

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

BỘ XÂY DỰNG

TRƯỜNG ĐẠI HỌC XÂY DỰNG MIỀN TÂY

TRƯƠNG HOÀNG PHÚC

**NGHIÊN CỨU ỨNG XỬ UỐN CỦA DẦM BÊ TÔNG
CỐT LIỆU NHẹ KERAMZIT SỬ DỤNG THANH
POLYMER CỐT SỢI THỦY TINH**

**TÓM TẮT
ĐỀ ÁN TỐT NGHIỆP THẠC SĨ KỸ THUẬT XÂY DỰNG**

Vĩnh Long – 2025

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

BỘ XÂY DỰNG

TRƯỜNG ĐẠI HỌC XÂY DỰNG MIỀN TÂY

TRƯỜNG HOÀNG PHÚC

**NGHIÊN CỨU ỨNG XỬ UỐN CỦA DÀM BÊ TÔNG
CỐT LIỆU NHẹ KERAMZIT SỬ DỤNG THANH
POLYMER CỐT SỢI THỦY TINH**

Ngành: KỸ THUẬT XÂY DỰNG

Mã số: 8.58.02.01

NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC:

1. TS. NGÔ VĂN THỨC



2. GS. TS. NGUYỄN TIẾN CHƯƠNG



Vĩnh Long – 2025

LỜI CAM ĐOAN

Tôi xin cam đoan đây là công trình nghiên cứu của riêng tôi.

Các số liệu, kết quả được trình bày trong đề án là trung thực, khách quan và chưa được ai công bố trong bất kỳ công trình nào khác.

Vĩnh Long, ngày 22 tháng 6 năm 2025

Tác giả đề án



Trương Hoàng Phúc

LỜI CẢM ƠN

Tác giả đề án xin bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc đối với Thầy TS. Ngô Văn Thức và Thầy GS. TS. Nguyễn Tiến Chương đã tận tình hướng dẫn cho nhiều chỉ dẫn khoa học có giá trị và thường xuyên động viên, tạo mọi điều kiện thuận lợi, giúp đỡ Tác giả trong suốt quá trình học tập, nghiên cứu hoàn thành đề án và nâng cao năng lực khoa học của Tác giả.

Tác giả xin chân thành cảm ơn các Thầy Cô, các chuyên gia, các Nhà khoa học trong và ngoài Trường Đại học Xây dựng Miền Tây đã giúp đỡ và đóng góp ý kiến để đề án được hoàn thiện.

Tác giả xin chân thành cảm ơn Lãnh đạo Ban Quản lý dự án nơi Tác giả đang công tác đã tạo điều kiện thuận lợi để Tác giả hoàn thành tốt đề án.

Cuối cùng Tác giả bày tỏ lòng biết ơn đối với gia đình, người thân, bạn bè,... đã động viên khích lệ và chia sẻ những khó khăn với Tác giả trong suốt thời gian học tập và thực hiện đề án.

Tác giả đề án



Trương Hoàng Phúc

MỤC LỤC

LỜI CAM ĐOAN.....	1
LỜI CẢM ƠN.....	2
MỞ ĐẦU	5
1. Lí do lựa chọn đề tài.....	5
2. Mục tiêu nghiên cứu.....	5
3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu.....	5
4. Phương pháp nghiên cứu.....	5
5. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của đề tài	5
6. Kết cấu đề án.....	5
7. Những đóng góp mới của đề án	6
CHƯƠNG 1:	6
TỔNG QUAN VỀ BÊ TÔNG CỐT LIỆU NHẹ KERAMZIT	6
SỬ DỤNG THANH POLYMER CỐT SỢI THỦY TINH.....	6
1.1. Tổng quan bê tông cốt liệu nhẹ sỏi Keramzit.....	6
1.1.1. Giới thiệu về bê tông cốt liệu nhẹ	6
1.1.2. Giới thiệu về sỏi Keramzit.....	6
1.1.3. Giới thiệu về bê tông cốt liệu nhẹ sử dụng sỏi Keramzit	7
1.1.4. Các nghiên cứu trong và ngoài nước	7
1.2. Tổng quan bê tông sử dụng thanh Polymer cốt sợi thủy tinh.....	7
1.2.1. Giới thiệu về thanh Polymer cốt sợi thủy tinh.....	7
1.2.2. Tính chất của thanh Polymer cốt sợi thủy tinh.....	8
1.2.3. Các nghiên cứu trong và ngoài nước	8
1.3. Những nghiên cứu về thực nghiệm ứng xử uốn của dầm bê tông cốt thép.....	8
1.4. Kết luận chương I.....	8
CHƯƠNG 2:	9
CƠ SỞ KHOA HỌC THIẾT KẾ CHẾ TẠO THÀNH PHẦN.....	9
BÊ TÔNG CỐT LIỆU NHẹ KERAMZIT	9
2.1. Những cơ sở lý thuyết về tính chất cơ học của bê tông cốt liệu nhẹ.....	9
2.1.1. Cường độ chịu nén.....	9
2.1.2. Cường độ chịu uốn.....	9
2.1.3. Mô đun đàn hồi	9
2.1.4. Khối lượng thể tích	9
2.1.5. Độ bền.....	9
2.2. Thành phần chế tạo	9
2.2.1. Xi măng.....	9
2.2.2. Cát.....	10
2.2.3. Nước.....	10
2.2.4. Muối Silic	10
2.2.5. Phụ gia dẻo.....	11
2.2.6. Sỏi Keramzit	11
2.3. Thành phần cấp phối chế tạo bê tông cốt liệu nhẹ theo phương pháp ACI 211-2:1998.....	11
2.4. Phương pháp chế tạo	13
2.5. Kết luận chương II.....	14

CHƯƠNG 3:	15
NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM CÁC TÍNH CHẤT VÀ ỨNG XỬ UỐN CỦA DẦM BÊ TÔNG CỐT LIỆU NHẹ KERAMZIT SỬ DỤNG	15
THANH POLYMER CỐT SỢI THUYẾT TÍNH	15
3.1. Đặt vấn đề	15
3.2. Chuẩn bị mẫu dầm và phương pháp thí nghiệm	15
3.2.1. Chuẩn bị mẫu dầm	15
3.2.2. Thí nghiệm các tính chất của bê tông cốt liệu nhẹ sử dụng sỏi Keramzit	16
3.2.2.1. Xác định cường độ chịu nén và khối lượng thể tích	16
3.2.2.2. Mô đun đàn hồi	16
3.2.2.3. Cường độ chịu kéo khi uốn	16
3.2.3. Phương pháp thí nghiệm	17
3.2.3.1. Thiết bị hỗ trợ	17
3.2.3.2. Bố trí thí nghiệm	17
3.2.3.3. Quy trình thí nghiệm	18
3.3. Kết quả thí nghiệm	18
3.3.1. Quan hệ tải trọng - độ võng	18
3.3.2. Quan hệ tải trọng - biến dạng	18
3.3.3. Đặc điểm phá hủy	19
3.4. Kết luận chương III	20
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ	20
I. Kết luận	20
II. Kiến nghị	20
CÁC CÔNG TRÌNH NGHIÊN CỨU LIÊN QUAN ĐẾN ĐỀ ÁN	20
ĐƯỢC CÔNG BỐ CỦA TÁC GIẢ	20

MỞ ĐẦU

1. Lí do lựa chọn đề tài

Sỏi Keramzit là loại cốt liệu nhẹ có cấu trúc rỗng giúp giảm khối lượng thể tích của bê tông từ đó giảm tải trọng bản thân trong công trình, có khả năng cách nhiệt, cách âm và góp phần nâng cao độ bền cho kết cấu. Mặt khác, thanh GFRP là vật liệu có cường độ kéo cao, chống ăn mòn tốt và trọng lượng nhẹ hơn thép phù hợp trong môi trường xâm thực như vùng ven biển. Sự kết hợp giữa hai loại vật liệu này tạo ra một loại dầm bê tông nhẹ, bền, hiệu quả, phù hợp với xu hướng phát triển xây dựng công trình hiện đại và bền vững.

