

Phân tích ứng xử dầm cao bằng mô phỏng số ABAQUS

Analysis the behavior of deep beam by ABAQUS

Nguyễn Việt Phương

Tóm tắt

Dầm cao bê tông cốt thép là loại cấu kiện khá phổ biến trong các công trình xây dựng tại Việt Nam, đặc biệt nhất là dầm chuyển trong các công trình nhà cao tầng. Đối với các dầm cao, giả thiết tiết diện phẳng, ứng suất không còn phân bố tuyến tính, các công thức xây dựng trên giả thiết tiết diện phẳng không còn phù hợp. Điều này dẫn đến việc tính toán, thiết kế dầm cao sẽ khác biệt so với dầm thông thường. Việc làm rõ ứng xử dầm cao và sự khác biệt so với dầm thường là cần thiết. Hiện nay việc phân tích dầm cao được tiến hành dựa trên 2 trường hợp: (1) tỷ số nhịp/chiều cao dầm L/h ; (2) tỷ số nhịp chịu cắt/chiều cao dầm. Tuy nhiên các giá trị này còn khác nhau giữa các tiêu chuẩn. Bài báo tiến hành khảo sát các trường hợp tỷ số nhịp/chiều cao dầm khác nhau, đồng thời sử dụng 2 trường hợp đặt tải tương ứng với tỷ số nhịp chịu cắt/chiều cao dầm thay đổi. Kết quả cho thấy rằng khái niệm dầm cao phân biệt bằng tỷ số nhịp/chiều cao dầm theo tiêu chuẩn châu Âu và khái niệm phân biệt bằng tỷ số nhịp chịu cắt/chiều cao dầm theo tiêu chuẩn ACI 318 là phù hợp.

Từ khóa: Dầm cao bê tông cốt thép, phần mềm ABAQUS, phần tử hữu hạn 3D, tỷ số nhịp/chiều cao dầm

Abstract

Reinforced concrete deep beams are commonly used for buildings in Vietnam, especially for transfer beams in high-rise buildings. Assuming flat section, stress is no longer distributed linearly, formulas based on flat section assumption are no longer suitable for deep beams. This leads to the calculation and design of deep beams that are different from those of normal beams. It is necessary to clarify the behavior of deep beams and their differences from those of normal beams. Currently, the analysis of deep beams is conducted based on two cases: (1) span/height ratio (L/h); (2) ratio of shear span/beam-height. However, these values differ between standards. The paper investigates the cases of different span/height ratio of beams, and uses 2 load cases corresponding to the ratio of shear span/beam height changes. The results show that the concept of deep beams distinguished by span/height ratio according to European standards and the concept by ratio of shear span/beam height according to ACI 318 standard is appropriate.

Key words: RC deep beam, ABAQUS software, 3D finite element, span/beam-height ratio

TS. Nguyễn Việt Phương

Bộ môn Kết cấu BTCT-Gạch đá, Khoa Xây dựng
Email: nguyenvietphuong.bt.hau@gmail.com
Điện thoại: 0914859909

Ngày nhận bài: 15/2/2023

Ngày sửa bài: 9/3/2023

Ngày duyệt đăng: 15/03/2024

1. Mở đầu

Dầm cao bê tông cốt thép có đặc điểm ngắn, sâu và có chiều dày nhỏ so với nhịp hoặc chiều cao của chúng. Ứng dụng điển hình của các dầm cao bao gồm dầm chuyển, mũ cột, bể chứa, bản gác khúc và tường móng thường nhận nhiều tải trọng nhỏ trong mặt phẳng của chúng và truyền xuống một số lượng nhỏ các gối tựa. Với tỷ số giữa nhịp chịu cắt và chiều cao nhỏ này, ứng xử dầm cao khác theo nhiều khía cạnh so với ứng xử dầm thường. Trong cấu tạo các dầm thanh mảnh, ứng xử của dầm cao được đặc trưng bởi sự truyền tải trọng trực tiếp đáng kể từ điểm đặt tải tới các gối tựa và sự phân phối biến dạng phi tuyến trên chiều cao của tiết diện ngang (ngay cả trong giai đoạn đàn hồi). Biến dạng cắt không thể được bỏ qua so với biến dạng uốn hơn nữa độ cứng lớn của loại kết cấu này làm cho chúng nhạy cảm hơn với sự khác biệt về vị trí gối tựa [1].

Dầm bê tông cốt thép thường được thiết kế dựa trên giả thiết Bernoulli, ở đó cho phép sự phân bố biến dạng tuyến tính trên mặt cắt ngang và bỏ qua các biến dạng do cắt vì chúng rất nhỏ. Bởi vì dầm cao phải chịu toàn bộ lực do các kết cấu bên trên truyền xuống, ứng xử kết cấu của nó có thể ảnh hưởng đến sự ổn định và an toàn của cấu kiện một cách đáng kể. Do đó sự phân bố ứng suất trên mặt cắt ngang của dầm cao là phi tuyến, các nguyên lý đàn hồi cho phân tích dầm thường không thể được áp dụng.

Định nghĩa về dầm cao được quy định tùy theo từng tiêu chuẩn của các nước khác nhau cũng như các tác giả khác nhau:

- Tiêu chuẩn ACI-318-19 [2] quy định “dầm cao là một cấu kiện mà tải trọng trên một mặt và gối tựa trên mặt phẳng đối diện giống như một thanh chống tương tự một phần tử chịu nén có thể phát triển giữa tải trọng và gối phải thỏa mãn (a), (b):

- (a) Nhịp thông thủy không vượt quá 4 lần tổng chiều cao của cấu kiện h

- (b) Tải trọng tập trung tồn tại ở khoảng cách không quá $2h$ tính từ mặt gối tựa

- Tiêu chuẩn Eurocode 2 -2004 [3] quy định “dầm cao là một cấu kiện mà nhịp không nhỏ hơn ba lần chiều cao tiết diện tổng”

