NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA NHIỆT ĐỘ DƯỠNG HỘ ĐẾN ỨNG XỬ CỦA CỌC RỖNG BÊ TÔNG GEOPOLYMER

STUDY ON THE IMPACT OF THE TEMPERATURE TEMPERATURE TO THE CASE OF GEOPOLYMER FORESTS

Pham Duc Thien[1], Nguyen Thanh Tan
[1]*Trường đại học Sư phạm Kỹ thuật TP.HCM*

TÓM TẮT

Bê tông geoplymer là vật liệu xanh được nghiên cứu để thay thế bê tông xi măng. Bê tông geopolymer có nhiều ứng dụng trong kết cấu các công trình xây dựng cần được nghiên cứu và phân tích đánh giá chính xác trong các mô hình tính toán. Trong bài báo này kết quả thí nghiệm cọc rỗng bê tông geopolymer ở 06 mức nhiệt độ dưỡng hộ khác nhau 40ºC, 60ºC, 80ºC, 100ºC, 110ºC, 120ºC trong 12 giờ được so sánh với kết quả tính toán lý thuyết theo TCVN 5574:2012, TCVN 7888:2014. Bê tông geopolymer được dưỡng hộ trong điều kiện dưỡng hộ nhiệt ẩm. Kết quả thí nghiệm cho thấy cọc rỗng bê tông geopolymer và cọc rỗng bê tông xi măng cùng cấp độ bền B45 cho cường độ chịu uốn và chống nứt tương đương nhau.

Từ khóa: *ứng xử chịu uốn, bê tông geopolymer, cọc rỗng geopolymer, dưỡng hộ nhiệt ẩm.*

ABSTRACT

Geoplymer concrete is a green material studied to replace cement concrete. Geopolymer concrete has many applications in the structure of construction work should be studied and analyzed accurately in the calculation model. In this article the results of the geopolymer concrete pile experiment at six different curing temperatures of 40°C, 60°C, 80°C, 100°C, 110°C, 120°C for 12 hours were compared with those of theoretical calculation according to TCVN 5574: 2012 , TCVN 7888: 2014. Geopolymer concrete is cured in warm moist conditions. Experimental results show that concrete piles geopolymer concrete and cement piles at the same level of durability B45 for equal strength bending and anti-cracking.

Keywords: *flexural behavior, geopolymer concrete, hollow geopolymer piles, moist heat*

1. GIỚI THIỆU

Gepolymer là sản phẩm của quá trình phản ứng giữa vật liệu có nguồn gốc silic và nhôm với dung dịch kiềm có trong tro bay thảy ra từ việc đốt than của những nhà máy công nghiệp. Hiện nay Geopolymer đã và đang được nghiên cứu rộng rãi và cho thấy khả năng là vật liệu xanh thay thế bê tông xi măng trong một số ứng dụng do bê tông geopolymer vừa có các tính chất kỹ thuật tốt, đồng thời giảm khả năng gây hiệu ứng nhà kính khi thay thế xi măng pooclăng.

Nhà hóa học người Pháp Joseph Davidovits đã nghiên cứu và chế tạo thành công một loại xi măng mới bằng cách kết hợp nguyên liệu sét và dung dịch kiềm hoạt tính cao, tạo thành chất kết dính vô cơ mới có khả năng đóng rắn nhanh và cho cường độ ban đầu rất tốt với tên gọi là xi măng polymer. Công nghệ này nhanh chóng phát triển trên toàn thế giới và đang có ưu thế hơn xi măng protland do có ưu điểm về nguyên liệu sản xuất và phương pháp sản xuất thân thiện với môi trường [1-10]

Nghiên cứu trong nước:

TS.Phan Đức Hùng [11]: Kiểm chứng ứng xử chịu uốn của dầm bê tông geopolymer cốt thép sử dụng tro bay. Bài báo trình bày so sánh kết quả thực nghiệm với kết quả tính toán và mô phỏng trên các dầm bê tông cốt thép sử dụng bê tông geopolymer với tro bay là vật liệu nền. Kết quả thí nghiệm đã phản ánh đúng thực tế trong việc thiết kế cấp phối. Căn cứ các yếu tố ảnh

hưởng đến cường độ bê tông để thí nghiệm và chọn cấp phối phối ưu trước khi tiến hành đúc cấu kiện. Khi cấu kiện chịu tải trọng đạt từ 80% trở lên so với tải trọng phá hoại, chuyển vị dầm tăng nhanh, nguyên nhân do độ cứng của dầm giảm mạnh do các vết nứt phát triển nhanh. So với kết quả thí nghiệm thì kết quả tính toán lý thuyết thiên về an toàn và có thể sử dụng phần mềm mô phỏng để dự đoán ứng xử của cấu kiện thật.

- TS. Lê Anh Tuấn, TS.Nguyễn Tấn Khoa,TS.Phan Đức Hùng [12]: Nghiên cứu phân tích ứng xử của dầm bê tông Geopolymer bằng phương pháp phần tử hữu hạn. Sau khi nghiên và thí nghiệm rút ra các kết luận như sau: Sự sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn mô phỏng quá trình làm việc của dầm bê tông geopolymer cốt thép cho kết quả gần tương đồng với thực nghiệm. Mối quan hệ giữa các tính chất cơ học của bê tông geopolymer khi sử dụng mô phỏng số là tương đối phù hợp với mô hình bám dính, điều kiện dính bám này cũng tương tự khi sử dụng cho bê tông xi măng. Các ứng xử cơ học của bê tông geopolymer cũng có tính chất tương đồng như bê tông xi măng.

2. NGUYÊN VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP THÍ NGHIỆM

Nguyên vật liệu sử dụng đúc cấu kiện cọc rỗng bê tông geopolymer là tro bay, cát, đá và dung dịch hoạt hóa alkaline. Dung dịch hoạt hóa là sự kết hợp giữa sodium hydroxide và sodium silicate.

Chọn cấp phối bê tông geopolymer có cường độ cao nhất mang ra đúc cấu kiện cọc rỗng bê tông geopolymer.

2.1 Cấp phối

2.1.1 Cấp phối mẫu GPC và OPC

Bảng 1: *Cấp phối đúc cấu kiện cọc rỗng GPC (Lượng vật liệu trong 1m3 bê tông.)*

Ký hiệu	Đá (kg)	Cát (kg)	Tro bay (kg)	Na_2SiO_3 (kg)	NaOH 16M (kg)
GPC1	1076	593	412,0	164,8	82,4

Bảng 2: *Cấp phối đúc cấu kiện cọc rỗng OPC (Lượng vật liệu trong 1m3 bê tông.)*

Ký hiệu	Xi măng (kg)	Đá 1x2 (kg)	Cát (kg)	Nước (kg)
OPC	937	1102	179	240

Bê tông mẫu trụ OPC và GPC bằng nhau cường độ với độ bền là B45.

2.1.2 Cường độ mẫu nén OPC và GPC

Mẫu bê tông lăng trụ kích thước 150x300mm OPC và GPC sau khi dưỡng hộ theo đúng quy trình và thí nghiệm khả năng chịu nén, cường độ chịu nén bê tông được quy đổi về mẫu chuẩn lập phương theo tiêu chuẩn như bảng 3

Bảng 3: *Tổng hợp cường độ chịu nén của các cấp phối bê tông OPC và GPC*

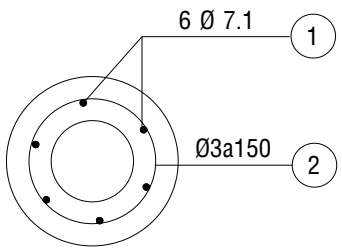
Cấp phối	**AL/FA**	**SS/SH**	**Cường độ chịu nén (MPa)**
OPC			58,5
GPC1	0,6	2	58,20

2.2 Cọc rỗng bê tông geopolymer

❖ **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 1,2.