Từ những đòi hỏi cấp thiết trên, đề tài “*Nghiên cứu ứng xử uốn của dầm bê tông cốt liệu nhẹ Keramzit sử dụng thanh Polymer cốt sợi thủy tinh*” ứng dụng cho công trình xây dựng đã được tác giả đề án chọn làm nghiên cứu.

2. Mục tiêu nghiên cứu

Nghiên cứu chế tạo bê tông cốt liệu nhẹ sử dụng sỏi Keramzit.

Xác định các đặc tính của bê tông cốt liệu nhẹ: cường độ chịu nén, cường độ chịu kéo khi uốn, mô đun đàn hồi.

Đánh giá ứng xử uốn của dầm bê tông cốt liệu nhẹ sỏi Keramzit sử dụng thanh Polymer cốt sợi thủy tinh.

3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

- *Đối tượng nghiên cứu*: Thực hiện trên bê tông có cấp độ bền B20 - M250; Nghiên cứu bê tông cốt liệu nhẹ sỏi Keramzit sử dụng thanh Polymer cốt sợi thủy tinh.

- *Phạm vi nghiên cứu*: Nghiên cứu các tính năng của bê tông: cường độ chịu nén, cường độ chịu kéo khi uốn, khối lượng thể tích, mô đun đàn hồi; Khảo sát các ứng xử uốn của dầm: quan hệ tải trọng và độ võng, quan hệ tải trọng và biến dạng, đặc điểm phá hủy (nứt).

4. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu lý thuyết về bê tông cốt liệu nhẹ sử dụng sỏi Keramzit, lựa thành phần cấp phối để chế tạo ra dầm.

Thực nghiệm ứng xử uốn của dầm bê tông cốt liệu nhẹ sỏi Keramzit có sử dụng thanh Polymer cốt sợi thủy tinh từ đó đưa ra phân tích để đánh giá kết quả.

5. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của đề tài

- *Ý nghĩa khoa học*: xác định đặc điểm ứng xử uốn của dầm bê tông cốt liệu nhẹ sỏi Keramzit sử dụng thanh Polymer cốt sợi thủy tinh mang lại nhiều ý nghĩa khoa học, từ việc phát triển vật liệu xây dựng mới, cải thiện lý thuyết cơ học kết cấu, đánh giá độ tin cậy và an toàn.

- *Ý nghĩa thực tiễn*: là cơ sở để ứng dụng bê tông nhẹ cốt liệu nhẹ Keramzit sử dụng thanh Polymer cốt sợi thủy tinh vào công trình xây dựng giúp giảm tải trọng bản thân kết cấu công trình cải thiện thiết kế kết cấu, tăng hiệu quả kinh tế, thúc đẩy xây dựng bền vững.

6. Kết cấu đề án

Ngoài phần mở đầu, phần kết luận, kiến nghị và phụ lục. Đề án được trình bày gồm 3 chương, nội dung cụ thể từng chương như sau:

Chương 1: Tổng quan về bê tông cốt liệu nhẹ Keramzit sử dụng thanh Polymer cốt sợi thủy tinh.

Chương 2: Cơ sở khoa học thiết kế chế tạo thành phần bê tông cốt liệu nhẹ Keramzit.

Chương 3: Nghiên cứu thực nghiệm các tính chất và ứng xử uốn của dầm bê tông cốt liệu nhẹ Keramzit sử dụng thanh Polymer cốt sợi thủy tinh.

Phần kết luận, kiến nghị: Trình bày những kết quả của đề án và nêu các kiến nghị, đề xuất một số hướng nghiên cứu tiếp theo của đề tài.

Phần phụ lục: Trình bày những nội dung chính đã lập và kết quả thực nghiệm.

7. Những đóng góp mới của đề án

- Nghiên cứu thực nghiệm ứng xử uốn của dầm bê tông cốt liệu nhẹ chế tạo bằng sợi Keramzit sử dụng thanh Polymer cốt sợi thủy tinh bước đầu đánh giá khả năng ứng dụng vật liệu này trong kết cấu công trình xây dựng.

- Phát triển và ứng dụng phương pháp thí nghiệm mới, từ đó dự đoán ứng xử uốn của dầm bê tông cốt liệu nhẹ Keramzit sử dụng thanh polymer cốt sợi thủy tinh dưới các điều kiện tải trọng khác nhau như: độ cứng, độ võng, khả năng chịu tải và trạng thái phá hủy.

CHƯƠNG 1:

TỔNG QUAN VỀ BÊ TÔNG CỐT LIỆU NHẸ KERAMZIT SỬ DỤNG THANH POLYMER CỐT SỢI THỦY TINH

1.1. Tổng quan bê tông cốt liệu nhẹ sợi Keramzit

1.1.1. Giới thiệu về bê tông cốt liệu nhẹ

Hiện nay, việc nghiên cứu và ứng dụng các loại bê tông đặc biệt nhằm đáp ứng nhu cầu đa dạng của ngành xây dựng đã trở thành xu hướng tất yếu trong công nghiệp vật liệu xây dựng. Trong đó, bê tông nhẹ nổi lên như một hướng đi quan trọng, thu hút nhiều sự quan tâm từ giới nghiên cứu.



Hình 1.1 - Vật liệu bê tông nhẹ

1.1.2. Giới thiệu về sợi Keramzit

Sợi nhẹ Keramzit [3] là một loại vật liệu xây dựng nhân tạo được chế tạo từ khoáng sét thông qua quá trình nung trương nở nhanh. Vật liệu này có cấu trúc tổ ong với phần xương và vỏ rất bền chắc. Keramzit, hay còn gọi là sét nở có hình dạng chủ yếu là các hạt tròn hoặc bầu dục được sản xuất bằng cách nung đất sét dễ chảy trong lò quay ở nhiệt độ cao từ 1100 đến 1200°C, tạo ra bề mặt cứng như gốm. Điểm nổi bật của sợi Keramzit là

cấu trúc lỗ rỗng nhỏ, phần lớn là lỗ kín giúp vật liệu này có khối lượng thể tích nhẹ chỉ từ 500 đến 1.200kg/m³.



Hình 1.2 – Cốt liệu sỏi Keramzit

1.1.3. Giới thiệu về bê tông cốt liệu nhẹ sử dụng sỏi Keramzit

Bê tông nhẹ với cốt liệu chính là sỏi Keramzit được xem như một loại vật liệu xây dựng có nhiều tiềm năng nhờ trọng lượng nhẹ và khả năng cách nhiệt tốt, trong khi các thành phần như xi măng, cát, nước và phụ gia vẫn giữ nguyên như trong bê tông truyền thống.



