

NGHIÊN CỨU ỨNG XỬ DẦM BÊ TÔNG CỐT THÉP COMPOSITE 2 LỚP

STUDY BEHAVIOR TWO-LAYER COMPOSITE REINFORCED BEAMS

LÊ KHÁNH THẢO¹, PHAN ĐỨC HÙNG²

¹Học viên cao học, Khoa Xây dựng, Trường Đại Học Sư Phạm Kỹ Thuật TP.HCM

²Trường Đại Học Sư Phạm Kỹ Thuật TP.HCM

Tóm tắt: Bài báo sử dụng phương pháp thực nghiệm kết hợp tính toán lý thuyết theo tiêu chuẩn TCVN 5574-2012 sử dụng cho bê tông tạo từ chất kết dính xi măng Portland để nghiên cứu ứng xử của cấu kiện dầm bê tông cốt thép Composite 2 lớp tạo từ bê tông Geopolymer và bê tông xi măng. Kết quả nghiên cứu cho thấy ứng xử uốn của dầm thực nghiệm tương đồng với kết quả tính toán theo TCVN 5574-2012 khi dầm đạt 85% khả năng chịu lực. Tải trọng phá hủy của dầm khi tiến hành thực nghiệm phù hợp với tính toán theo tiêu chuẩn TCVN 5574-2012 chênh lệch 7%. Tải trọng hình thành vết nứt của việc tính toán theo tiêu chuẩn TCVN 5574-2012 có sự chênh lệch lớn hơn 28,7% so với thực nghiệm.

Từ khóa: Geopolymer, Bê tông Geopolymer, Composite, Dầm bê tông cốt thép.

Abstract: This paper uses the experimental method and calculating according to standard TCVN 5574-2012 for concrete made from Portland cement adhesives to study the behavior of 2 layers Composite reinforced concrete beam composite made of Geopolymer concrete and concrete of cement. The results show that the bending behavior of the beam is similar to calculating according to standard in TCVN 5574-2012 when the beam reaches 85% bearing capacity. The destructive load of the beams when carried out in accordance with the calculation TCVN 5574-2012 difference from 7%. The load cracks forming calculated according to TCVN 5574-2012 have a difference from more than 28,7% compared with experimental.

Key words: Geopolymer, Geopolymer concrete, Composite, Reinforced concrete beams.

1. GIỚI THIỆU CHUNG

Geopolymer là loại vật liệu mà bản chất cơ bản của nó là một polymer vô cơ, đã được các tác giả trên thế giới nghiên cứu từ những năm cuối của thế kỷ XX. Sau khi Joseph Davidovits là đã công bố đã tổng hợp thành công polymer từ các khoáng chất năm 1972 (Davidovits, 1972) [1]. Từ tiền đề trên, Geopolymer được xem như là một loại vật liệu xanh và được nghiên cứu ứng dụng trong ngành vật liệu và dùng chế tạo bê tông trong xây dựng.

Tuy có những đặc tính tương đồng như bê tông truyền thống như là về cường độ, khả năng làm việc với cốt thép (Sofi, 2007) [2]. Thậm chí, bê tông Geopolymer còn có những tính chất vượt trội hơn hẳn so với bê tông truyền thống hạn chế được khí thải CO₂ khi sản xuất so với bê tông xi măng tạo từ chất kết dính xi măng portland. Tuy nhiên, bê tông Geopolymer vẫn rất ít được áp dụng thực tế bởi chúng phải trải qua giai đoạn dưỡng hộ nhiệt mới đạt cường độ chính vì thế mà nó không thể thi công đổ toàn khối ngoài công trình. Điều nay

cho thấy việc sử dụng bê tông Geopolymer chỉ phù hợp tại nhà máy hoặc thi công bán phần. Một phần cấu kiện sử dụng bê tông Geopolymer đổ tại nhà máy, sau đó vận chuyển đến lắp dựng vào vị trí tại công trình và thi công phần còn lại với bê tông xi măng.

Trong bài báo này tập trung thực hiện khảo sát ứng xử của dầm bê tông cốt thép Composite 2 lớp vật liệu bê tông xi măng và bê tông Geopolymer bằng phương pháp thực nghiệm, so sánh với việc tính toán lý thuyết theo TCVN 5574-2012 sử dụng cho bê tông sử dụng chất kết dính xi măng portland.

