

# PHÂN TÍCH KHẢ NĂNG CHỊU TẢI TRỌNG CỦA LIÊN KẾT CỘT ỐNG THÉP NHỒI BÊ TÔNG VÀ SÀN KHÔNG DẦM BÊ TÔNG CỐT THÉP

Đoàn Tấn Thi

Bộ môn Kỹ thuật Kết cấu, Khoa Công trình, Trường Đại học Giao thông vận tải

Nhận ngày 05/01/2021, chỉnh sửa ngày 25/01/2021, chấp nhận đăng 09/04/2021

## Tóm tắt

Bài báo này nghiên cứu khả năng chịu tải trọng của liên kết cột ống thép nhồi bê tông và sàn không dầm bê tông cốt thép. Chương trình thực nghiệm được tiến hành trên 2 mẫu thí nghiệm, đồng thời bài báo cũng tiến hành thực hiện phân tích bằng việc mô phỏng số trên phần mềm ABAQUS. Kết quả mô phỏng số được so sánh với kết quả đạt được từ nghiên cứu thực nghiệm để chứng tỏ sự phù hợp của mô hình đề xuất. Việc xây dựng một mô hình số có khả năng dự đoán ứng xử kết cấu của liên kết phù hợp với kết quả thực nghiệm là một điều cần thiết để có được kết quả tin cậy trong việc áp dụng cho việc thiết kế loại liên kết này trong thực tiễn mà không cần thực hiện các thí nghiệm tốn kém và mất thời gian.

**Từ khóa:** Cột ống thép nhồi bê tông, sàn không dầm bê tông cốt thép, phần mềm ABAQUS.

## Abstract

This paper investigates the load-bearing capacity of concrete filled steel tube column and reinforced concrete flat slab. The experimental program was conducted on 2 experimental samples, and the paper also performed the analysis by numerical simulation on the ABAQUS software. The numerical simulation results are compared with the results obtained from experimental research to prove the suitability of the proposed model. Building a numerical model capable of predicting the connection structural behavior in accordance with the experimental results is essential to obtain reliable results in the application of this type of connection design in practice without carrying out costly and time-consuming experiments.

**Keywords:** Concrete filled steel tube column, reinforced concrete flat slab, ABAQUS software.

## 1. Đặt vấn đề

Cột ống thép nhồi bê tông (CFT) đã và đang được sử dụng rộng rãi trên thế giới, đặc biệt là ở Nhật Bản [1], do có nhiều ưu điểm hơn so với cột thép hoặc cột bê tông cốt thép (BTCT) truyền thống về mặt kiến trúc, kết cấu và thi công.

Sàn không dầm bê tông cốt thép (BTCT) được sử dụng rộng rãi trong các công trình dân dụng như cao ốc văn phòng và căn hộ chung cư vì có nhiều ưu điểm như giảm chiều cao tầng [2], có tính thẩm mỹ cao, công năng phòng có thể thay đổi một cách linh hoạt, giảm thời gian thi công, hệ ván khuôn đơn giản và có chi phí thấp.

Thời gian gần đây nhiều tác giả đã tiến hành nghiên cứu sử dụng cột CFT thay thế cho cột BTCT thông thường trong giải pháp kết cấu sàn không dầm. Tuy nhiên, điểm khó khăn lớn nhất của liên kết cột CFT - sàn không dầm BTCT là tính không toàn khối của 2 loại cấu kiện này và việc làm sao giữ được tính liên tục của ống thép và cốt thép sàn trong cấu tạo để đảm bảo sự truyền lực từ cột trên xuống và việc neo cốt thép sàn chịu kéo.