Hình 1.3 – Bê tông nhẹ sử dụng cốt liệu sỏi Keramzit [56]

Năm 2021, Hoàng Quốc Gia và Vũ Quốc Vương [4] đã tiến hành một nghiên cứu sâu rộng về các đặc tính cơ lý của bê tông nhẹ sử dụng cốt liệu sỏi Keramzit, tập trung vào việc đánh giá ảnh hưởng của các thành phần vật liệu đến chất lượng và hiệu suất của bê tông.

1.1.4. Các nghiên cứu trong và ngoài nước

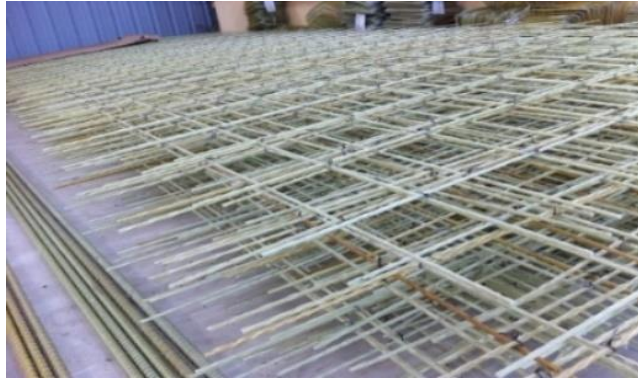
Năm 2009, NCS Nguyễn Duy Hiếu [6] đã nghiên cứu tập trung làm rõ tác động của các yếu tố vật liệu và thành phần cấp phối đến tính chất công tác cũng như đặc tính cơ học của bê tông Keramzit có cường độ chịu nén từ 36 đến 38MPa và độ chảy cao. Đến năm 2017, Đặng Thùy Chi [7] đã nghiên cứu thành phần, tính chất của bê tông cốt liệu nhẹ dùng trong xây dựng cầu ở Việt Nam. Chủ yếu tập trung vào việc nghiên cứu các loại vật liệu và quy trình chế tạo bê tông cốt liệu nhẹ, đồng thời xác định một số đặc tính cơ lý quan trọng của loại bê tông này.

1.2. Tổng quan bê tông sử dụng thanh Polymer cốt sợi thủy tinh

1.2.1. Giới thiệu về thanh Polymer cốt sợi thủy tinh

Thanh Polymer cốt sợi là loại vật liệu dạng thanh, là sản phẩm công nghệ Composite thành phần chủ yếu là sợi thủy tinh chịu lực liên kết chặt chẽ và bao bọc bởi nhựa tổng hợp

Polymer chiếm 75% trọng lượng và chất kết dính. Thanh FRP có chiều dài 11,7m như thép thông thường được phát triển và ứng dụng trong xây dựng từ hơn 30 năm qua.



Hình 1.4 – Vật liệu Polymer cốt sợi thủy tinh [55]

1.2.2. Tính chất của thanh Polymer cốt sợi thủy tinh

**Khối lượng riêng:* Thanh FRP có khối lượng riêng dao động từ $1,25 \div 2,1 \text{ g/cm}^3$, chỉ bằng khoảng $1/6 \div 1/4$ so với thép [25].

**Sự làm việc chịu kéo:* Khi chịu lực kéo, thanh FRP không trải qua giai đoạn chảy dẻo mà sẽ đứt gãy đột ngột khi đạt đến giới hạn chịu lực. Tính năng chịu kéo của thanh FRP với sợi đơn thành phần được đặc trưng bởi mối quan hệ tuyến tính giữa ứng suất và biến dạng trong suốt quá trình đàn hồi cho đến khi xảy ra hiện tượng phá hủy.

**Sự làm việc chịu nén:* Các thử nghiệm trên thanh FRP với tỷ lệ chiều dài trên đường kính từ $1:1 \div 2:1$ cho thấy cường độ chịu nén của thanh FRP thấp hơn so với cường độ chịu kéo. Cường độ chịu nén của thanh GFRP giảm so với cường độ chịu kéo là 55%.

1.2.3. Các nghiên cứu trong và ngoài nước

Ở Việt Nam, Phan Minh Tuấn và Trần Việt Tâm cho rằng nghiên cứu lý thuyết về độ võng của dầm bê tông cốt SGFRP vẫn còn hạn chế. Trong TCVN 5574:2018 tính toán độ võng của dầm bê tông cốt thép được thực hiện thông qua việc xác định độ cong của dầm [27]. Bên cạnh những nghiên cứu trong nước thì việc dầm bê tông được gia cố bằng thanh GFRP dọc và ngang được S. A. Mohammed và A. I. Said thực hiện thí nghiệm các dầm thí nghiệm được chia thành ba nhóm với các biến thể khác nhau. Nhóm đầu tiên gồm hai dầm được gia cố bằng thanh GFRP dọc và các đai thép ngang. Nhóm thứ hai gồm hai dầm cũng gia cố bằng thanh GFRP dọc và đai thép ngang, với biến thể là khoảng cách giữa các đai. Nhóm thứ ba gồm hai dầm gia cố bằng thanh GFRP dọc mà không có đai ngang với biến thể là tỷ lệ gia cường chính [30].

1.3. Những nghiên cứu về thực nghiệm ứng xử uốn của dầm bê tông cốt thép

Ở Việt Nam, Huỳnh Thị Kim Phụng và cộng sự tập trung vào phân tích ứng xử uốn của dầm bê tông căng sau sử dụng cáp không bám dính được gia cường bằng tấm sợi carbon (CFRP) [34]. Bên cạnh những nghiên cứu trong nước, B. Wei và cộng sự cho thấy rằng với diện tích cốt thép và tải trọng sử dụng giống nhau [36]. Và còn nhiều nghiên cứu khác đang được tiến hành làm rõ.

1.4. Kết luận chương I

Ở chương 1 đã trình bày tổng quan về bê tông cốt liệu nhẹ sử dụng sỏi Keramzit và thanh Polymer cốt sợi thủy tinh. Việc kết hợp hai loại vật liệu này mang lại nhiều ưu điểm

về trọng lượng, khả năng kháng ăn mòn và hiệu suất làm việc kết cấu. Là cơ sở định hướng cho công tác thiết kế cấp phối và thực nghiệm ứng xử uốn dầm BTCLN sử dụng thanh GFRP ở các chương sau.

CHƯƠNG 2:

CƠ SỞ KHOA HỌC THIẾT KẾ CHẾ TẠO THÀNH PHẦN BÊ TÔNG CỐT LIỆU NHẹ KERAMZIT

2.1. Những cơ sở lý thuyết về tính chất cơ học của bê tông cốt liệu nhẹ

2.1.1. Cường độ chịu nén

****Ảnh hưởng của cốt liệu nhẹ đến cường độ bê tông***

Theo tiêu chuẩn ACI 213-03 [13], khi giữ nguyên hàm lượng xi măng việc giảm kích thước cốt liệu lớn có thể làm tăng cường độ nén của bê tông [14].

****Ảnh hưởng của chất lượng vữa đến cường độ bê tông***

Hiện tượng suy giảm cường độ trở nên rõ ràng hơn khi khối lượng thể tích của vữa giảm. Cường độ vữa tăng khi tỷ lệ N/CKD giảm và khi cốt liệu mịn có khối lượng thể tích thấp hơn.