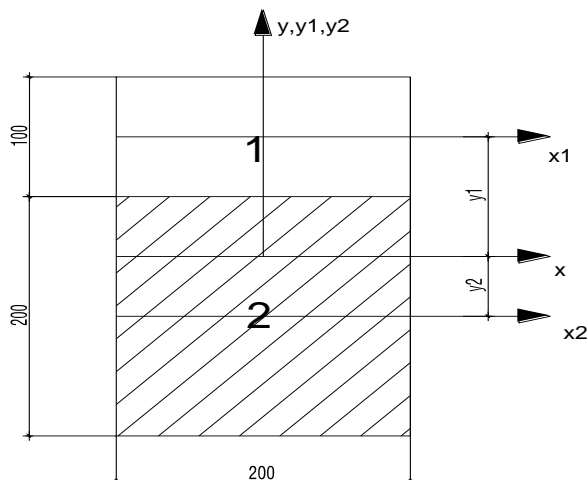
2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

2.1. Tính toán cấu kiện dầm Composite 2 lớp

Thông qua kết quả nghiên cứu ứng xử và cường độ của các cấu kiện bê tông Geopolymer gốc tro bay tương tự như bê tông xi măng (Sumajouw, 2006) [3]. Do đó, trong nghiên cứu này những tính toán cho cấu kiện dầm Composite 2 lớp chế tạo từ bê tông

Geopolymer và bê tông xi măng sẽ được lấy theo trong tiêu chuẩn hiện hành TCVN 5574-2012 kết cấu bê tông và bê tông cốt thép [4], sau khi đã đồng nhất hóa hai lớp vật liệu.

2.2. Đồng nhất hóa dầm Composite 2 lớp



Hình 2. Mặt cắt ngang dầm Composite 2 lớp

Cho dầm có tiết diện chữ nhật được tạo từ hai loại vật liệu khác nhau.

Vật liệu thứ nhất có môđul đàn hồi E_1 và vật liệu thứ hai có môđul đàn hồi E_2 kích thước tiết diện như (Hình 2).

Giả thuyết trục trung hòa của cấu kiện tạo từ hai loại bê tông, trùng với trục trung hòa hình học thì độ cứng kháng uốn của tiết diện dầm khi đó sẽ được xác định theo công thức (1).

$$EI = E_1 I_1 + E_2 I_2 \quad (1)$$

Trong đó:

- I_1 là moment quán tính của tiết diện tạo từ vật liệu thứ nhất đối với trục trung hòa.

$$I_1 = \frac{b_1 \times h_1^3}{12} + A_1 \times y_1^2 \quad (2)$$

- I_2 là moment quán tính của tiết diện tạo từ vật liệu thứ hai đối với trục trung hòa.

$$I_2 = \frac{b_2 \times h_2^3}{12} + A_2 \times y_2^2 \quad (3)$$

3. NGUYÊN VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP THÍ NGHIỆM

3.1. Nguyên vật liệu

3.1.1. Nguyên vật liệu chế tạo bê tông Geopolymer

Nguyên vật liệu chế tạo bê tông Geopolymer bao gồm: Tro bay có hàm lượng calcium thấp, dung dịch hoạt hóa, cốt liệu lớn, cốt liệu nhỏ.

Tro bay loại F được sử dụng để chế tạo bê tông Geopolymer có khối lượng riêng 2150 kg/m³, độ mịn 94% lượng tro bay lọt qua sàng có cỡ sàng là 0,08 mm. Thành phần hóa học được trình bày bảng 1.

Bảng 1. Thành phần hóa học của tro bay

Oxit	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	K ₂ O và Na ₂ O	MgO	SO ₃	MKN
Hàm lượng (%)	51,7	31,9	3,48	1,21	1,02	0,81	0,25	9,63

Dung dịch hoạt hóa là sự kết hợp giữa natri hydroxit và thủy tinh lỏng. Natri hydroxit ở dạng vảy rắn, màu trắng đục, độ tinh khiết trên 90%, có khối lượng riêng 2130 kg/m³. Thủy tinh lỏng là dung dịch có màu trắng trong, sệt. Thành phần hóa học: SiO₂=30,1%, Na₂O=9,4%, H₂O=60,5%. Tỷ lệ SiO₂/Na₂O=3,2, tỷ trọng 1,42 ± 0,01 g/ml.