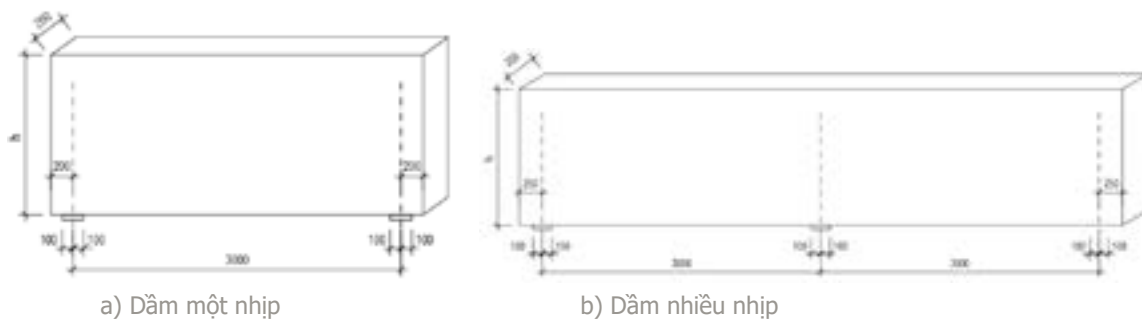
- Tiêu chuẩn IS 456-2000 [4] quy định dầm cao là dầm thỏa mãn:

(1) Dầm đơn giản có $\frac{L}{D} \leq 2$; (2) Dầm liên tục có $\frac{L}{D} \leq 2,5$

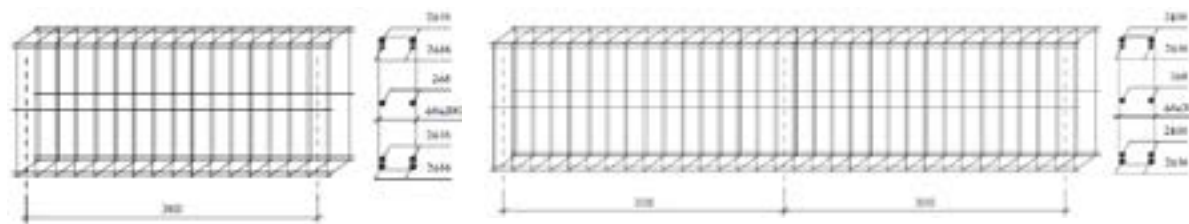
với L là nhịp thông thủy và D là chiều cao dầm

Từ những năm 1983 cho đến 2020, nhiều mẫu dầm cao một nhịp và nhiều nhịp liên tục đã được tiến hành bởi D.M. Rogowsky và cộng sự [5], Ashour [6], Sultan [1], Beshara và các cộng sự [7],... Các tham số được khảo sát thông qua các mẫu thí nghiệm có thể kể đến như: (1) tỷ số nhịp chịu cắt và chiều cao dầm (a/h); (2) Hàm lượng cốt thép chịu cắt theo phương đứng (không bố trí, hàm lượng tối đa, hàm lượng tối thiểu); (3) Hàm lượng cốt thép chịu cắt theo phương ngang (không bố trí, hàm lượng tối đa, hàm lượng tối thiểu); (4) Cường độ chịu nén của bê tông.

Năm 2012, Beshara và cộng sự [7] đã sử dụng phần mềm mô phỏng số ANSYS 10 để dự đoán ứng xử của dầm cao. Đối với ứng xử của vật liệu bê tông, phần mềm đã cho phép kể đến các đường cong ứng suất-biến dạng phi tuyến của vật liệu. Đến năm 2015, Salman [8] tiến hành nghiên cứu số bằng phần mềm ANSYS 12 cho 9 dầm liên tục bê tông cốt thép đã được thí nghiệm trước đó. Năm 2017, Gilberto và cộng sự [9] đã tiến hành mô hình hóa dầm cao một nhịp bằng phần mềm mô phỏng số ABAQUS. Trong đó mô hình song



Hình 1. Mô hình các dầm khảo sát



Hình 2. Hệ khung cốt thép trong các dầm khảo sát

tuyến với tiêu chí phá hoại Von Mises được sử dụng cho cốt thép và kể đến thông số phá hoại dẻo cho bê tông. Tương tự, Ibrahim và cộng sự (2018) [10] cũng đã sử dụng phần mềm ABAQUS để mô phỏng cho dầm cao để khảo sát ảnh hưởng của 2 loại cường độ bê tông và 3 loại kích cỡ khác nhau của lỗ khoét trên dầm cao. Kết quả so sánh cho thấy sự tương đồng giữa các thí nghiệm và các nghiên cứu mô phỏng số.

Trong các nghiên cứu trước đây ít thấy chỉ ra sự phân biệt dầm thường và dầm cao dựa theo điều kiện nào và có sự so sánh rõ ràng về ứng xử giữa 2 loại dầm này. Trong tiêu chuẩn Eurocode và ACI, việc phân biệt dầm cao cũng khác nhau về điều kiện tỷ số nhịp/chiều cao dầm và tỷ số nhịp chịu cắt/ chiều cao dầm. Do đó việc so sánh ứng xử giữa dầm cao và dầm thường thông qua việc thay đổi tỷ số nhịp/chiều cao dầm đối với cả hai trường hợp dầm một nhịp và nhiều nhịp là cần thiết. Nghiên cứu bằng mô phỏng số sẽ cho cái nhìn trực quan hơn về sự phát triển của ứng suất và biến dạng trong bê tông cũng như cốt thép, đồng thời tiết kiệm chi phí cho việc tiến hành thực nghiệm.

2. Mô hình khảo sát cho dầm cao

Nhằm mục đích nghiên cứu khảo sát ứng xử của dầm cao bê tông cốt thép và so sánh với dầm thường bê tông cốt thép, các phương án mô hình khảo sát cho dầm một nhịp và

nhiều nhịp dựa trên sự thay đổi tham số “Tỷ số nhịp/chiều cao dầm (L/h)” được xây dựng như trên Hình 1. Mô hình dầm với các thông số nhịp dầm, bề rộng dầm, vật liệu sử dụng dầm không thay đổi. Trong khi đó, chiều cao của dầm được thay đổi để phù hợp với việc phân biệt dầm cao, dầm thường thông qua tỷ số nhịp/chiều cao dầm. Vật liệu sử dụng bao gồm bê tông có cấp độ bền B30; cốt thép chịu lực dọc và thép gá thành sử dụng nhóm thép CB400-V; cốt thép đai sử dụng nhóm thép CB300-T. Hệ khung cốt thép bố trí trong dầm được thể hiện trên Hình 2. Tải trọng tác dụng lên dầm được khảo sát bởi 2 trường hợp: dầm chịu 1 lực tập trung và dầm chịu 2 lực tập trung (xem Hình 3).