****Liên kết giữa cốt liệu và đá xi măng***

Liên kết giữa cốt liệu và vữa trong BTCLN bền chặt hơn so với bê tông thông thường nhờ khả năng thẩm thấu của vữa xi măng vào các lỗ rỗng của cốt liệu.

2.1.2. Cường độ chịu uốn

Trần Văn Phúc và cộng sự đã đánh giá hiệu suất uốn của tám tấm bê tông cốt sợi nhẹ được chia thành hai nhóm với tỷ lệ cốt thép dọc khác nhau (0,3% và 0,6%) và hàm lượng sợi thép khác nhau (0, 20, 40 và 60kg/m³) [18].

2.1.3. Mô đun đàn hồi

Bê tông nhẹ có mô đun đàn hồi thấp hơn so với bê tông truyền thống chủ yếu do mô đun đàn hồi của cốt liệu nhẹ thấp hơn so với cốt liệu thường. Theo các thí nghiệm của Euro Light Con [20].

2.1.4. Khối lượng thể tích

Khối lượng thể tích của BTCLN không chỉ phụ thuộc vào đặc tính của cốt liệu mà còn bị chi phối bởi nhiều yếu tố khác như: cấp phối, độ ẩm của cốt liệu trước khi trộn, lượng khí cuốn, hàm lượng xi măng sử dụng, tỷ lệ nước/chất kết dính (N/CKD) cũng như việc sử dụng các loại phụ gia hóa học và khoáng.

2.1.5. Độ bền

Trong bê tông nhẹ có cường độ cao việc sử dụng tỷ lệ nước/xi măng thấp giúp tăng độ đặc chắc, hạn chế vi nứt tại vùng tiếp giáp giữa cốt liệu và vữa. Điều này giúp nâng cao độ bền và đảm bảo tính ổn định của vật liệu theo thời gian được Sugiyama và cộng sự [41].

2.2. Thành phần chế tạo

2.2.1. Xi măng

Sử dụng xi măng Hà Tiên đa dụng PCB40.

2.2.2. Cát

Cốt liệu nhỏ sử dụng trong nghiên cứu là cát vàng có Môđun $M_k=1,77$, được mua tại bãi cát đá số 6, tỉnh Vĩnh Long.



Hình 2.2. Cát sử dụng

Thành phần hạt cát sử dụng được xác định theo TCVN 7572-2:2006 [47]. Kết quả thí nghiệm phân tích sàng được trình bày trong Bảng 2.2.

Bảng 2.2. Thành phần hạt của cát sử dụng

Cỡ sàng, mm	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14
Lượng sót tích lũy trên sàng, %	0,00	1,78	4,51	17,42	71,11	82,40
Lượng sót tích lũy theo TCVN 7570-2006, %	0	0-20	15-45	35-70	65-90	90-100

Môđun độ lớn của cát được tính như sau:

$$M_k = \frac{0,00 + 1,78 + 4,51 + 17,42 + 71,11 + 82,40}{100} = 1,77$$

Cát sử dụng cho nghiên cứu là cát mịn.

2.2.3. Nước

Nước dùng để trộn bê tông là nước sạch lấy từ nguồn nước sinh hoạt của thành phố Vĩnh Long.

2.2.4. Muội Silic

Bột khoáng siêu mịn hoạt tính được học viên sử dụng trong nghiên cứu là muội silic loại silicafume của hãng Sika. Thành phần là hoạt chất đioxit silic cực mịn, khối lượng riêng là 2,2g/cm³.



Hình 2.4. Muội silic sử dụng

2.2.5. Phụ gia dẻo



Hình 2.5. Phụ gia dẻo sử dụng

Phụ gia siêu dẻo sử dụng loại phụ gia giảm nước cao cấp Sikament-2000AT là chất siêu hóa dẻo có tác dụng kéo dài thời gian ninh kết để sản xuất bê tông là sản phẩm công nghệ cao hỗn hợp Naphthalen Formaldehyt Sulphonat và chất hữu cơ.

2.2.6. Sỏi Keramzit

Khối lượng thể tích của sỏi Keramzit dao động từ $700 \div 900 \text{ kg/m}^3$. Điều này làm cho bê tông sử dụng sỏi Keramzit trở thành loại bê tông nhẹ giảm so với trọng lượng bản thân so với bê tông thường.

2.3. Thành phần cấp phối chế tạo bê tông cốt liệu nhẹ theo phương pháp ACI 211-2:1998

Bước 1: Chọn độ sụt

Nếu độ sụt không yêu cầu đặc biệt, có thể chọn gần đúng từ Bảng 2.3.

Bảng 2.3. Độ sụt đề xuất đối với một số cấu kiện công trình

Loại kết cấu	Độ sụt (mm)	
	Lớn nhất	Nhỏ nhất
Dầm và tường gia cố	100	25
Cột	100	25
Sàn	75	25

Bước 2: Xác định lượng nước dùng và hàm lượng bọt khí

Lượng nước dùng được lựa chọn căn cứ vào độ sụt yêu cầu. Ngoài ra còn phụ thuộc vào cỡ hạt lớn nhất $D_{\max}$, hình dạng hạt và cấp phối cốt liệu, hàm lượng bọt khí và cả phụ gia hóa học, được lấy theo Bảng 2.4.

Bảng 2.4. Lượng nước nhào trộn và hàm lượng bọt khí theo độ sụt và $D_{\max}$ của cốt liệu

	Lượng nước trong 1 m^3 bê tông, ứng với cỡ hạt lớn nhất của cốt liệu (mm)		
Độ sụt (mm)	9,5	12,7	19
Bê tông không cuộn khí			
25 đến 50 mm	208	199	187
75 đến 100 mm	228	217	202

	Lượng nước trong 1m³ bê tông, ứng với cỡ hạt lớn nhất của cốt liệu (mm)		
Độ sụt (mm)	9,5	12,7	19
125 đến 150 mm	237	222	208
Hàm lượng gần đúng không khí cuốn vào bê tông không cuốn khí (%)	3	2,5	2

Bước 3: Chọn tỉ lệ nước- xi măng N/X

Khi dùng xi măng Hà Tiên PCB40, tỉ lệ N/X có thể được lấy từ Bảng 2.5.

Bảng 2.5. Mối quan hệ giữa tỉ lệ N/X và cường độ chịu nén của BT

Cường độ nén ở 28 ngày (MPa)	Tỷ lệ N/X theo khối lượng
	Bê tông không cuốn khí
41,5	0,41
34,5	0,48
27,6	0,57
20,7	0,68
13,8	0,82

Bước 4: Tính lượng xi măng

$$X = N: N/X, \text{ kg}$$

Bước 5: Tính lượng cốt liệu lớn

Với cùng tính công tác, thể tích của CL lớn trong một đơn vị thể tích chỉ phụ thuộc vào $D_{\max}$ và mô đun độ mịn (độ lớn) của cốt liệu mịn thông thường.

Thể tích cốt liệu khô xộp cho một đơn vị thể tích BT được lấy theo Bảng 2.6.