Cốt liệu lớn và cốt liệu nhỏ được sử dụng là đá và cát, có khối lượng riêng lần lượt là

2310kg/m³ và 2510kg/m³. Cỡ hạt lớn nhất của đá là D_{max}=20mm. Cát có môđul độ lớn là 2,57.

3.1.2. Nguyên vật liệu chế tạo bê tông xi măng

Thành phần nguyên vật liệu chế tạo bê tông xi măng cũng giống bê tông Geopolymer, khác biệt chủ yếu là việc sử dụng chất kết dính Geopolymer cho bê tông Geopolymer và chất kết dính xi măng Portland với nước cho bê tông xi măng.

Xi măng sử dụng trộn bê tông lấy theo TCVN 6260:2009. Xi măng Portland hỗn hợp – yêu cầu kỹ thuật.

Nước sử dụng trộn bê tông theo TCVN 4560:2012. Nước trộn bê tông và vữa – yêu cầu kỹ thuật. Nước được sử dụng trong thí nghiệm là nước thủy cục.

3.2. Cấp phối

Bảng 2. Cấp phối 1 m³ bê tông Geopolymer cho cấu kiện dầm

STT	Cấp phối	Đá (kg)	Cát (kg)	Tro bay (kg)	TTL (kg)	NaOH (kg)	TTL/NaOH	Mol (M)
1	CP1-1 (20MPa)	1079	593	418	185	75	2,5	16
2	CP1-2 (30MPa)	1061	584	441	189	75,6	2,5	16

Bảng 3. Cấp phối 1 m³ bê tông xi măng cho cấu kiện dầm

STT	Cấp phối	Đá (kg)	Cát (kg)	Nước (lít)	Xi măng (kg)
1	CP2-1 (20MPa)	1238,4	676,2	185	278
2	CP2-2 (30MPa)	1209,6	630	185	370

3.3. Phương pháp thí nghiệm

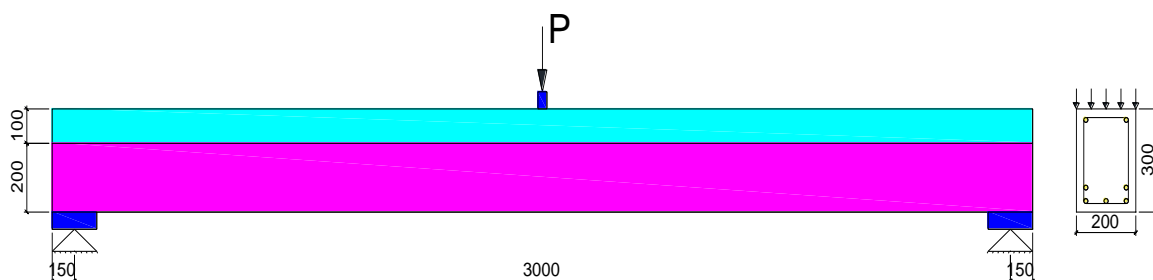
Dầm được chế tạo với kích thước 200x300x3300mm, số lượng 4 dầm, ký hiệu lần lượt là D1, D2, D3, D4 để nghiên cứu ứng xử dầm bê tông cốt thép Composite 2 lớp tạo từ bê tông Geopolymer và bê tông xi măng bằng phương pháp thí nghiệm uốn 3 điểm tại phòng thí nghiệm công trình, Đại Học Sư Phạm Kỹ Thuật TPHCM. Trong đó, dầm D1, D2 sử dụng cấp phối 20MPa và D3, D4 sử dụng cấp phối 30MPa.

Bề mặt tiếp xúc của hai lớp bê tông được xử lý mặt bằng một lớp sika latex nhằm tăng

liên kết của hai lớp bê tông và tránh sự tách lớp giữa hai lớp bê tông khi chịu lực.

Chuyển vị, biến dạng của dầm được đo bằng những thiết lần lượt là Strain Gauges và đầu đo chuyển vị. Những thiết bị này được gắn trực tiếp vào những vị trí khảo sát (tại vị trí L/2, L/4 đối với đầu đo chuyển vị, tại vị trí L/2 đối với Strain Gauges) và kết nối với một thiết bị ghi nhận kết quả.