Hình 1: Chi tiết mẫu cọc (Khuôn mẫu và lồng thép)



Hình 2: Chi tiết cấu tạo cốt thép dọc và cốt thép đai cọc rỗng OPC và GPC

❖ **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

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

- 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 [5]

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

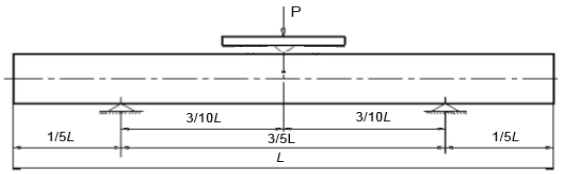
❖ **Qui trình sản xuất:**

- Bước 1: chuẩn bị nguyên vật liệu, khuôn cọc.
- Bước 2: nhào trộn và đúc cấu kiện.
- Bước 3: dưỡng hộ nhiệt 40ºC, 60ºC, 80ºC, 100ºC, 110ºC, 120ºC 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: Kiểm tra độ võng khi uốn nứt thân cọc.

2.3 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 gây nứt thực tế. Sơ đồ thí nghiệm như hình 2



Hình 3. 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 m/s^2;

m: Khối lượng cọc, tấn;

$m = 2{,}5\pi t(D - t)$, 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 khi gia tải không dừng lại khi xuất hiện vết nứt mà vẫn tiếp tục gia tải đến khi cọc bị gãy và ghi lại tải trọng lớn nhất.

❖ **Khả năng chịu tải theo lý thuyết**

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

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

Kết quả tính toán theo lý thuyết như bảng 5:

Bảng 4. Mô men tính toán

M_{tt} (kNm)	M_{crc} (kNm)	M_{br} (kNm)
	20,2	30,3

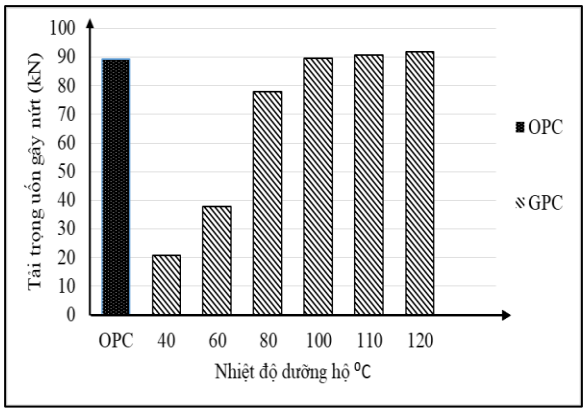
* Ghi chú: Mtt: tính toán theo TTGH I

Mtt: tính toán theo TTGH II

3. KẾT QUẢ

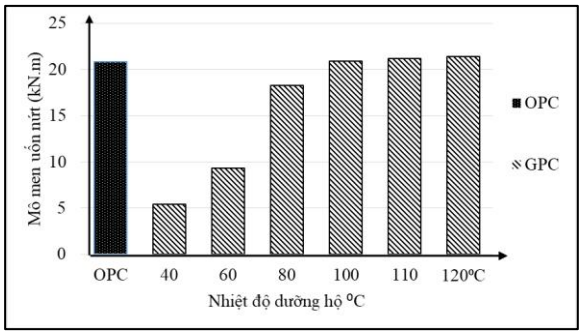
3.1 Khả năng bền nứt thân cọc

Mô men uốn nứt thực nghiệm cọc OPC M^{tn}_{crc} = 20,82 kNm phù hợp với lý thuyết tính toán M^{tt}_{crc} = 20,2 kNm. Chênh lệch nhau 3,07%.



Hình 4. Ảnh hưởng nhiệt độ dưỡng hộ đến tải trọng gây nứt.

Mô men uốn nứt thực nghiệm cọc GPC dưỡng hộ nhiệt 100ºC trong 12 giờ M^{tn}_{crc} = 20,88 kNm phù hợp với mô men uốn nứt thực nghiệm cọc OPC là M^{tn}_{crc} = 20,82 kNm. Chênh lệch nhau 2,9%.