3. Xây dựng mô hình khảo sát bằng ABAQUS

a) Lựa chọn loại phần tử và chia lưới

Dầm bê tông cốt thép được mô hình hóa bằng phần tử C3D8R dạng “solid”. Đây là phần tử khối tuyến tính có 8 bậc tự do được khuyến dùng để phân tích phi tuyến bao gồm liên kết, biến dạng lớn, tính dẻo và sự phá hoại. Các thanh cốt thép có thể được mô hình hóa bằng các phần tử “solid”, dầm hoặc giàn trong ABAQUS. Để giảm chi phí tính toán và để hiểu rõ hơn về cơ chế truyền lực, các phần tử thanh 3-D tuyến tính 2 nút, cụ thể là T3D2 được lựa chọn để mô hình hóa các thanh cốt thép. Kích cỡ chia nhỏ phần tử được lựa chọn là 25mm.

b) Mô hình hóa vật liệu

Khi mô hình hóa bằng phần mềm phần tử hữu hạn, bê tông cần phải được mô hình hóa với đầy đủ các tính chất của nó tương ứng với cả trạng thái đàn hồi và dẻo vì bê tông là vật liệu đàn hồi dẻo. Mô hình kể đến biến dạng dẻo (CDP) của bê tông khi phá hoại được phát triển bởi Lubliner et al (1989) [11] và Lee and Fenves (1998) [12]. Giá trị của các tham số CDP được triển khai trong ABAQUS đóng vai trò quan trọng để thu được kết quả tốt và tin cậy có thể được xem trong Bảng 3.

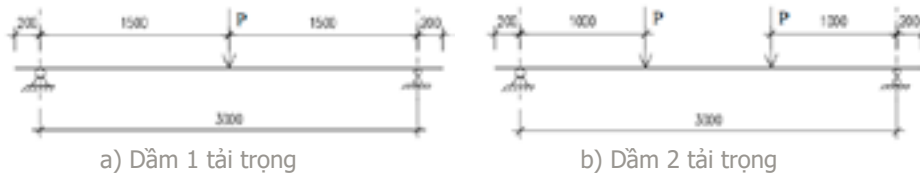
Đường cong ứng suất-biến dạng đơn trục của bê tông khi nén và kéo tương ứng với hai giá trị tham số phá hoại đơn trục khi

Bảng 1. Bảng thông số các dầm một nhịp khảo sát

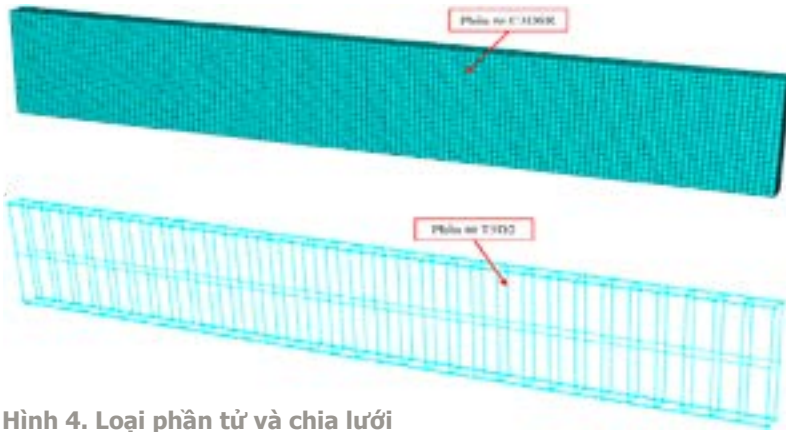
Bề rộng dầm	200 (mm)						
Nhịp L	3000 (mm)						
Tên mô hình	H300	H400	H500	H750	H1200	H1500	H2000
Tỉ lệ L/h	10	7,5	6	4	2,5	2	1,5
Chiều cao h (mm)	300	400	500	750	1200	1500	2000

Bảng 2. Bảng thông số các dầm nhiều nhịp khảo sát

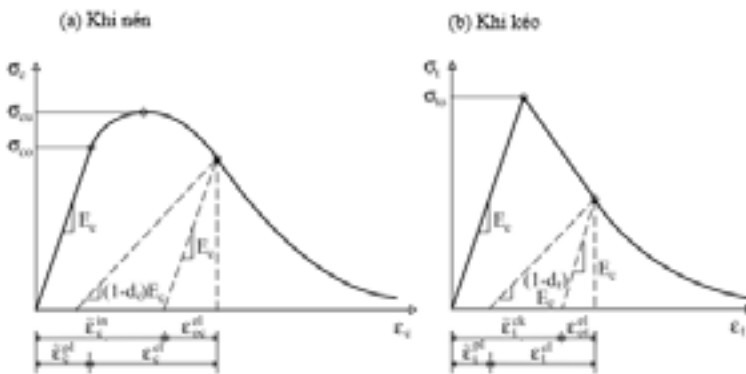
Bề rộng dầm	200 (mm)						
Nhịp dầm L	3000 (mm)						
Tên mô hình	S300	S400	S500	S600	S750	S1000	S1200
Tỷ số L/h	10	7,5	6	5	4	3	2,5
Chiều cao h (mm)	300	400	500	750	1200	1500	2000



Hình 3. Sơ đồ chất tải trong các dầm khảo sát



Hình 4. Loại phần tử và chia lưới



Hình 5. Đường cong ứng suất-biến dạng của bê tông [3]

Bảng 3. Thông số CDP của bê tông trong ABAQUS

Dilation angle (Góc giãn nở)	Eccentricity (Độ lệch thế năng)	f_{b0} / f_{c0}	K	Viscosity paramater (Độ nhớt)
36	0.1	1.15	0.6667	0.01

kéo và nén có thể được xác định theo tiêu chuẩn Eurocode 2 [3] và bởi Kratzig và Polling (2004) (Xem Hình 5). Hai tham số phá hoại đơn trục khi nén và kéo này được đưa vào trong mục "Concrete Compression Damage" và "Concrete Tension Damage" trong ABAQUS. Hệ số Poisson của bê tông được lấy bằng 0,2.