Bảng 2.6. Thể tích cốt liệu lớn trong 1m³ bê tông

Kích thước danh nghĩa của cốt liệu (mm)	Thể tích xộp của cốt liệu lớn/1m³ bê tông theo mô đun độ mịn của cốt liệu nhỏ			
	2,40	2,60	2,80	3,00
9,5	0,58	0,56	0,54	0,52
12,5	0,67	0,65	0,63	0,61
19,0	0,74	0,72	0,70	0,68

Bước 6: Tính thành phần cốt liệu mịn

Nếu khối lượng bê tông trên đơn vị thể tích được tính toán từ thí nghiệm, khối lượng cần có của cốt liệu mịn là hiệu của khối lượng bê tông tươi và tổng khối lượng các thành phần khác.

Khi thiếu dữ liệu, có thể sử dụng Bảng 2.7 để tính thành phần sơ bộ dựa trên hệ số khối lượng riêng của cốt liệu lớn nhẹ và hàm lượng khí trong bê tông.

Bảng 2.7. Ước tính sơ bộ KLTT của hỗn hợp bê tông sử dụng cốt liệu lớn nhẹ và cốt liệu mịn thông thường

KLTT hạt của cốt liệu lớn	Khối lượng của một đơn vị thể tích bê tông nhẹ (kg/m^3)		
	Bê tông cuốn khí		
	4 %	6 %	8 %
1,00	1596	1561	1519
1,20	1680	1644	1608
1,40	1769	1727	1691
1,60	1852	1810	1775
1,80	1935	1899	1858
2,00	2024	1982	1941

Thành phần BTCLN có tỷ lệ sỏi Keramzit được sử dụng 30%. Kết quả tính toán thành phần thể hiện trong Bảng 2.9.

Bảng 2.9. Thành phần cấp phối BTCLN 25MPa-30% sỏi (trên 1m^3 bê tông)

Thành phần	Đơn vị	Khối lượng
N/CKC	-	0.41
Xi măng	Kg	354
Nước	Kg	160
Cát	Kg	888
Cốt liệu nhẹ	Kg	384
Muội silic	Kg	35.4
Phụ gia dẻo	Kg	5.31
Nước trộn sỏi	Kg	64.8
ph tính toán	-	1892

2.4. Phương pháp chế tạo

*Chuẩn bị vật liệu:

Cát được phơi khô trong môi trường thông nhằm đảm bảo trạng thái khô ổn định. Độ ẩm của cát được xác định chính xác ngay trước khi tiến hành trộn để kiểm soát tốt các thông số cấp phối.



Hình 2.7. Bề mặt sỏi sau khi ngâm nước **Hình 2.8.** Các thành phần để trộn bê tông

Cốt liệu nhẹ được xử lý bằng cách sấy khô hoàn toàn trong 24 giờ sau đó để nguội tự nhiên ở điều kiện nhiệt độ phòng nhằm đảm bảo sự ổn định về nhiệt. Sau khi nguội, cốt

liệu được trộn đều trong 5 phút với lượng nước đúng bằng độ hút nước sau 24 giờ trong một thùng nhựa kín nhằm đảm bảo cốt liệu đạt trạng thái bão hòa.

***Nhào trộn hỗn hợp:**

Bước 1: Tiến hành trộn cát và sỏi Keramzit đã được làm ẩm trước đó trong khoảng $3 \div 4$ phút đảm bảo sự phân bố đồng đều giữa hai loại cốt liệu.

Bước 2: Sau khi trộn cốt liệu, xi măng được bổ sung vào hỗn hợp và tiếp tục trộn thêm $3 \div 4$ phút để các hạt xi măng phủ đều lên bề mặt cốt liệu.

Bước 3: Tiếp tục cho muối silic vào hỗn hợp trên và trộn đều trong vòng $2 \div 3$ phút đảm bảo sự hòa trộn hoàn chỉnh giữa tất cả các vật liệu khô.

Bước 4: Nước được bổ sung làm ba lần:

Lần thứ nhất: Thêm vào 50% tổng lượng nước đã xác định, trong đó nước đã được trộn sẵn với toàn bộ lượng phụ gia dẻo. Sau đó được trộn trong khoảng $1 \div 2$ phút.

Lần thứ hai: Bổ sung thêm 25% lượng nước còn lại tiếp tục trộn trong $1 \div 2$ phút để hỗn hợp đồng nhất.

Lần thứ ba: Cho từ từ 25% lượng nước cuối cùng để tinh chỉnh hỗn hợp và độ dẻo phù hợp theo yêu cầu.

***Đổ mẫu và đầm nén:**

Khuôn được vệ sinh sạch sẽ và phủ một lớp dầu mỏng nhằm tạo điều kiện thuận lợi cho việc tháo khuôn sau khi bê tông đông rắn. Trong suốt quá trình đổ bê tông được đầm chặt bằng máy rung chuyên dụng. Đồng thời dùng búa cao su để gõ nhẹ vào các mặt bên của khuôn hỗ trợ quá trình thoát khí và tăng độ đồng nhất.



Hình 2.11. Quy trình đầm hỗn hợp bê tông bằng máy rung

***Bảo dưỡng:**

Các mẫu bê tông được đưa vào bể ngâm chứa nước sạch với nhiệt độ được duy trì ổn định. Thời gian bảo dưỡng được xác định tùy theo mốc tuổi cần kiểm tra phổ biến là tại các mốc 7 ngày, 14 ngày hoặc 28 ngày.

2.5. Kết luận chương II

Quá trình nghiên cứu thiết kế cấp phối BTCLN sử dụng sỏi Keramzit nhằm đảm bảo đạt được các yêu cầu về cường độ. Kết quả cho thấy việc lựa chọn tỉ lệ thành phần hợp lý giữa xi măng, cốt liệu nhẹ, nước và phụ gia là yếu tố then chốt để tạo ra hỗn hợp bê tông có độ linh hoạt cao, độ đặc chắc tốt và cường độ cơ học ổn định.

Sỏi Keramzit với đặc tính nhẹ, cách nhiệt và cấu trúc rỗng được xác định là cốt liệu thô phù hợp cho sản xuất bê tông nhẹ chất lượng cao. Quy trình kiểm soát độ ẩm, tỉ lệ nước/xi măng và sử dụng phụ gia đã góp phần cải thiện đáng kể tính đồng đều và ổn định

của bê tông. Kết quả nghiên cứu cấp phối này là cơ sở để chế tạo mẫu dầm BTCLN phục vụ thí nghiệm ứng xử uốn ở chương tiếp theo.

