực nghiệm

Tương tự như mục 3.4 khả năng chịu tải của cầu kiện càng lớn khi đạt tới cấp tải và chuyển vị nhất định cầu kiện mới xuất hiện vết nứt.



Hình 9. Mối quan hệ lực gây nứt uốn P_{cr}^{tn} và chuyển vị cọc GPC



Hình 10. Mối quan hệ mô men uốn nứt M_{cr}^{tn} và chuyển vị cọc GPC

3.6 Quan hệ giữa mô men uốn nứt M_{cr}^{tn} và mô men uốn gãy M_{br}^{tn}

Từ thực nghiệm ta tìm lại quan hệ giữa $M_{br}^{tn} \sim \gamma M_{cr}^{tn}$

| Hàm lượng sợi PP (%) | M_{cr}^{tn} (kNm) | M_{br}^{tn} (kNm) | γ |
|----------------------|---------------------|---------------------|----------|
| 0 | 20,16 | 33,78 | 1,68 |
| 0,5 | 21,99 | 36,84 | 1,68 |
| 1,0 | 23,82 | 39,04 | 1,64 |
| 1,5 | 26,67 | 41,57 | 1,56 |
| 2,0 | 28,22 | 46,41 | 1,64 |

Với các kết quả thực nghiệm có thể ước lượng quan hệ $M_{br}^{tn} - M_{cr}^{tn}$:

$$M_{br}^{tn} = (1,56 \div 1,68) M_{cr}^{tn}$$

Ngoài ra khoảng giá số (1,56 – 1,68) có giá trị trung bình xấp xỉ giá trị 1,5 được cho trong TCVN 7888:2014. Điều này khẳng định độ tin cậy cao.

4. KẾT LUẬN

Mẫu trụ bê tông geopolymere dưỡng hộ ở 100°C trong thời gian 10 giờ cho cường độ chịu nén tương đương bê tông xi măng cả 2 đạt cấp độ bền B45.

Mô men uốn nứt thực nghiệm M_{cr}^{tn} phù hợp với mô men uốn nứt tính toán cho cả 2 trường hợp cọc OPC và GPC không gia cường sợi.

Cọc rỗng GPC gia cường sợi 0% dưỡng hộ nhiệt ở 100°C trong 12 giờ cho M_{cr}^{tn} , và Q_{cu}^{tn} tương đồng với cọc rỗng OPC có cùng cấp độ bền chịu nén, trong khi mô men uốn

gãy của cọc rỗng OPC lớn hơn của cọc rỗng GPC khoảng 11,48%.

rỗng GPC cho từng trường hợp hàm lượng sợi gia cường $M_{br}^{tn} = (1,56 \div 1,68) M_{crc}^{tn}$

Từ kết quả thực nghiệm, xác định lại được quan hệ giữa M_{crc}^{tn} và M_{br}^{tn} của cọc

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] D. Hardjito and B.V. Rangan (2005), “Development and properties of low-calcium fly ash-based geopolymer concrete”, Research Report GC1 Faculty of Engineering Curtin University of Technology Perth, Australia.
- [2] J. Davidovits (2011), Geopolymer Chemistry and Application, 3rd edition, Geopolymer Institute.
- [3] A. Palomo. (1992), Physical, chemical and mechanical characterization of Geopolymers, 9th International Congress on Chemistry of Cements, National Council for Cement and Building Materials.
- [4] J.L. Provis. (2008), Valorisation of fly ash by Geopolymer isation, Global NEST Journal, 11.
- [5] A. M. Mustafa Al Bakri. (2011), Microstructure of different NaOH molarity of fly ash-based green polymeric cement, Journal of Engineering and Technology Research, vol. 3, pp. 44-49.
- [6] J.L. Provis. (2009), Geopolymers: Structure, processing, properties and industrial applications, Woodhead Publishing, Abingdon UK
- [7] Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 5574 : 2012 - Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép - tiêu chuẩn thiết kế
- [8] Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 7888 : 2014 – Cọc bê tông ly tâm ứng lực trước
- [9] Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 7572:2006 – Cốt liệu cho bê tông và vữa – Phương pháp thử
- [10] Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 7570:2006 – Cốt liệu cho bê tông và vữa – Yêu cầu kỹ thuật

Tác giả chịu trách nhiệm bài viết:

Họ tên: Nguyễn Phú Tân

Đơn vị: Sở Giao thông Vận tải tỉnh An Giang

Điện thoại: 0908 117 191

Email:nptandpi@gmail.com

BÀI BÁO KHOA HỌC

THỰC HIỆN CÔNG BỐ THEO QUY CHẾ ĐÀO TẠO THẠC SĨ

Bài báo khoa học của học viên

có xác nhận và đề xuất cho đăng của Giảng viên hướng dẫn



Bản tiếng Việt ©, TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT TP. HỒ CHÍ MINH và TÁC GIẢ

Bản quyền tác phẩm đã được bảo hộ bởi Luật xuất bản và Luật Sở hữu trí tuệ Việt Nam. Nghiêm cấm mọi hình thức xuất bản, sao chụp, phát tán nội dung khi chưa có sự đồng ý của tác giả và Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP. Hồ Chí Minh.

ĐỂ CÓ BÀI BÁO KHOA HỌC TỐT, CẦN CHUNG TAY BẢO VỆ TÁC QUYỀN!

Thực hiện theo MTCL & KHTHMTCL Năm học 2018-2019 của Thư viện Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp. Hồ Chí Minh.