Mối quan hệ ứng suất-biến dạng của cốt thép dọc và cốt thép đai được giả định theo TCVN 5574-2018. Trong ABAQUS, giới hạn chảy dẻo và mô đun đàn hồi của cốt thép được lấy tương ứng như sau: 300 MPa và 200000 MPa đối với thép đai sử dụng loại thép CB300-V; 400 MPa và 200000 MPa đối với thép dọc sử dụng loại thép CB400-V. Hệ số Poisson cho thép lấy bằng 0,3.

c) Điều kiện tương tác, điều kiện biên và tải trọng

Liên kết tương tác giữa các thành phần đóng vai trò quan trọng trong ứng xử của mô hình. Định nghĩa không chính xác về các liên kết tương tác có thể đưa các điều kiện phi vật lý vào quá trình mô phỏng, do đó chúng cần phải được xem xét một cách cẩn thận. Trong nghiên cứu này, các thanh cốt thép

như thanh dọc và thép đai được neo hoàn toàn trong bê tông nên tương tác liên kết giữa hệ khung cốt thép với bê tông xung quanh sử dụng phương pháp ràng buộc nhúng "Embedded constraint" trong phần mềm ABAQUS..

Trong phần khai báo, hệ khung cốt thép được đặc trưng bởi các phần tử thanh là "embedded region" trong khi toàn bộ phần bê tông là "host region". Ràng buộc này cho phép cường độ lực dính không xác định tại bề mặt giữa bê tông và hệ khung cốt thép. Mô hình dầm khảo sát là dầm có liên kết khớp nên điều kiện biên của các gối tựa là hạn chế chuyển vị theo phương đứng (trục Y), theo phương ngang (trục X) và góc xoay quanh trục Z. Tải trọng tác dụng lên dầm được mô hình hóa bằng tải trọng phân bố đều tác dụng lên phần diện tích có kích thước 200x100mm.

4. So sánh kết quả thực nghiệm của Beshara và cộng sự với kết quả mô phỏng ABAQUS

Để tăng tính tin cậy của quy trình mô phỏng, thực hiện khảo sát lại thí nghiệm theo tài liệu của Beshara và cộng sự [7]. Dựa theo các thông số vật liệu của thí nghiệm đã cho, tiến hành so sánh vùng phá hoại trong phần mềm mô phỏng số ABAQUS với vết nứt dầm khảo sát thực nghiệm. Hình 6 chỉ ra vùng phá hoại theo phân tích bằng mô phỏng số và vết nứt thu được từ thí nghiệm. Kết quả cho thấy sự tương đồng giữa kết quả mô phỏng số và thực nghiệm. Vùng chịu cắt phát triển nhanh, chiếm ưu thế so với vùng phá hoại do uốn. Ngoài ra giá trị tải trọng phá hoại P_u thu được từ mô phỏng số là $P_u = 817.5$ (kN) cũng tương đồng với giá trị tải trọng giới hạn thu được từ thí nghiệm là $P_u = 819$ (kN). Do vậy, kết quả từ mô phỏng số hoàn toàn có thể tin cậy và dùng để dự đoán ứng xử của dầm cao trong các trường hợp khác nhau.

5. Kết quả phân tích ứng xử dầm cao một nhịp và nhiều nhịp bằng ABAQUS

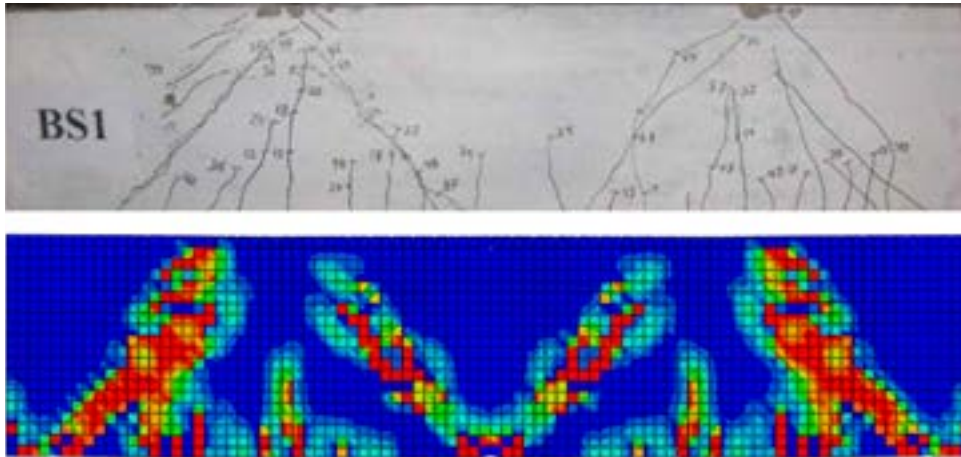
Đối với ứng xử khi chịu ứng suất nén chính của bê tông, do tác động nén của lực tập trung và phản lực tại hai gối tựa, vùng nguy hiểm đầu tiên xuất hiện tại khu vực gối tựa, sau đó là tại điểm đặt lực tập trung trong tất cả các trường hợp L/h. Sau khi xuất hiện những vùng nguy hiểm về ứng suất nén đầu tiên, các vùng này sẽ chỉ tiếp tục phát triển xung quanh điểm đặt lực và khu vực gối tựa khi tỷ số nhịp và chiều cao dầm lớn hơn 4. Tuy nhiên đối với các dầm có tỷ số này nhỏ hơn 4, các thanh chống chịu nén bắt đầu được hình thành nối điểm đặt lực và gối tựa (Vùng D). Sự khác biệt rõ rệt này có thể được dùng để phân biệt 2 trường hợp tính toán dầm thường hay dầm cao. Quan sát Hình 7a thấy rằng các thanh chống này thường có dạng hình chai khi tỷ số L/h càng giảm và đồng thời điểm hình thành của thanh chống không phải vị trí đặt tải mà lùi xuống phía dưới. Điều này có nghĩa là góc nghiêng của thanh chống có giới hạn. Ứng xử này là tương tự đối với dầm một nhịp đặt 2 tải trọng tập trung.