CHƯƠNG 3:

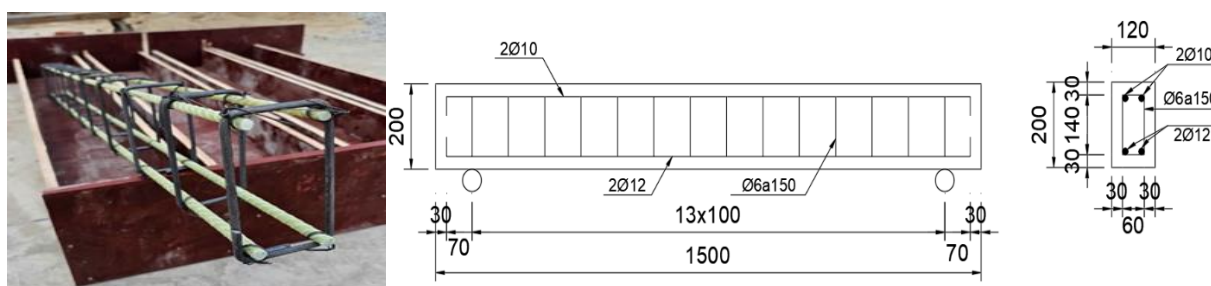
NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM CÁC TÍNH CHẤT VÀ ỨNG XỬ UỐN CỦA DẦM BÊ TÔNG CỐT LIỆU NHỆ KERAMZIT SỬ DỤNG THANH POLYMER CỐT SỢI THUỶ TINH

3.1. Đặt vấn đề

Trong hệ thống kết cấu công trình, dầm đóng vai trò thiết yếu khi vừa là bộ phận truyền lực vừa là mắt xích liên kết giữa các cấu kiện như cột, sàn và vách. Dầm không chỉ tiếp nhận tải trọng trực tiếp từ sàn và tường mà còn chịu tác động của các tải trọng thứ cấp khác. Xuất phát từ thực tiễn đó, đề tài tập trung vào phân tích ứng xử uốn của dầm khi sử dụng tổ hợp vật liệu mới nhằm đánh giá khả năng thay thế hoặc bổ sung cho các giải pháp kết cấu truyền thống trong xây dựng.

3.2. Chuẩn bị mẫu dầm và phương pháp thí nghiệm

3.2.1. Chuẩn bị mẫu dầm



Hình 3.1. Cấu tạo chi tiết dầm

**Các thông số của vật liệu thanh Polymer cốt sợi thủy tinh:*

Bảng 3.1. Đặc trưng kỹ thuật vật liệu thanh Polymer cốt sợi thủy tinh

ĐẶC TRƯNG KỸ THUẬT TECHNICAL SPECIFICATION							
Thanh cốt sợi thủy tinh – GFRP rebars	Đường kính ngoài Outside diameter (mm)	Diện tích mặt cắt ngang Cross sectional area (mm ²)	Khối lượng Weight (g/m)	Lực kéo đứt Ultimate Tensile Load (N)	Cường độ kéo Tensile strength (MPa)	Mô đun đàn hồi Modulus of elasticity (Gpa)	Biến dạng tỷ đối cực hạn Strain at peak stress (%)
GFRP-8	8 ± 0,5	33.16 ± 8%	72 ± 8%	26528	600 - 800	40 - 45	1 - 3
GFRP-10	10 ± 0,5	56.71 ± 8%	110 ± 6%	45368			
GFRP-12	12 ± 0,5	86.54 ± 8%	184 ± 6%	69232			
GFRP-14	14 ± 0,5	122.65 ± 8%	242 ± 5%	98120			
GFRP-16	16 ± 0,5	165.04 ± 8%	320 ± 5%	132032			
GFRP-18	18 ± 0,5	188.59 ± 8%	430 ± 5%	150872			
GFRP-20	20 ± 0,5	240.40 ± 8%	530 ± 5%	192320			

3.2.2. Thí nghiệm các tính chất của bê tông cốt liệu nhẹ sử dụng sỏi Keramzit

3.2.2.1. Xác định cường độ chịu nén và khối lượng thể tích

Kết quả thí nghiệm xác định cường độ chịu nén và KLTT của tất cả các mẫu được thể hiện trên Bảng 3.2.

Bảng 3.2. Kết quả thí nghiệm cường độ chịu nén và KLTT của BTCLN

Loại bê tông	Ký hiệu mẫu	KLTT (Kg/m ³)	KLTT TB (Kg/m ³)	Cường độ nén (MPa)	Cường độ nén TB (MPa)
BTCLN	1	1884	1904	36,2	32,5
	2	1908		33,2	
	3	1920		28,1	
BTT	1	2435	2429	31,6	30,8
	2	2441		34,3	
	3	2411		26,5	

Bê tông cốt liệu nhẹ đạt được khối lượng thể tích thấp nhờ sử dụng cốt liệu Keramzit có cấu trúc rỗng giúp giảm trọng lượng tổng thể của vật liệu. Cường độ chịu nén đạt yêu cầu nhờ kết hợp muối Silic phụ gia khoáng hoạt tính cao và phụ gia giảm nước siêu dẻo Sikament 2000-AT giúp tăng độ đặc chắc và rút ngắn thời gian đông kết. Với đặc tính nhẹ phù hợp để ứng dụng trong các kết cấu yêu cầu giảm tải trọng điều này đáp ứng được yêu cầu đặt ra làm cơ sở thực hiện việc đúc dầm để thí nghiệm ứng xử uốn của dầm BTCLN ở chương 3.

3.2.2.2. Mô đun đàn hồi

Bảng 3.3. Kết quả thí nghiệm mô đun đàn hồi

Mô đun đàn hồi BTCLN và bê tông thường						
Ký hiệu	Tuổi (ngày)	ε	P_1 (N)	σ (MPa)	E (GPa)	E_{tb} (GPa)
BTCLN	28 ngày	0,00044	87439,5	8,744	19,873	23,05
		0,00033			26,232	
BTT	28 ngày	0,00024	82790	8,279	34,496	32,77
		0,00026			31,046	

Mô đun đàn hồi của bê tông thường phụ thuộc vào cường độ chịu nén và thành phần cấp phối. Theo tiêu chuẩn phổ biến như TCVN 5726:2022 [53] giá trị mô đun đàn hồi của bê tông thường nằm trong khoảng 20GPa ÷ 40GPa. Kết quả thí nghiệm cho thấy mô đun đàn hồi của vật liệu dao động từ 19,87GPa đến 26,23GPa, với giá trị trung bình đạt khoảng 23,05Gpa. Việc đạt được mô đun đàn hồi ổn định là nhờ vào thiết kế cấp phối hợp lý. Giá trị này phản ánh khả năng biến dạng đàn hồi hợp lý của vật liệu dưới tác dụng tải trọng đảm bảo yêu cầu về độ cứng trong thiết kế.

3.2.2.3. Cường độ chịu kéo khi uốn

Bảng 3.5. Kết quả thí nghiệm cường độ chịu kéo khi uốn

Loại bê tông	Ký hiệu mẫu	l (mm)	a (mm)	b (mm)	δ	P (N)	R (MPa)	R_{tb} (MPa)
BTCLN	1	300	100	100	0,92	10400	2,8	2,86

	2					9220	2,5	
	3					11960	3,3	
BTT	1					16290	4,5	4,8
	2					17430	4,8	
	3					18470	5,1	

Cường độ chịu kéo khi uốn của BTCLN đạt giá trị trung bình trong giới hạn phù hợp để sử dụng trong các kết cấu làm việc chịu uốn. Do đặc tính của vật liệu sử dụng cốt liệu nhẹ có cấu trúc rỗng như Keramzit vốn làm giảm khả năng chịu kéo nhưng vẫn duy trì được mức độ ổn định cần thiết. Cường độ kéo khi uốn của loại bê tông này vẫn đáp ứng yêu cầu kỹ thuật khi kết hợp với thiết kế cấu kiện hợp lý và sử dụng cốt thép phù hợp. Kết quả cho thấy BTCLN hoàn toàn có thể ứng dụng trong các kết cấu chịu uốn nhẹ đến vừa, đặc biệt khi cần ưu tiên giảm trọng lượng công trình.