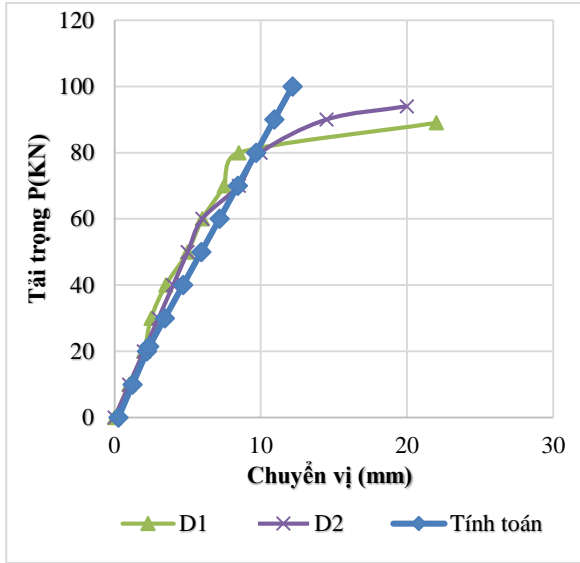
Vết nứt được quan sát bằng mắt thường và ghi nhận lại ở những cấp tải. Thí nghiệm sẽ kết thúc khi tải trọng thí nghiệm đạt đến cấp tải phá hoại của dầm.



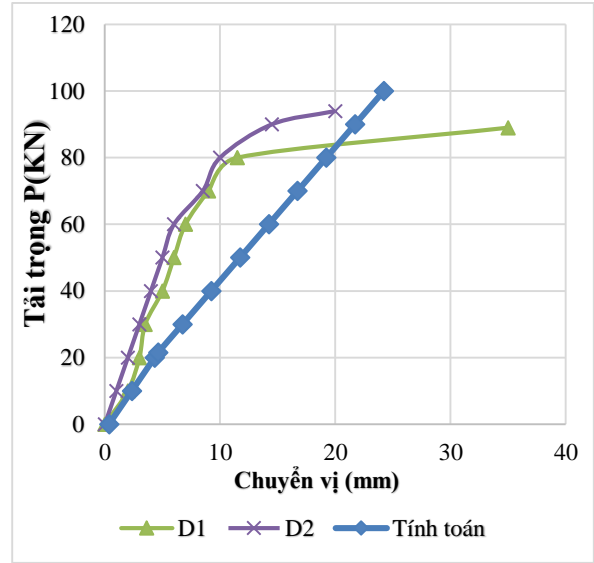
Hình 2. Cấu tạo và sơ đồ thí nghiệm dầm Composite 2 lớp