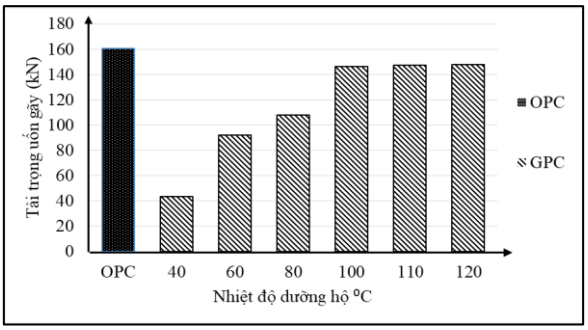
Hình 5. Ảnh hưởng nhiệt độ dưỡng hộ đến mô men uốn nứt.

Khi cọc dưỡng hộ nhiệt thấp hơn 100^0C, cường độ vật liệu chưa đạt tương đương cấp độ bền B45 (như tính toán lý thuyết), cho nên mô men kháng uốn và kháng nứt thực nghiệm cho giá trị nhỏ hơn tính toán theo lý thuyết.

Khi tăng nhiệt độ dưỡng hộ từ 40ºC đến 100ºC, khả năng chịu uốn nứt tăng khoảng 74%. Khi tiếp tục tăng nhiệt độ dưỡng hộ từ 100ºC đến 120ºC khả năng chịu uốn nứt tăng không đáng kể, do vậy trong giai đoạn này tăng thêm nhiệt hoặc kéo dài thời gian dưỡng hộ thì hiệu quả kinh tế sẽ không cao. Trong tương lai có thể sử dụng bê tông Geopolymer đúc cọc rỗng GPC dưỡng hộ ở nhiệt độ 100ºC, trong thời gian 12 giờ cho các cấu kiện bê tông sau này.

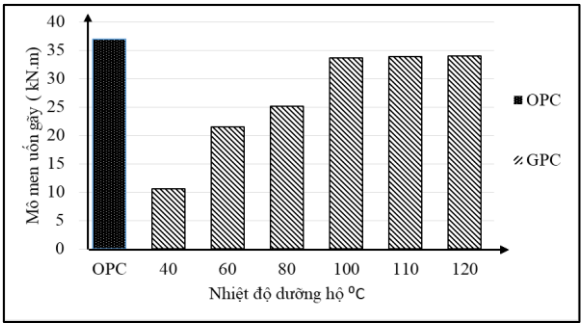
3.2 Khả năng bền gãy thân cọc

Mô men uốn gãy thực nghiệm cọc OPC M^{tn}_{br} = 36,96 kNm chưa phù hợp với lý thuyết tính toán M^{tt}_{br} = 30,30 kNm, sai lệch 21,98 %..



Hình 6. Ảnh hưởng nhiệt độ dưỡng hộ đến tải trọng uốn gãy thân cọc.

Mô men uốn gãy thực nghiệm cọc GPC dưỡng hộ nhiệt 100ºC trong 12 giờ M^{tn}_{br} = 33,66 kNm phù hợp với mô men uốn gãy thực nghiệm cọc OPC là M^{tn}_{br} = 36,96 kNm, sai lệch 9,8 %.

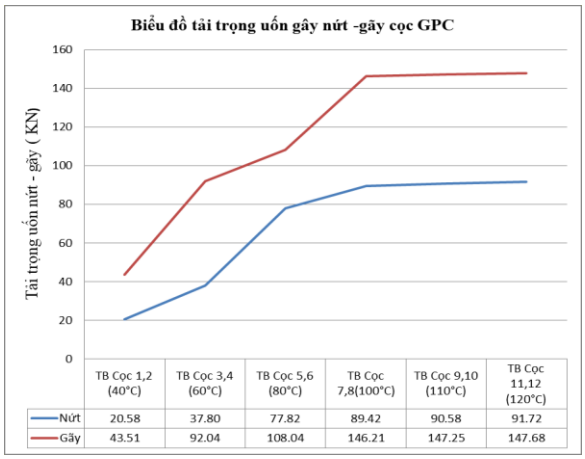


Hình 7. Ảnh hưởng nhiệt độ dưỡng hộ đến mô men uốn gãy thân cọc.