3.2.3. Phương pháp thí nghiệm

3.2.3.1. Thiết bị hỗ trợ

Hệ khung gia tải thủy lực: là thiết bị dùng để tạo lực nén hoặc kéo lên mẫu thí nghiệm thông qua hệ thống bơm thủy lực giúp điều chỉnh và kiểm soát tải trọng chính xác theo yêu cầu.

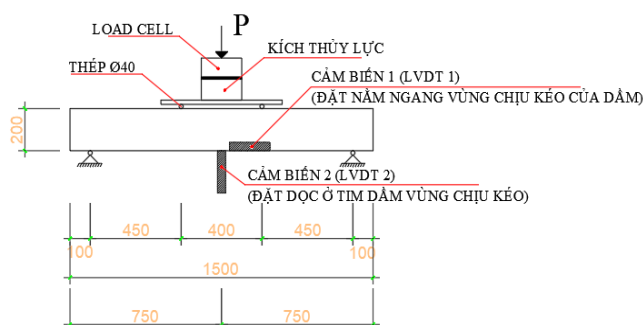
Cảm biến lực (Loadcell): là thiết bị chuyên dụng để đo lực tác động lên vật thể, hoạt động bằng cách chuyển đổi lực cơ học thành tín hiệu điện, thay đổi điện trở trong mạch cầu điện trở cho phép cảm biến ghi nhận và truyền tải dữ liệu một cách liên tục và chính xác trong suốt quá trình thí nghiệm.

Cảm biến dịch chuyển LVDT (Linear Variable Differential Transformer): là thiết bị đo lường chuyển động tuyến tính với độ chính xác cao thường được sử dụng để theo dõi độ võng, biến dạng hoặc sự thay đổi hình học của cấu kiện trong quá trình chịu tải.

Thiết bị ghi dữ liệu (Datalogger): là bộ phận trung tâm trong hệ thống đo lường có chức năng thu thập, lưu trữ và xử lý dữ liệu từ các cảm biến trong suốt quá trình thí nghiệm.

Máy vi tính: Được kết nối với hệ thống Datalogger để thu nhận, xử lý và xuất báo cáo kết quả thông qua các phần mềm chuyên dụng như Excel, Word hoặc các chương trình phân tích dữ liệu kỹ thuật khác.

3.2.3.2. Bố trí thí nghiệm



Hình 3.15. Sơ đồ thí nghiệm dầm



Hình 3.16. Hoàn thành việc lắp đặt

3.2.3.3. Quy trình thí nghiệm

Quá trình gia tải chính được thực hiện bằng kích thủy lực với tốc độ di chuyển của pít-tông duy trì đều đặn ở mức khoảng 1,2mm/phút. Tải trọng được tăng dần theo từng cấp, đồng thời độ võng của dầm được ghi nhận tự động thông qua hệ thống cảm biến (LVDT) và thiết bị thu thập dữ liệu (Datalogger).

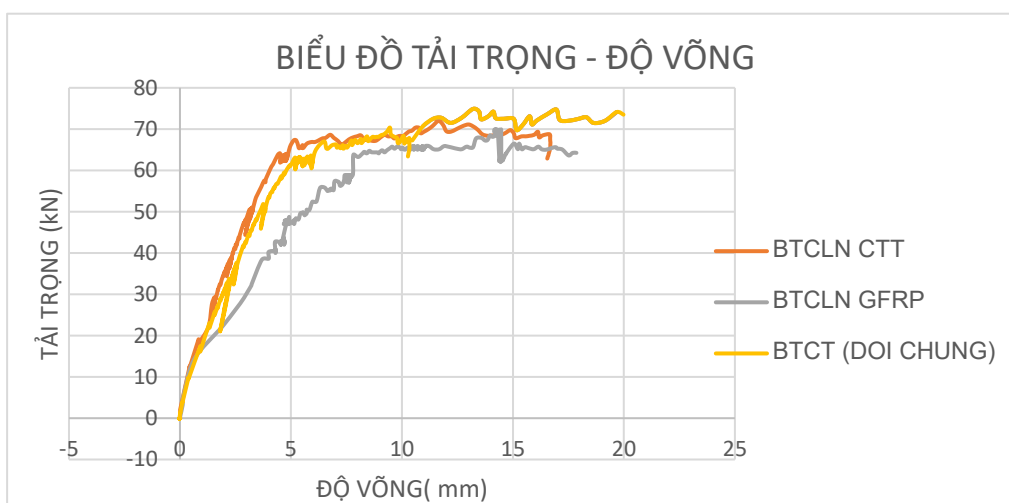


Hình 3.17 (a). Mẫu dầm trước khi thí nghiệm

Hình 3.18 (b). Mẫu dầm bị phá hủy sau thí nghiệm

3.3. Kết quả thí nghiệm

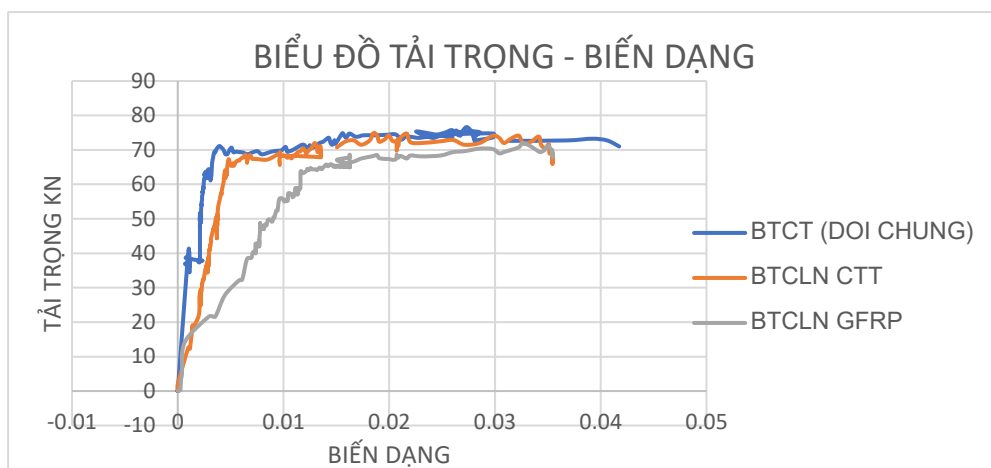
3.3.1. Quan hệ tải trọng - độ võng



Hình 3.19. Biểu đồ quan hệ tải trọng – độ võng

Có thể thấy cả hai loại dầm BTCLN đều có tải trọng cực đại đạt khoảng 75kN gần tiệm cận với dầm BTCT. Tuy nhiên, sự chênh lệch này không quá lớn đặc biệt là đối với dầm BTCLN sử dụng cốt thép thường có tải trọng cực đại đạt khoảng 75kN gần tiệm cận với dầm BTCT 78kN. Mặt khác, dầm BTCLN sử dụng GFRP đạt tải trọng cực đại gần nhỏ hơn với 2 loại dầm còn lại. Vết nứt lớn phát triển nhanh tại giữa nhịp kèm theo hiện tượng tách lớp bê tông bảo vệ do mất bám dính.