4. KẾT QUẢ, SO SÁNH

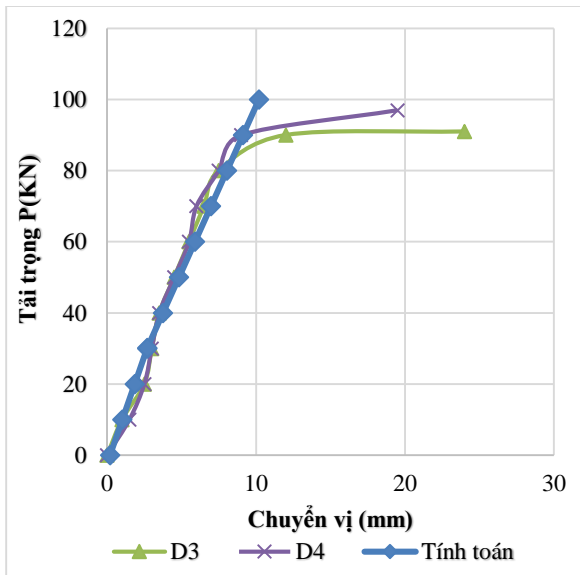
4.1. Chuyển vị



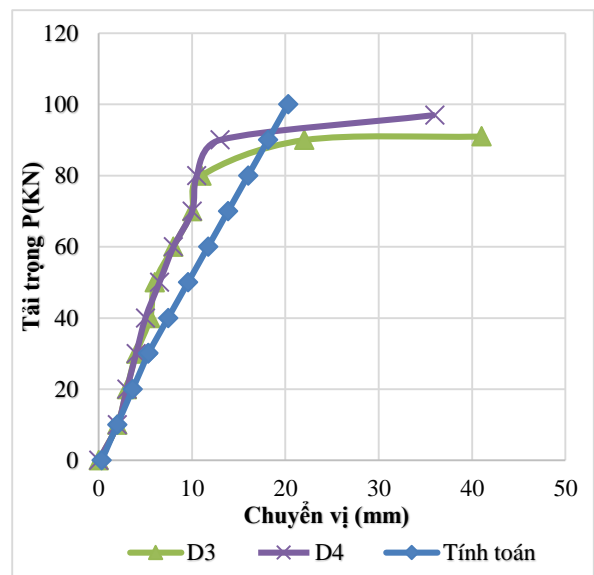
a) Cấp phối 20MPa, vị trí L/4



b) Cấp phối 20MPa, vị trí L/2



c) Cấp phối 30MPa, vị trí L/4



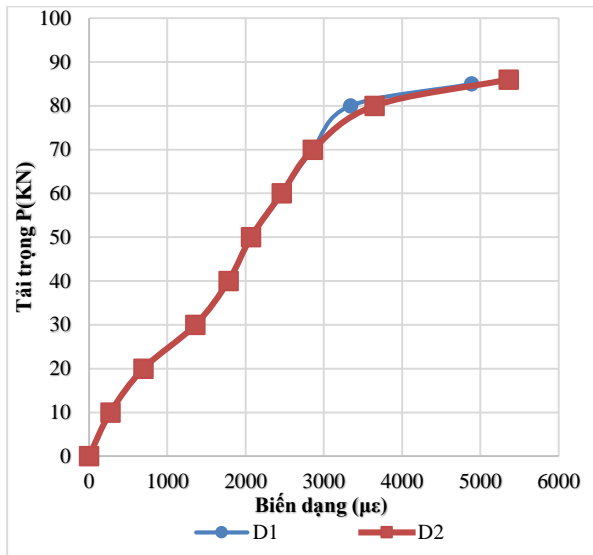
b) Cấp phối 20MPa, vị trí L/2

Hình 3. Đường quan hệ giữa chuyển vị và tải trọng

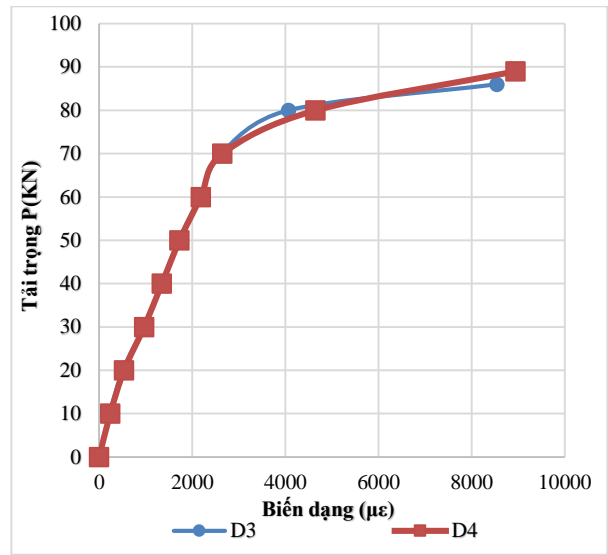
Kết quả đo chuyển vị từ thực nghiệm cho thấy, giá trị độ võng của cả hai cấp phối khi tải trọng đạt đến 80 KN phát triển tuyến tính phù hợp với kết quả tính toán lý thuyết theo tiêu chuẩn TCVN 5574-2012 sử dụng cho cấu kiện bê tông và bê tông cốt thép. Tuy nhiên khi tải trọng lớn hơn 80KN thì độ võng của cấu kiện sử dụng hai cấp phối 20MPa và 30MPa bị phân

tán và có xu hướng tăng nhanh và phá hoại. Khi cấu kiện đảm chịu tải trọng tới hạn (từ cấp tải 80KN trở lên) thì giá trị độ võng của cấu kiện sử dụng cấp phối 20MPa tăng nhanh và cao hơn so với cấp phối 30MPa. Điều này cho thấy cường độ chịu nén của bê tông vùng nén khi uốn của cấp phối 30MPa tốt hơn so với cấp phối 20MPa và phù hợp với lý thuyết.