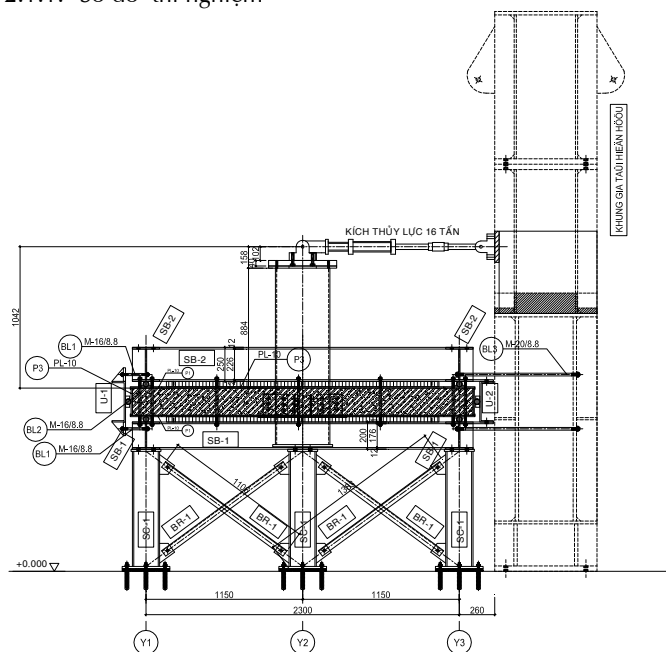
Qua việc tham khảo các chi tiết liên kết đã được công bố trên thế giới, bài báo này đề xuất một chi tiết liên kết giữa cột CFT và sàn không dầm BTCT đơn giản, hiệu quả và phù hợp với điều kiện thi công trong nước. Thông qua các tính toán và mô phỏng sơ bộ, các kích thước của liên kết sẽ được đề xuất và khả năng chịu lực của liên kết sẽ được khảo sát thông qua nghiên cứu thực nghiệm. Sau đó liên kết cột-sàn cũng được mô phỏng

bằng phần mềm phần tử hữu hạn 3 chiều ABAQUS để so sánh kiểm chứng với kết quả thực nghiệm.