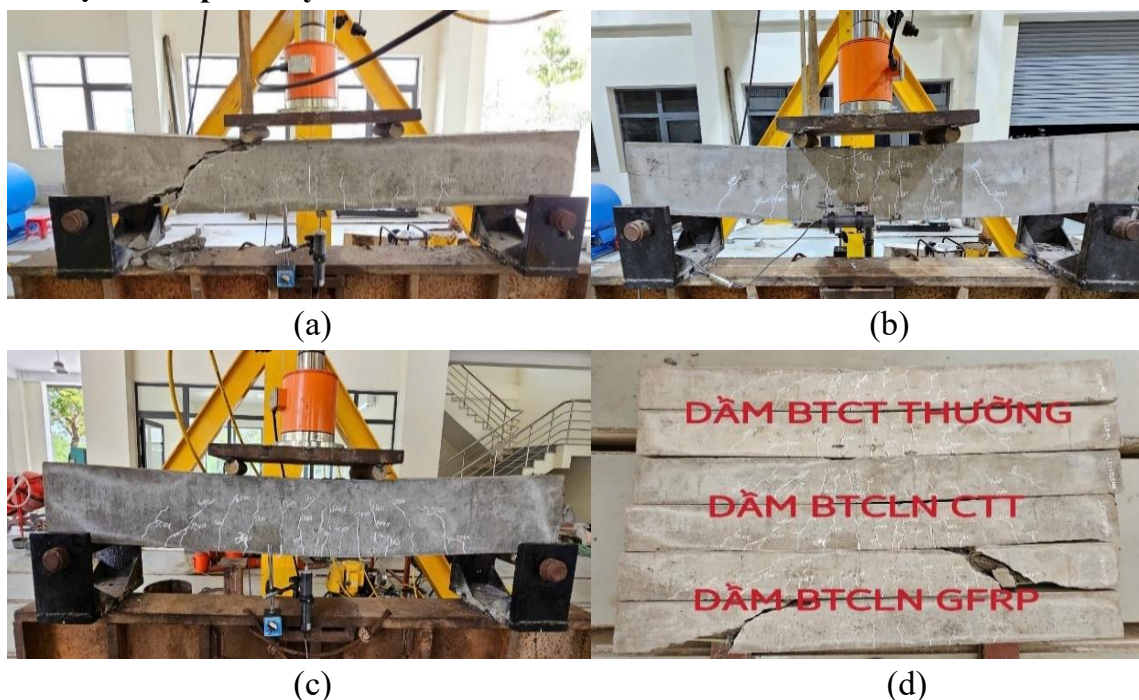
3.3.2. Quan hệ tải trọng - biến dạng



Hình 3.20. Biểu đồ quan hệ tải trọng – biến dạng

Trong giai đoạn đầu đường cong của dầm BTCLN sử dụng GFRP thể hiện quá trình tăng tải ổn định và tương đối đều với độ dốc ban đầu thấp hơn phản ánh mô đun đàn hồi thấp so với dầm BTCLN cốt thép thường và dầm BTCT. Ở mức tải cực đại xấp xỉ 70kN dầm BTCLN GFRP đạt đỉnh sau đó có dấu hiệu giảm nhẹ tải dù biến dạng vẫn tiếp tục tăng.

3.3.3. Đặc điểm phá huỷ



Hình 3.21 – (a) vết nứt dầm BTCLN sử dụng thanh GFRP
 (b) vết nứt dầm BTCLN sử dụng CTT
 (c) vết nứt dầm BTCT thường
 (d) các vết nứt của ba loại dầm

Dầm BTCLN sử dụng GFRP thể hiện dạng phá hoại cắt vết nứt xiên xuất hiện rõ tại vùng gần gối khu vực chịu cắt cao thường có góc nghiêng từ $30 \div 45$ độ. Các vết nứt không tập trung tại giữa nhịp như trong phá hoại uốn mà lan từ vùng kéo gần gối lên vùng nén. Dầm BTCLN sử dụng cốt thép thường có vết nứt phát triển rõ nét phân bố tập trung hơn ở khu vực giữa nhịp cho thấy khu vực chịu mô men lớn nhất. Cuối cùng, dầm BTCT

thường có biểu hiện chịu lực tốt hơn trong các dầm còn lại phù hợp với việc sử dụng cốt liệu nặng truyền thống.

3.4. Kết luận chương III

Ở chương này đã trình bày toàn diện quá trình thực nghiệm nhằm đánh giá các đặc trưng cơ học và khả năng làm việc uốn của dầm BTCLN sử dụng thanh GFRP và sử dụng cốt thép thường. Kết quả cho thấy: BTCLN có trọng lượng thể tích giảm rõ nhưng vẫn đạt được cường độ nén trung bình khoảng 32,5MPa đảm bảo cho yêu cầu sử dụng trong kết cấu chịu lực thông thường. Mô đun đàn hồi dao động từ 19,873GPa đến 26,232GPa giá trị trung bình 23,05GPa phù hợp với đặc tính của bê tông nhẹ sử dụng cốt liệu rỗng. Cường độ chịu kéo khi uốn trung bình đạt 2,86MPa phản ánh khả năng chịu lực tốt của bê tông nhẹ khi có cấp phối hợp lý và cốt liệu chất lượng.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

I. Kết luận

Đề án đã nghiên cứu thiết kế được thành thành phần cấp phối BTCLN sử dụng sỏi Keramzit. Kết quả thí nghiệm cho thấy các tính chất cơ học của BTCLN đều đảm bảo yêu cầu về khối lượng thể tích, cường độ chịu nén, mô đun đàn hồi và cường độ chịu kéo khi uốn. Việc kiểm soát tỷ lệ nước/xi măng và dùng phụ gia dẻo hóa giúp hỗn hợp bê tông có độ linh động cao nhưng vẫn đảm bảo cường độ. Dầm sử dụng thanh GFRP và CLN sỏi Keramzit mở ra hướng phát triển kết cấu bê tông bền nhẹ, thích hợp cho công trình ven biển, lắp ghép hoặc chịu môi trường xâm thực đây là định hướng ứng dụng mới phù hợp xu thế vật liệu xanh và bền vững.

II. Kiến nghị

Tiếp tục thí nghiệm với nhiều loại cốt liệu nhẹ khác nhau để kiểm chứng và hoàn thiện các kết luận về đặc tính cơ học của BTCLN, đồng thời nghiên cứu khả năng làm việc của BTCLN như: độ bám dính giữa bê tông với cốt thanh GFRP, quan hệ ứng suất - biến dạng khi chịu nén, ..v.v...

Nghiên cứu xây dựng mô hình phi tuyến vật liệu kết hợp giữa bê tông nhẹ và thanh GFRP trong các phần mềm như Abaqus, ANSYS, ..v.v... nhằm dự đoán chính xác hơn khả năng chịu lực và phá hoại. Bên cạnh đó, tăng số lượng mẫu thử, sử dụng các công cụ để phân tích thống kê như: độ lệch chuẩn, khoảng tin cậy, xây dựng mô hình hoá để dự đoán hành vi của dầm và hiệu chuẩn mô hình bằng dữ liệu thực nghiệm.

CÁC CÔNG TRÌNH NGHIÊN CỨU LIÊN QUAN ĐẾN ĐỀ ÁN ĐƯỢC CÔNG BỐ CỦA TÁC GIẢ

[1]. N. T. Chương, N. V. Thúc và T. H. Phúc, “Tính toán theo độ bền chịu lực cắt dầm bê tông cốt thép chịu tải trọng phân bố phức tạp,” *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Trường Đại học Xây dựng Miền Tây* (ISSN: 3030-4806), Số 12, Trang 71-75, 2025.