4.2. Biến dạng



a) Cấp phối 20MPa



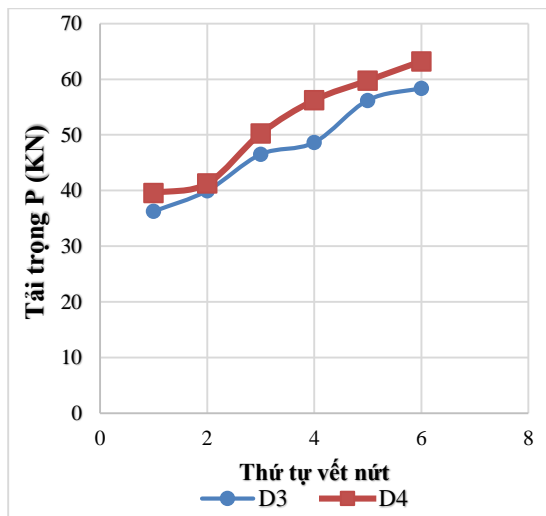
b) Cấp phối 30MPa

Hình 4. Đường quan hệ giữa biến dạng và tải trọng

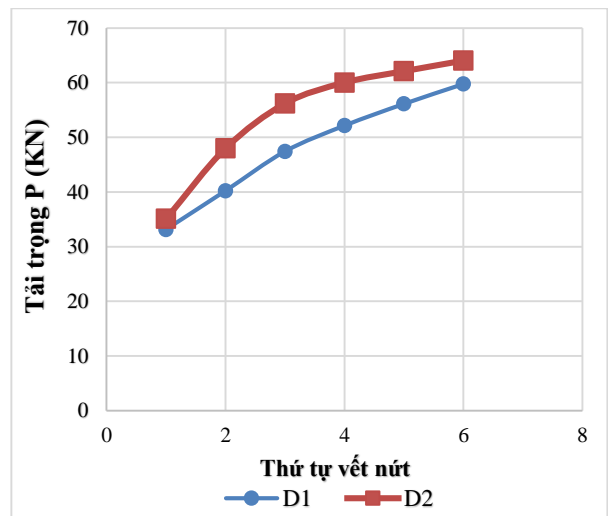
Quan sát biểu đồ cho thấy, khi tải trọng tăng biến dạng tăng. Khi tải trọng nhỏ hơn 80kN, biểu đồ biến dạng tuyến tính ở cả 2 cấp phối. Tuy nhiên, biến dạng tăng nhanh khi tải

trọng lớn hơn 80KN. Điều này cho thấy dầm không còn ở trạng thái ứng xử tuyến tính mà đã chuyển sang trạng thái ứng xử phi tuyến cho đến khi phá hoại.

4.3. Tải trọng hình thành vết nứt và phá hoại



a) Cấp phối 20MPa



b) Cấp phối 30MPa

Hình 5. Tải trọng xuất hiện vết nứt của dầm tiến hành thí nghiệm

Sự hình thành vết nứt: Quan sát thực nghiệm ta thấy dầm có hai loại vết nứt đó là vết nứt dọc do moment tại giữa dầm gay ra và vết nứt ngang do sự trượt bề mặt của hai lớp bê tông. Vết nứt dọc xuất hiện đầu tiên tại vị trí giữa dầm, đối với dầm sử dụng cả hai cấp phối, khi tải trọng tăng dần, các vết nứt dọc tiếp theo phát triển dần sang hai bên và có tính chất đối xứng. Số lượng vết nứt xuất hiện ở cả hai cấp phối cho đến khi cấu kiện bị phá hoại là tương

đương nhau. Điều đó cho thấy sự làm việc của cấu kiện dầm bê tông cốt thép Composite tạo từ bê tông Geopolymer và bê tông xi măng là phù hợp với thực tế. Vết nứt ngang xuất hiện và phát triển khi chuyển vị của dầm tăng nhanh, khi dầm chuẩn bị chuyển sang giai đoạn phá hoại. Tải trọng xuất hiện vết nứt đầu tiên và các cấp tải xuất hiện vết nứt tiếp theo của cấp phối 30MPa có giá trị cao hơn so với cấp

phối 20MPa tuy nhiên, khoảng cách là không lớn.