Đối với ứng xử khi chịu ứng suất kéo chính của bê tông, vùng nguy hiểm do kéo thường xuất hiện tại vị trí giữa dầm. Sau đó các vùng nguy hiểm này sẽ tiếp tục phát triển và lan

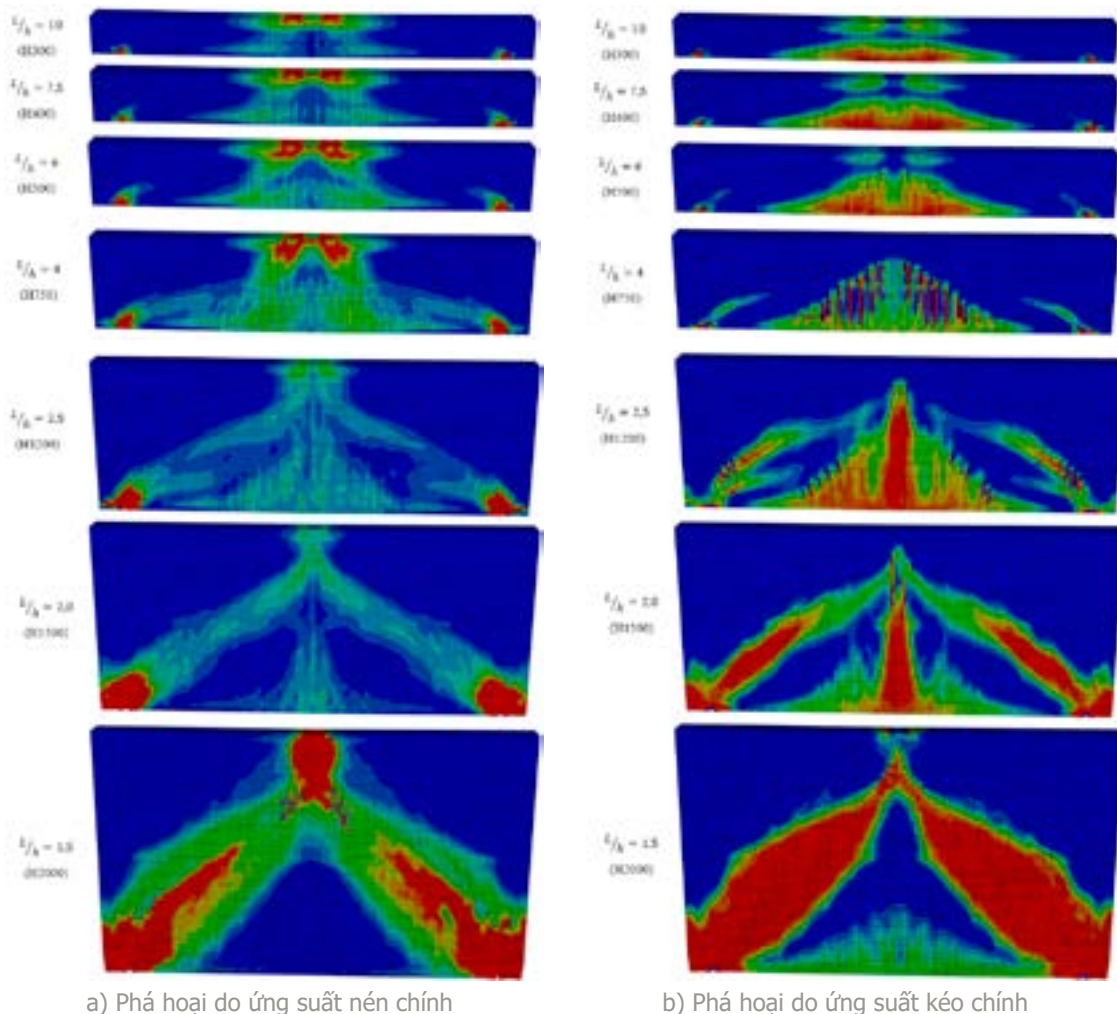
ra xung quanh đối với các dầm có tỷ số L/h lớn hơn 4 tức là tương tự như ứng xử của các dầm thường đơn giản chịu uốn. Trong khi đó với các dầm có tỷ số $L/h < 4$, các vùng nguy hiểm kéo nghiêng xuất phát từ các gối tựa dầm trở nên quan trọng và phát triển nhanh do ảnh hưởng của lực cắt, vùng kéo ở giữa dầm phát triển chậm hơn (xem Hình 7b). Đặc biệt khi tỷ số $L/h < 2$, sự phá hoại thiên về phá hoại do cắt nhiều hơn rõ ràng so với sự phá hoại do uốn giữa

dầm. Các vùng nguy hiểm do kéo (Damage T) này đặc trưng cho các vết nứt thực tế trên dầm theo các thí nghiệm hiện trường. Đối với dầm chịu 2 tải tập trung tức là tỷ số nhịp chịu cắt/chiều cao dầm thay đổi, sự phá hoại do cắt chiếm ưu thế so với sự phá hoại do uốn diễn ra khi tỷ số $L/h < 4$ (xem Hình 8b). Điều này có nghĩa rằng tỷ số nhịp chịu cắt/chiều cao dầm có ảnh hưởng đến việc phân biệt ứng xử dầm cao, dầm thường.