## 2. Nghiên cứu thực nghiệm

### 2.1. Chương trình thí nghiệm

#### 2.1.1. Sơ đồ thí nghiệm

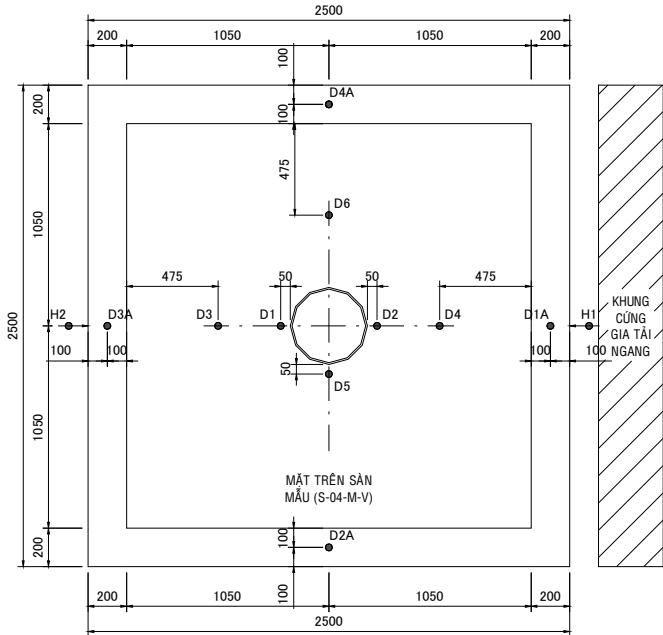


**Hình 2.1.** Sơ đồ thí nghiệm cho mẫu (S-04-M-V) chịu tải trọng ngang và đứng.

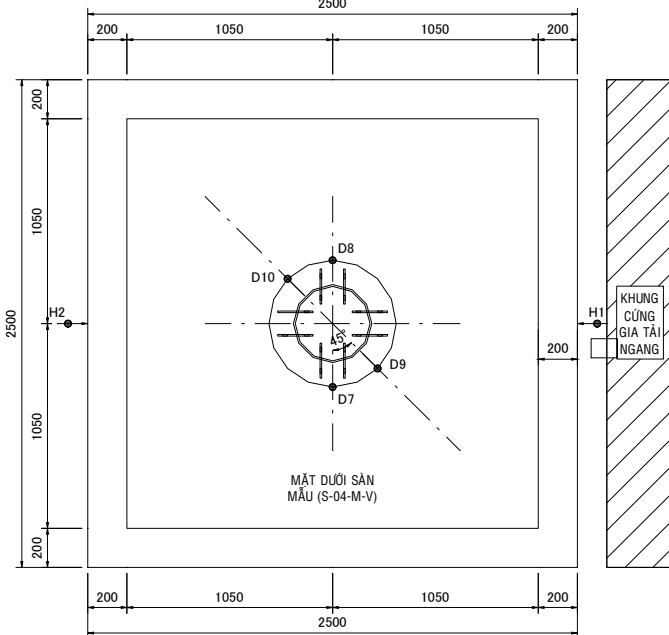
2.1.2. Quy trình gia tải

Giai đoạn 1: Một kích thủy lực được gắn tại đầu cột để tiến hành gia tải ngang theo phương pháp điều khiển chuyển vị [3], các bước gia tải chuyển vị được thực hiện với tần số  $f = 0.25$  Hz, có số chu kỳ lặp lại là 3 lần, tổng thời gian tiến hành thí nghiệm cho một cấp gia tải chuyển vị là 12 giây. Các bước gia tải chuyển vị được tăng dần theo các giá trị sau: 2 mm, 4 mm, 6 mm và 8 mm.

Giai đoạn 2: Một kích thủy lực được gắn tại chân cột để tiến hành gia tải đứng đến khi liên kết bị phá hoại hoàn toàn do chọc thủng.



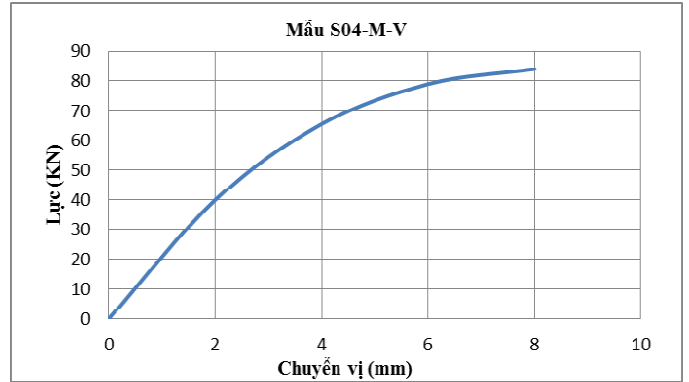
Hình 2.2. Sơ đồ lắp đặt chuyển vị kế ở mặt trên sàn của mẫu (S-04-M-V).



Hình 2.3. Sơ đồ lắp đặt chuyển vị kế ở mặt dưới sàn của mẫu (S-04-M-V).

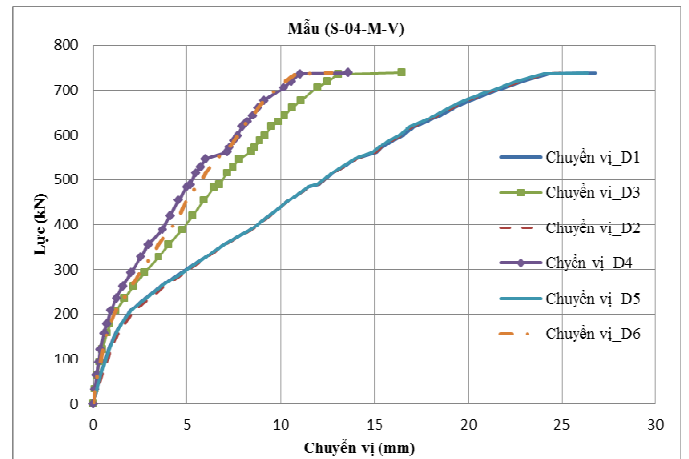
2.2. Kết quả thí nghiệm

Giá trị kết quả đo ở giai đoạn 1: Giá trị lực kích đo được ứng với cấp chuyển vị đỉnh cột 8 mm là 84 kN, trên sàn chưa xuất hiện vết nứt.