Khả năng chịu lực của cấu kiện theo tính toán dầm sử dụng cấp phối 30MPa lớn hơn cấp phối 20MPa. Tuy nhiên sự chênh lệch này không đáng kể (phù hợp kết quả thí nghiệm) mặc dù cường độ chịu nén của hai cấp phối có sự chênh lệch rất cao (10MPa). Điều đó cho

thấy khả năng chịu lực còn cấu kiện dầm còn phụ thuộc vào yếu tố khác ngoài bê tông, đặc biệt là sự làm việc giữa cốt thép và hai loại bê tông. Tải trọng phá hoại: Tải trọng phá hoại trung bình của cấu kiện sử dụng cấp phối 20MPa đạt khoảng 91,5KN thấp hơn khoảng 2,6% so với cấp phối 30MPa là 94KN.

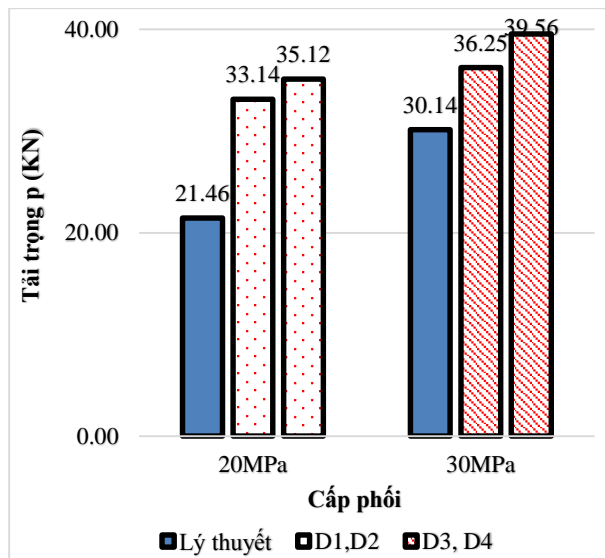


a) Vết nứt giữa dầm

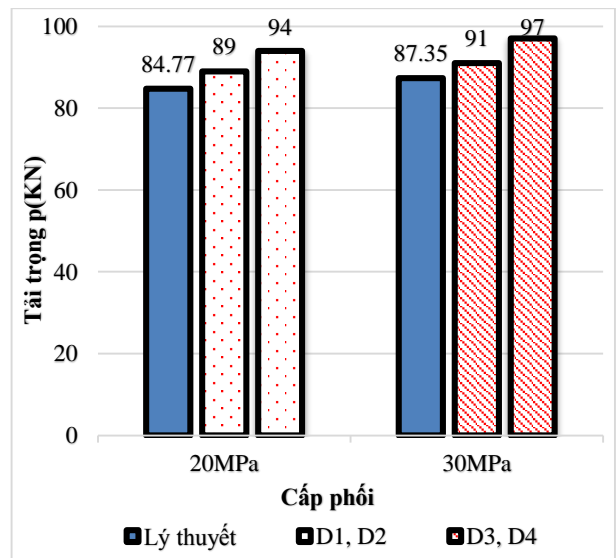


b) Vết nứt mặt tiếp xúc 2 lớp bê tông

Hình 6. Vết nứt dầm khi phá hoại tiến hành thí nghiệm



a) Tải trọng xuất hiện vết nứt



b) Tải trọng phá hoại

Hình 7. Tải trọng xuất hiện vết nứt và phá hoại của dầm thí nghiệm và tính toán

Từ kết quả tải trọng xuất hiện vết nứt của dầm của cả hai cấp phối cho thấy có một sự chênh lệch lớn tải trọng xuất hiện vết nứt tính toán lý thuyết theo tiêu chuẩn TCVN 5574-2012 là bé hơn so với thực nghiệm chênh lệch khoảng 27,8% điều này có hai nguyên nhân. Thứ nhất lý thuyết theo tiêu chuẩn TCVN 5574-2012 không phù hợp áp dụng cho cấu kiện loại này. Thứ hai cường độ chịu kéo của

bê tông Geopolymer tính theo những nghiên cứu trước là chưa phù hợp vì nguồn nguyên liệu chế tạo chất kết dính khác nhau.