Ứng xử của dầm cao bê tông cốt thép nhiều nhịp khi chịu ứng suất nén chính tương đồng với dầm cao một nhịp. Vùng nguy hiểm đầu tiên xuất hiện tại khu vực gối tựa, sau đó là tại điểm đặt lực tập trung trong tất cả các trường hợp L/h (xem Hình 9a). Sau đó các vùng này sẽ chỉ tiếp tục phát triển xung quanh điểm đặt lực và khu vực gối tựa khi tỷ số nhịp và chiều cao dầm lớn hơn 5. Tuy nhiên đối với các dầm có tỷ số này nhỏ hơn 5, các thanh chống chịu nén bắt đầu được hình thành



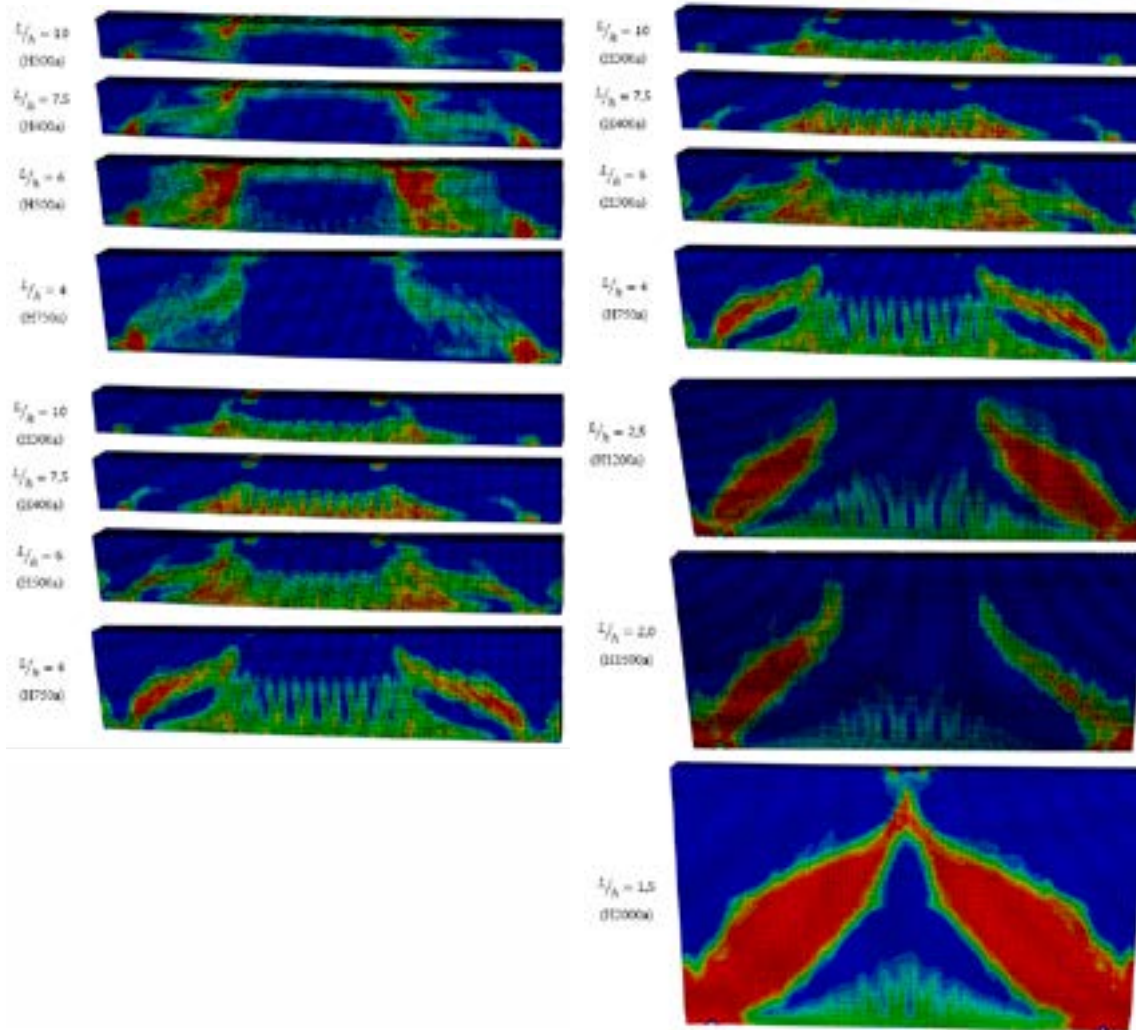
Hình 6. So sánh vùng phá hoại giữa 2 trường hợp



a) Phá hoại do ứng suất nén chính

b) Phá hoại do ứng suất kéo chính

Hình 7. Sự phá hoại do ứng suất nén và kéo chính trong dầm 1 nhịp – 1 tải



a) Phá hoại do ứng suất nén chính

b) Phá hoại do ứng suất kéo chính

Hình 8. Sự phá hoại do ứng suất nén và kéo chính trong dầm 1 nhịp – 2 tải

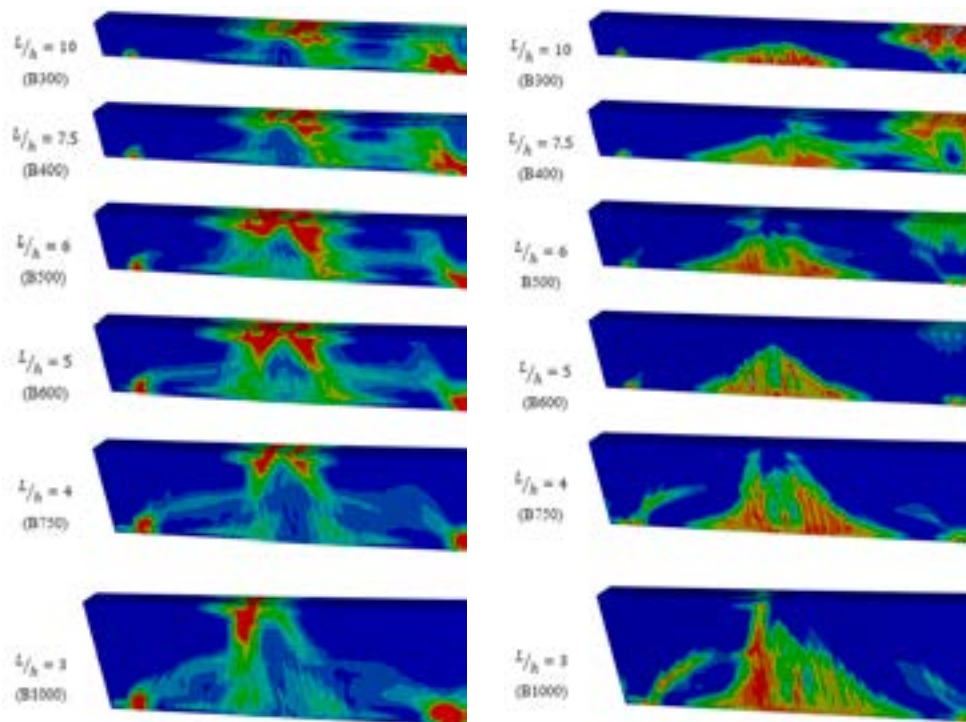
nổi điểm đặt lực và gối tựa (Vùng D). Quan sát Hình 9a thấy rằng thanh chống hình thành rõ ràng hơn khi tỷ số $L/h \leq 2,5$. Điểm bắt đầu của thanh chống xuất phát từ gối tựa đến điểm phía bên dưới của vị trí đặt tải tương ứng với khoảng 0,2 lần chiều cao dầm. Khi tỷ số nhịp chịu cắt/chiều cao dầm thay đổi tương ứng với việc dầm có 2 tải trọng, thanh chống hình thành có dạng hình chai rõ ràng hơn khi tỷ số $L/h \leq 3$.