Hình 2.4. Quan hệ độ lực – chuyển vị đỉnh cột của mẫu (S-04-M-V) ở giai đoạn gia tải ngang.

Giá trị kết quả đo ở giai đoạn 2: Vết nứt đầu tiên xuất hiện ở mặt trên vị trí sườn đứng liên kết với cột thép ứng với cấp tải là 300 kN, cùng với việc gia tăng tải trọng vết nứt phát triển về số lượng, chiều dài và bề rộng hướng về phía góc sàn, vết nứt tiếp tục xuất hiện ngoài chu vi cột ở cấp tải 520 kN, khi mẫu bị phá hoại hoàn toàn do chọc thủng tương ứng với cấp tải là 738 kN.



Hình 2.5. Quan hệ độ lực – chuyển vị của các chuyển vị kế trên mẫu (S-04-M-V) ở giai đoạn gia tải đứng.

3. Mô phỏng số

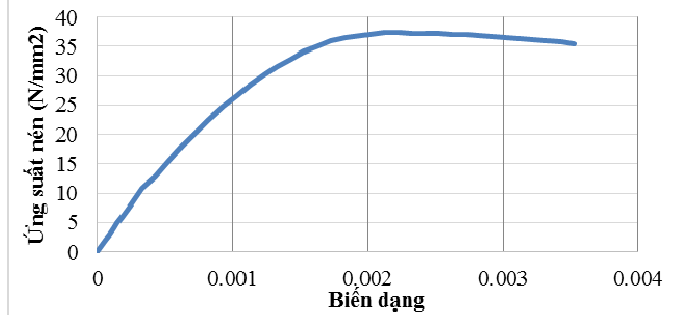
3.1. Thông số cơ bản của vật liệu

3.1.1. Thông số vật liệu bê tông

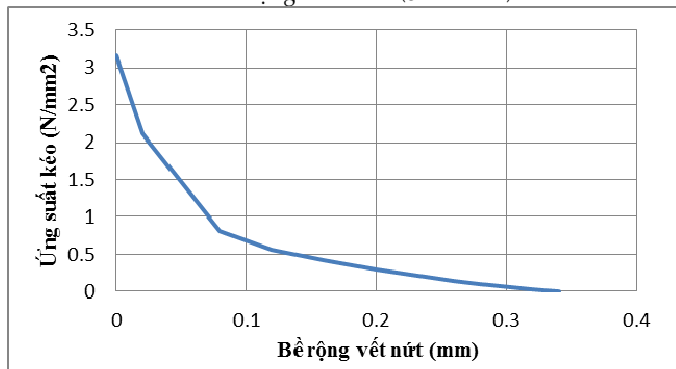
Bê tông sử dụng cho mẫu (S-04-M-V) không sử dụng phụ gia nhằm đảm bảo bê tông làm việc trong điều kiện bình thường. Bê tông được lấy mẫu tại hiện trường với kích thước mẫu hình trụ có đường kính  $d = 150$  mm, chiều cao mẫu  $h = 300$  mm. Sau 32 ngày tuổi các mẫu bê tông được tiến hành thí nghiệm nhằm xác định cường độ chịu nén và kéo trung bình.

**Bảng 3.1.** Thông số vật liệu bê tông.

Thông số	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị
Cường độ nén trung bình	$f_{an}$	37.4	MPa
Cường độ kéo trung bình	$f_{cm}$	3.16	MPa
Module đàn hồi	$E_c$	32680	MPa
Hệ số nở hông	$\nu$	0.2	MPa
Năng lượng phá hoại kéo	$G_f$	0.171	MPa
Bề rộng vết nứt cực hạn	$w$	320	$\mu m$