Tải trọng giới hạn của dầm sử dụng hai cấp phối tiến hành tính toán lý thuyết theo tiêu chuẩn TCVN 5574-2012 dành cho cấu kiện bê tông xi măng và kết quả thực nghiệm có sự tương đồng chênh lệch khoảng 7%.

5. KẾT LUẬN

Nghiên cứu thực nghiệm ứng xử của cấu kiện dầm bê tông cốt thép Composite 2 lớp chế tạo từ bê tông Geopolymer và bê tông xi măng. Các kết quả thí nghiệm được so sánh với kết quả tính toán theo tiêu chuẩn TCVN 5574-2012 của dầm sử dụng 2 cấp phối 20MPa và 30MPa có một số kết luận sau:

- Kết quả độ võng của dầm đo từ thí nghiệm và tính toán theo tiêu chuẩn TCVN 5574-2012 của hai cấp phối 20MPa và 30MPa có sự tương đồng nhau khi tải trọng nhỏ hơn 80KN chuyển vị phát triển tuyến tính với tải trọng. Khi tải trọng lớn hơn 80KN chuyển vị nhanh dầm chuyển sang phi tuyến vì dầm đang bước vào giai đoạn phá hoại.
- Tải trọng phá hoại của dầm bê tông cốt thép Composite 2 lớp thì phù hợp với kết quả nghiên cứu Behnia et al. (2016) [5]. Lý do, tải trọng phá hoại của dầm Composite 2 lớp nằm giữa tải trọng phá hoại tính toán theo TCVN 5574-2012 đại diện cho dầm bê tông xi măng và tải trọng phá hoại dầm Geopolymer. Điều này cho thấy sự phân lớp bê tông không ảnh hưởng đến khả năng chịu tải của dầm.
- Sự hình thành và phát triển vết nứt của dầm thực nghiệm và tính toán lý thuyết có 2 sự khác biệt. Thứ nhất tải trọng hình thành vết nứt dọc của dầm bê tông xi măng lớn hơn dầm Composite 2 lớp. Điều này cho thấy tính toán nứt cho cấu kiện dầm Composite 2 lớp từ bê tông Geopolymer và bê tông xi măng theo tiêu chuẩn TCVN 5574-2012 kết cấu bê tông

và bê tông cốt thép hoặc cường độ chịu kéo của bê tông Geopolymer tính theo những nghiên cứu trước chưa phù hợp. Thứ hai dầm Composite 2 lớp có xuất hiện vết nứt ngang tại mặt phân cách của hai lớp bê tông khi dầm chuyển sang giai đoạn phá. Vì vậy, vết nứt này không ảnh hưởng đến khả năng chịu tải của dầm.

6. TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Davidovits J., “Process for the fabrication of sintered panels and panels resulting from the application of this process”, Institut Géopolymère, 2015.

[12] Sofi M, Van Deventer J.S.J, Mendis P.A & Lukey C.C., “Bond performance of reinforcing bars in inorganic polymer concrete (IPC)”, *Journal of Materials Science*, vol. 42, pp3107-3116, 2007.

[3] Sumajouw M.D.J, Rangan B.V., “Low-calcium fly ash-based geopolymer concrete structural members: Beams and columns”. Research Report GC-2, Faculty Engineering and Computing, Curtin University of Technology, Perth Western Australia, 2006.

[4] TCVN 5574:2012, “Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép – tiêu chuẩn thiết kế”.2012

[5] Behnia A, Ranjbar N, Chai H.K, Ubagaram J.A & Jumaat M.Z., “Fracture Evaluation of Multi-layered Precast Reinforced Geopolymer Concrete Composite Beams by Incorporating Acoustic Emission into Mechanical Analysis”, *Journal Construction and Building Materials*, vol.127, pp 274-283, 2016.

Tác giả chịu trách nhiệm bài viết:

Họ tên: Lê Khánh Thảo

Đơn vị:

Điện thoại: 097.7749.083

Email: khanhthao0992@gmail.com

Xác nhận của giảng viên hướng dẫn

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.