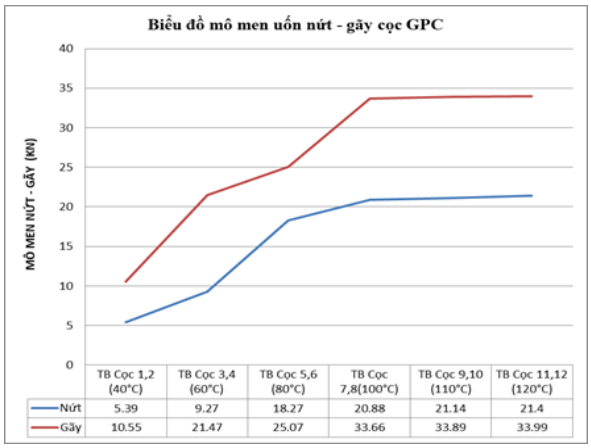
Tải trọng uốn gãy cọc rỗng OPC cao hơn cọc rỗng GPC, cho thấy khả năng dính bám cốt liệu: cát, xi măng, thép của cọc rỗng GPC kém hơn cọc rỗng OPC. Nhưng vấn đề này có thể cải thiện khi điều chỉnh tỉ lệ dung dịch alkaline/tro bay và tỉ lệ Na2SiO3/NaOH.

Cũng tương tự mô men uốn nứt, khi tăng nhiệt độ dưỡng hộ từ 40ºC đến 100ºC, mô men uốn gãy tăng khoảng 69%. Nhiệt độ dưỡng hộ từ 100ºC đến 120ºC khả năng chịu uốn gãy tăng không đáng kể, do vậy trong giai đoạn này tăng thêm nhiệt hoặc kéo dài thời gian dưỡng hộ thì hiệu quả kinh tế sẽ không cao. Trong tương lai có thể sử dụng bê

tông Geopolymer đúc cọc rỗng GPC dưỡng hộ ở nhiệt độ 100ºC, trong thời gian 12 giờ cho các cấu kiện bê tông sau này.



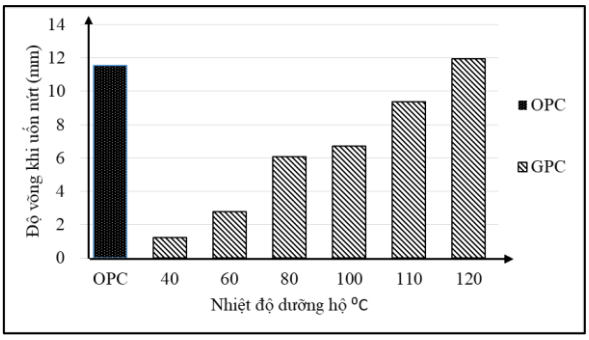
3.3 Mô men uốn nứt – gãy từ thực nghiệm



Hình 8: Mô men uốn nứt – gãy

Tóm lại: Nhiệt độ dưỡng hộ từ 40ºC đến nhiệt độ 100ºC, cường độ uốn nứt tăng khoảng 77%, cường độ uốn gãy tăng khoảng 70%, mô men uốn nứt tăng khoảng 74%, mô men uốn gãy tăng khoảng 69%. Nhiệt độ dưỡng hộ từ 100ºC đến 120ºC cường độ tăng không đáng kể, do vậy trong giai đoạn này tăng thêm nhiệt hoặc kéo dài thời gian dưỡng hộ thì hiệu quả kinh tế sẽ không cao. Trong tương lai có thể sử dụng bê tông Geopolymer đúc cọc rỗng GPC dưỡng hộ ở nhiệt độ 100ºC, trong thời gian 10 giờ cho các cấu kiện bê tông sau này.

3.4 Độ võng khi uốn nứt cọc rỗng OPC và GPC

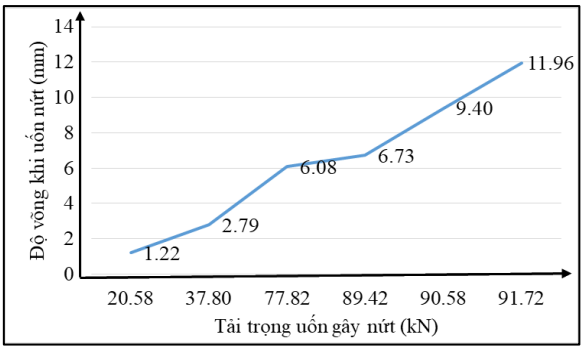


Hình 9: Biểu đồ độ võng khi uốn nứt của cọc rỗng OPC và GPC

Độ võng khi uốn nứt thực tế của cọc rỗng OPC và cọc rỗng GPC chênh lệch nhau đối với cọc rỗng OPC dưỡng hộ nhiệt ở 120ºC và cọc rỗng OPC ở nhiệt độ phòng 32ºC đến 35 ºC trong vòng 28 ngày dưỡng hộ. Cụ thể:

- Cọc GPC võng 11,96 mm
- Cọc OPC võng 11,55 mm

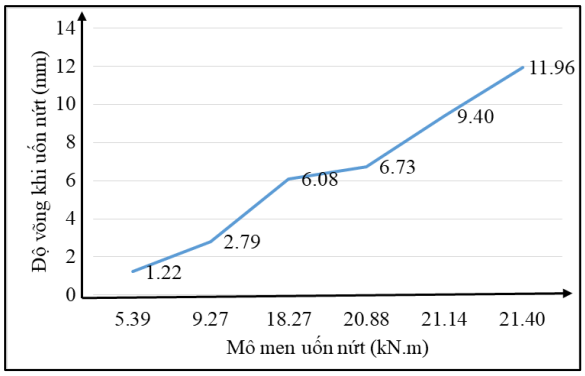
3.5 Tải trọng uốn nứt và độ võng khi uốn nứt



Hình 10: Biểu đồ tải trọng và độ võng uốn nứt

Độ võng tăng theo tải trọng uốn nứt, cho thấy cấu trúc cơ lý của cọc rỗng GPC ở nhiệt độ dưỡng hộ thấp từ 40ºC đến 80ºC không bền vững. Lúc đó độ võng chưa cao thì cọc xảy ra hiện tượng răng nứt cọc (vết nứt δ =1mm). Khi dưỡng hộ ở nhiệt độ từ 100ºC đến 120ºC cọc có độ bền cao và độ võng tăng lên khi xuất hiện vết nứt.

3.6 Mô men uốn nứt và độ võng khi uốn nứt



Hình 11: Biểu đồ mô men và độ võng uốn nứt

Tải trọng và mô men tăng tỷ lệ thuận khi dưỡng hộ nhiệt độ tăng dần, do đó vết nứt xuất hiện thì độ võng tăng theo. Nhiệt độ dưỡng hộ 40ºC thì độ võng 1,22 mm, mô men uốn nứt 5,39 kN.m, khi nhiệt độ dưỡng hộ tăng lên 120ºC thì độ võng tăng 90 %, mô men tăng 75%.

4. KẾT LUẬN:

Bài báo trình bày ảnh hưởng của nhiệt độ dưỡng hộ đến ứng xử của cọc rỗng bê tông Geopolymer. Trong đó, cọc rỗng bê tông Geopolymer được chế tạo và dưỡng hộ ở 6 mức nhiệt độ từ 40ºC đến 120ºC. Cọc bê tông xi băng có cùng cấp độ bền cũng được sản xuất và thí nghiệm làm cơ sở so sánh. Một số kết luận được rút ra như sau:

- Mẫu bê tông Geopolymer dưỡng hộ nhiệt ở 100ºC trong vòng 12 giờ cho cường độ chịu nén tương đương với mẫu bê tông xi măng và cả 2 đạt cấp độ bền B45. Cả 2 cấp phối này được dùng để sản xuất cọc bê tông rỗng.

- Cọc rỗng GPC dưỡng hộ nhiệt ở 100ºC cho kết quả mô men kháng uốn, mô men kháng nứt 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 này khoảng 9,7%.

- Từ kết quả thực nghiệm, xác định lại được quan hệ giữa mô men uốn nứt và mô men uốn gãy của cọc rỗng GPC cho từng trường hợp nhiệt độ dưỡng hộ.

- Nhiệt độ dưỡng hộ từ 40ºC đến 80ºC trong 12 giờ không đủ cung cấp nhiệt lượng để vật liệu được polymer hóa hoàn toàn do đó cường độ và khả năng chịu uốn của cọc không cao và chưa đạt giá trị tối ưu. Nhiệt độ dưỡng hộ lớn hơn 100ºC không có lợi về mặt kinh tế.