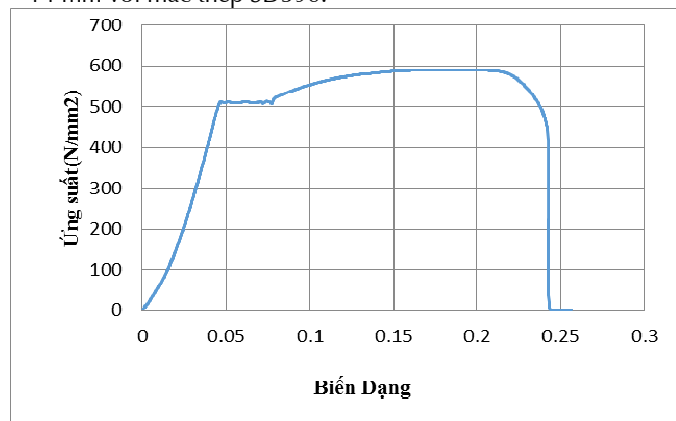
**Hình 3.1.** Quan hệ ứng suất – biến dạng của bê tông khi chịu nén sử dụng cho mẫu (S-04-M-V).



**Hình 3.2.** Quan hệ ứng suất – bề rộng vết nứt của bê tông khi chịu kéo sử dụng cho mẫu (S-04-M-V).

3.1.2. Thông số vật liệu cốt thép sàn

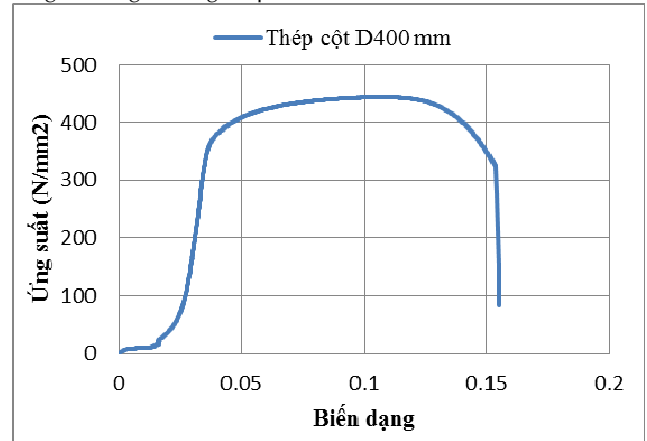
Cốt thép được sử dụng là loại thép Việt – Nhật có đường kính  $d = 14$  mm với mức thép SD390.



**Hình 3.3.** Quan hệ ứng suất – biến dạng của cốt thép sàn sử dụng cho mẫu (S-04-M-V).

3.1.3. Thông số vật liệu thép cột ống

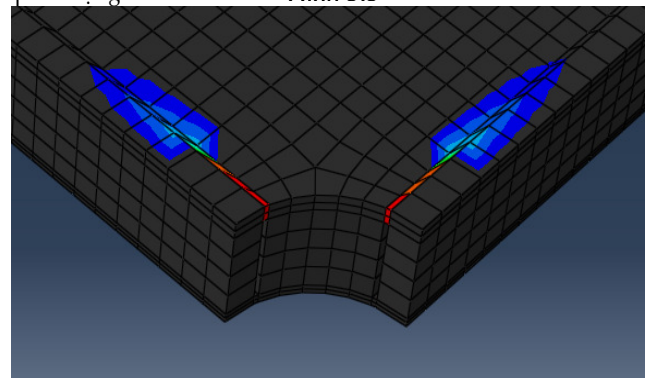
Đường cong quan hệ ứng suất – biến dạng của thép cột CFT có đường kính ngoài ống thép  $D = 400$  mm.