Đối với ứng xử khi chịu ứng suất kéo chính của bê tông trong dầm nhiều nhịp, hầu hết trong các dầm với tỷ số $L/h \geq 5$, vùng nguy hiểm do kéo thường xuất hiện tại vị trí phía bên trên gối tựa giữa. Tuy nhiên khi tỷ số này nhỏ hơn 5, vùng nguy hiểm do ứng suất kéo gây ra lại xuất hiện tại nơi có giá trị momen dương lớn nhất. Điều này có thể giải thích thông qua mối quan hệ giữa độ cứng dầm với độ cứng của gối tựa gây ra sự phân phối giữa momen dương giữa nhịp và momen âm tại gối. Sau khi xuất hiện những vùng nguy hiểm về kéo đầu tiên ở khu vực giữa dầm, các vùng nguy hiểm này sẽ tiếp tục phát triển và lan ra xung quanh đối với các dầm có tỷ số L/h lớn hơn 4 tức là tương tự như ứng xử của các dầm thường đơn giản chịu uốn. Trong khi đó với các dầm có tỷ số $L/h < 4$, các vùng nguy hiểm kéo nghiêng xuất phát từ các gối tựa dần trở nên quan trọng và phát triển nhanh do ảnh hưởng của lực cắt, vùng kéo ở giữa dầm phát triển chậm hơn (xem Hình 9b). Đặc biệt khi tỷ số $L/h \leq 2,5$, sự phá hoại thiên về phá hoại do cắt nhiều hơn rõ ràng so với

sự phá hoại do uốn giữa dầm. Điều này xảy ra tương tự đối với dầm nhiều nhịp chịu 2 tải trọng tập trung tương ứng với việc thay đổi tỷ số nhịp chịu cắt/chiều cao dầm (xem Hình 10)

Giá trị ứng suất pháp được lấy từ các điểm trên trục tiết diện của dầm tại mặt cắt chính giữa nhịp dầm tương ứng với khi tải trọng tác dụng lên dầm còn rất nhỏ và tại thời điểm tải trọng đạt đến giá trị gây phá hoại. Biểu đồ ứng suất pháp được lấy tại thời điểm tải trọng đạt đến P_u được thể hiện trong Hình 11. Kết quả khảo sát cho thấy khi tải trọng tác dụng lên dầm còn nhỏ, dầm trong các trường hợp khảo sát có tỷ số $L/h \geq 4$ đều đang làm việc trong giai đoạn đàn hồi. Biểu đồ ứng suất pháp gần như thẳng, trục trung hòa nằm ở giữa chiều cao dầm. Trong khi đó các mô hình với tỷ số $L/h < 4$ có biểu đồ ứng suất pháp vùng nén phức tạp hơn.

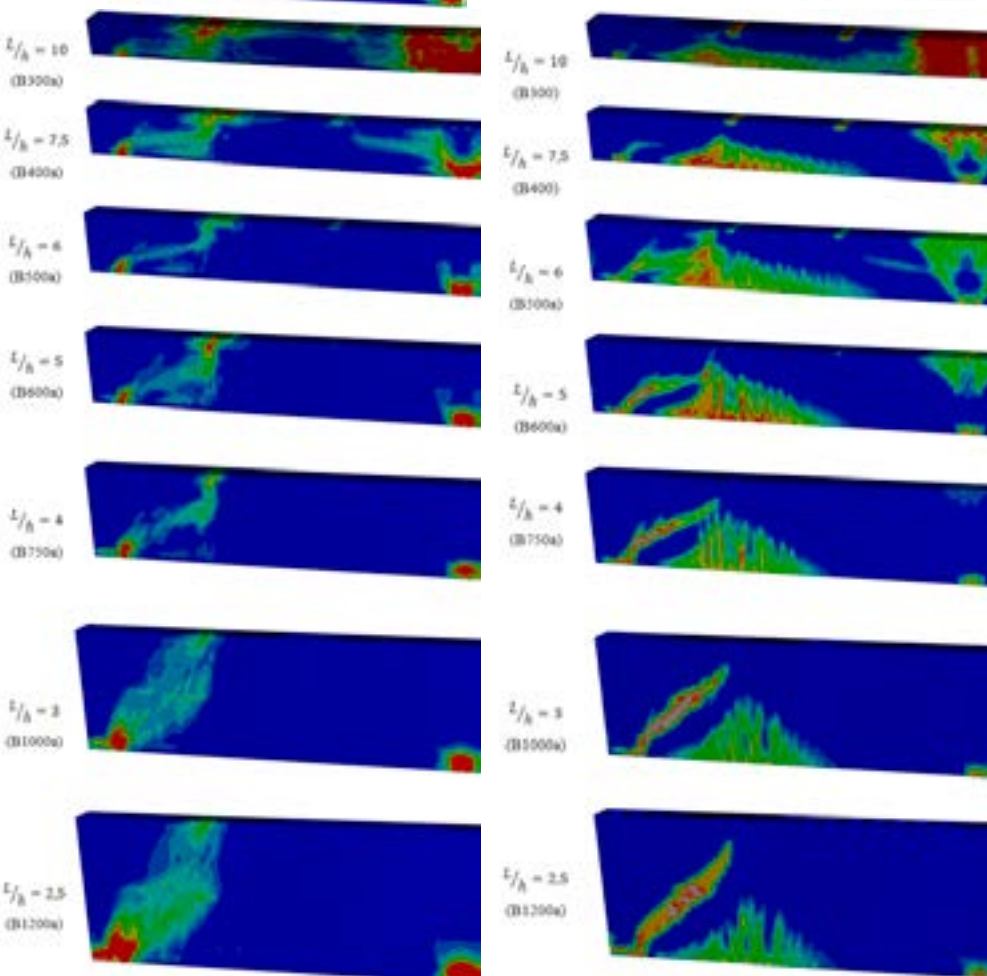
Khi tải trọng tăng lên, tính dẻo của bê tông tăng lên dẫn đến biểu đồ ứng suất trở thành đường cong. Trục trung hòa tiến dần về mép trên của dầm, vùng nén dần dần bị thu hẹp lại. Đối với các mô hình có tỷ số $L/h \geq 4$, biểu đồ ứng suất pháp vùng nén có dạng hình parabol. Trong khi các mô hình có tỷ số $L/h < 4$, biểu đồ ứng suất pháp vùng nén không còn dạng hình parabol mà phức tạp hơn nhiều (Hình 11). Điều này có thể được sử dụng để phân biệt trường hợp dầm cao và dầm thường trong tính toán thiết kế. Kết quả khảo sát biểu đồ ứng suất pháp đối với trường hợp dầm nhiều nhịp cũng thu được kết quả tương tự.