Nghiên cứu trên tạo tiền đề cho việc ứng dụng cọc rỗng GPC rộng rải trong các công trình xây dựng thấp tầng, cao tầng, nhằm đưa cọc rỗng bê tông Geopolymer ứng dụng rộng rãi trong ngành xây dựng. Sử dụng nguyên liệu có sẵn thải ra từ các nhà máy nhiệt điện, với giá thành thấp, giảm thiểu những tác hại do ô nhiễm môi trường gây ra.

Thực tế cho thấy, việc sử dụng bê tông gepolymer để sản xuất các cấu kiện bê tông đúc sẵn như dầm, cống, tấm panel, tấm lát vĩa hè… là rất phù hợp, vẫn đãm bảo chất lượng,làm giảm thiểu ô nhiễm môi trường, tiết kiện kinh phí, cần được đầu tư nghiên cứu và mở rộng các ứng dụng. Cần tiếp tục nghiên cứu đặc tính của cấu kiện GPC cũng như tìm ra những chỉ dẫn tính toán cụ thể về loại cọc này để có thể thương mại hóa sản phẩm ở quy mô lớn và phát triển trên thị trường hiện nay cũng như trong tương lai./.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] J. Davidovits (1991), Geopolymers - Inorganic polymeric new materials, Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, vol. 37, pp. 1633 - 1656.
[2] J. Davidovits (1994), Properties of Geopolymer cement, Proceding first International conference on Akaline cements and concretes, pp. 131-149.
[3] J. Davidovits (2011), Geopolymer Chemistry and Applications, Saint-Quentin, France, Geopolymer Institute.
[4] ThS. Tống Tôn Kiên, Phạm Thị Vinh Lanh, TS. Lê Trung Thành: Bê tông geopolymer – những thành tựu, tính chất và ứng dụng.
[5] Roy Della M. (1999) Alkali-activated cements. Opportunities and challenges. Cement

Concrete Research 29:249-254.
[6] Djwantoro Hardjito, S.E.W., Dody M.J.Sumajouw and B.VRanagn, Factors influencing the compressive strength of fly ash based Geopolymer concrete. Civile Engineering Dimension, 2004.
[7] Suresh.G.Patil and Manojkumar, Factors influencing compressive strength of Geopolymer concrete. IJRET : Inetrnational Journal of Research in Engineering and Technology, 2013.
[8] Nuruddin, M.F., et al., Compressive strength and interfacial transition zone characteristic of Geopolymer concrete with different cast In-Situ curing conditions. International Scholarly and Scientific Research&Innovation, 2011.
[9] Bakri, A.M.M.A., H.Kamarudin, and M.Binhussain, Microstructure study in optimization of high strength fly ash based geopolymer. Advanced Material Research, 2012: p. 2173- 2180.
[10] Zejak, R., I. Nikolic, and D. Blecic, Mechanical and microstruture properties of the fly ash based Geopolymer paste and mortar. Materials and technology, 2012: p. 535-540.
[11] TS.Phan Đức Hùng : Kiểm chứng ứng xử chịu uôn của dầm bê tông geopolymer cốt thép sử dụng tro bay.
[12] TS. Phan Đức Hùng, Nguyễn Tấn Khoa và TS.Lê Anh Tuấn: Nghiên cứu phân tích ứng xử của dầm bê tông geopolymer bằng phương pháp phần tử hữu hạn.

Tác giả chịu trách nhiệm bài viết:

Họ tên: Nguyễn Thanh Tân

Đơn vị: Ban Quản lý Dự án Đầu tư Xây dựng và Khu vực Phát triển Đô thị An Giang

Điện thoại: 0913124953

Email: thanhtanag@gamil.com

Xác nhận của Giáo viên hướng dẫn

TS. Phạm Đức Thiện

BÀI BÁO KHOA HỌC

THỰC HIỆN CÔNG BỐ THEO QUY CHẾ ĐÀO TẠO THẠC SỸ

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.