**Hình 3.4.** Quan hệ ứng suất – biến dạng của thép cột ống sử dụng cho mẫu (S-04-M-V).

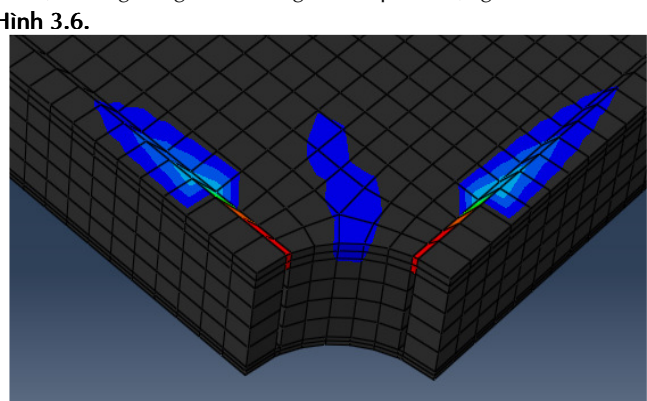
3.2. Kết quả mô phỏng số

Kết quả mô phỏng cho thấy vùng nứt chỉ xuất hiện trong giai đoạn gia tải chọc thủng, vùng nứt đầu tiên xuất hiện ở lớp bê tông phía trên và phía dưới của sườn đứng dày 8 mm ứng với cấp tải trọng là 200 kN xem **Hình 3.5**.



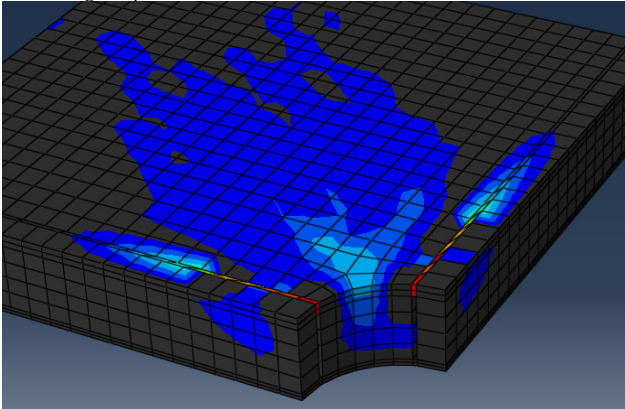
**Hình 3.5.** Vùng nứt đầu tiên xuất hiện ở mặt trên sàn tại vị trí có sườn đứng.

Vùng nứt thứ 2 xuất hiện ở mặt trên của sàn theo phương 45 độ hướng về góc sàn ứng với cấp tải trọng là 260 kN xem **Hình 3.6**.



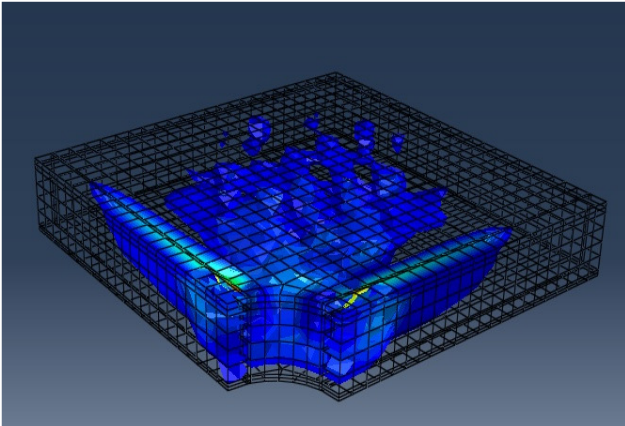
**Hình 3.6.** Vùng nứt thứ 2 xuất hiện theo phương 45° hướng về góc sàn.

Các vùng nứt này tiếp tục phát triển bên ngoài chu vi cột và mở rộng về phía cạnh dưới của sàn xem **Hình 3.7**.



**Hình 3.7.** Sự mở rộng vùng nứt về phía dưới của sàn.

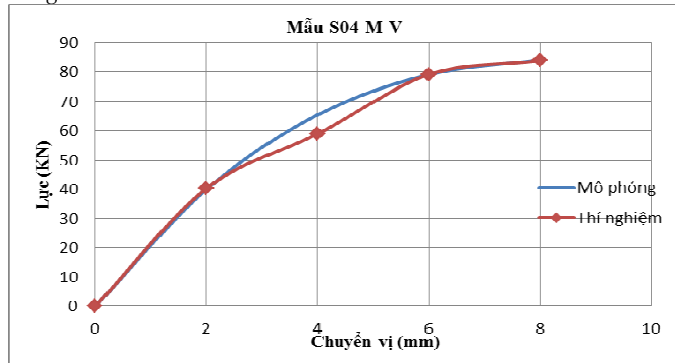
Khi liên kết bị phá hoại các vùng nứt liên kết lại tạo thành tháp chọc thủng ứng với cấp tải trọng cực hạn là 707 kN xem **Hình 3.8**.