a) Phá hoại do ứng suất nén chính

b) Phá hoại do ứng suất kéo chính

Hình 9. Sự phá hoại do ứng suất nén và kéo chính trong đầm nhiều nhịp – 1 tải



a) Phá hoại do ứng suất nén chính

b) Phá hoại do ứng suất kéo chính

Hình 10. Sự phá hoại do ứng suất nén và kéo chính trong đầm nhiều nhịp – 2 tải

Kết luận

Trong phạm vi khảo sát của bài báo này, việc khảo sát tham số tỷ số nhịp/ chiều cao dầm bằng phần mềm ABAQUS đã được tiến hành nhằm phân tích ứng xử của dầm tương ứng với dầm cao và dầm thường. Kết quả cho thấy một số kết luận sau:

- Đối với các dầm một nhịp hay nhiều nhịp, khái niệm dầm cao được sử dụng khi tỷ số $L/h \leq 3.0$ là phù hợp với quy định của tiêu chuẩn châu Âu vì sự phá hoại do cắt của dầm chiếm ưu thế vượt trội so với sự phá hoại do uốn của dầm.

- Đối với các dầm một nhịp hay nhiều nhịp, khái niệm dầm cao cũng được sử dụng khi tỷ số nhịp chịu cắt / chiều cao dầm $(a/h) < 2$ là phù hợp với quy định của tiêu chuẩn ACI 318 vì sự phá hoại do cắt của dầm chiếm ưu thế vượt trội so với sự phá hoại do uốn của dầm.

- Ứng xử của dầm cao theo phân tích của mô phỏng số cho thấy kết quả phù hợp với việc thiết kế dầm cao theo phương pháp sử dụng mô hình thanh chống-giằng.

- Vị trí hình thành thanh chống khi chuyển đổi thành mô hình thanh chống-giằng nên được lấy cách vị trí đặt tải tập trung một đoạn bằng khoảng 0,15-0,2 lần chiều cao dầm.

Ứng xử của dầm cao bê tông cốt thép còn phụ thuộc vào nhiều tham số khác do đó cần có thêm các nghiên cứu sử dụng mô phỏng số ABAQUS vào việc phân tích ảnh hưởng của các tham số khác nhau đến ứng xử của dầm cao./.



Hình 11. Biểu đồ ứng suất pháp tại tiết diện giữa nhịp trong dầm 1 nhịp – 1 tải

Tài liệu tham khảo

- Salman, W.D., *Nonlinear Behavior of Reinforced Concrete Continuous Deep Beam. International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 2015. Vol 4(Issue 4): p. 249-255.
- ACI-318, *Building code requirements for reinforced concrete*. 2019: American Concrete Institute.
- Eurocode-2, *Design of concrete structures-Part 1: General rules and rules for buildings*. EN1992-1-1. 2005: European Committee for Standardization.
- IS 456-2000: *Plain and Reinforced Concrete Code of Practice*, Bureau of Indian Standard: New Delhi 110002.
- Rogowsky, D.M., J.G. MacGreGor, and S.Y. Ong, *Tests of reinforced concrete deep beams*, 1983, Department of Civil Engineering - The university of Alberta - Canada.
- Ashour, A.F., *Experimental behaviour of reinforced concrete continuous deep beams*. *Transactions on Built Environment*, 1996. 17: p. 268-277.
- Beshara, F., I. Shaaban, and T. Sayed Mustafa, *Behaviour and Analysis of Reinforced Concrete Continuous Deep Beams*. *Engineering Research Journal, Faculty of Engineering at Shoubra*, 2012. 17.
- D. Salman, W., *Nonlinear Behavior of Reinforced Concrete Continuous Deep Beam. International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 2015. Vol. 4: p. 249-255.
- Rodríguez Plasencia, G., et al., *Study of the behavior of reinforced concrete deep beams. Estimate of the ultimate shear capacity*. *Revista de la construcción*, 2017. 16: p. 43-56.
- Ibrahim, M.A., et al., *Proposed formula for design of deep beams with shear openings*. *HBRC Journal*, 2018. 14.
- Lubliner, J., et al., *A plastic-damage model for concrete*. *International Journal of Solids and Structures*, 1989: p. 299-326.
- Lee, J. and G.L. Fenves, *A plastic-damage concrete model for earthquake analysis of dams*. *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, 1998. 27(9): p. 937-956.