**Hình 3.8.** Chu vi tháp chọc thủng của mẫu (S-04-M-V).

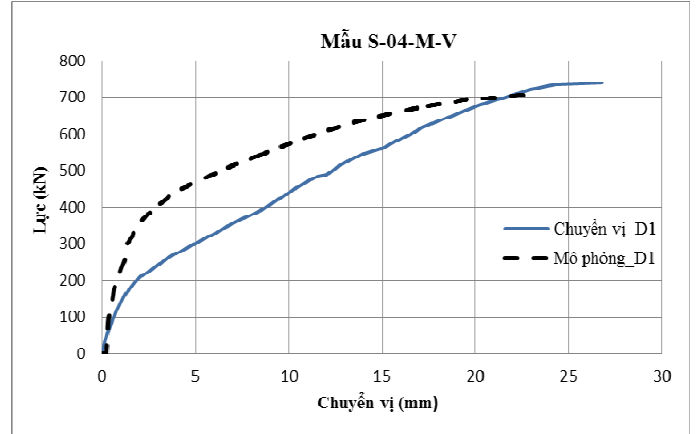
**3.3. So sánh kết quả mô phỏng và kết quả thực nghiệm**

Gia tải ngang bằng phương pháp điều khiển chuyển vị đến giá trị chuyển vị đầu cột là 8 mm thì giá trị lực ngang khi mô phỏng bằng phần mềm ABAQUS [4] và khi thí nghiệm là như nhau và bằng 84 kN.



**Hình 3.9.** So sánh kết quả quan hệ lực – chuyển vị tại đỉnh cột của mẫu (S-04-M-V).

Gia tải đứng đến khi liên kết bị phá hoại hoàn toàn do chọc thủng.



**Hình 3.10.** So sánh kết quả quan hệ lực – chuyển vị D1 của mẫu (S-04-M-V).

**4. Kết luận**

Từ các kết quả thí nghiệm và mô phỏng số cho thấy:

- Tải trọng ngang để đạt được chuyển vị xoay cưỡng bức theo chuyển vị tương đối mục tiêu H/140 hầu như không ảnh hưởng đến khả năng kháng chọc thủng của liên kết cột CFT- sàn không dầm BTCT.
- Hàm lượng cốt thép chịu kéo trong sàn ảnh hưởng đến lực chọc thủng cực hạn của liên kết cột CFT- sàn không dầm BTCT, việc gia tăng hàm lượng cốt thép chịu kéo có thể làm tăng khả năng kháng chọc thủng của sàn. Do đó việc kể đến hàm lượng cốt thép trong việc tính toán khả năng kháng chọc thủng của liên kết cột CFT- sàn không dầm BTCT cần được bổ sung trong việc thiết lập công thức tính chọc thủng trong các tiêu chuẩn hiện hành.
- Liên kết mới được đề xuất giữa cột CFT – sàn không dầm BTCT có cấu tạo đơn giản, dễ thi công và lắp đặt trong điều kiện ở Việt Nam, thông qua nghiên cứu thực nghiệm, liên kết đề xuất có hiệu quả trong việc duy trì được tải trọng đứng từ sàn và đạt được độ dai cần thiết khi chịu tải trọng ngang.
- Mô hình số đã được xây dựng cho phép dự đoán được khá tin cậy khả năng chọc thủng cực hạn của liên kết cột CFT - sàn không dầm BTCT và có thể dùng để mô phỏng các dạng liên kết khác của cột CFT - sàn không dầm BTCT.
- Trong chương trình thực nghiệm, mỗi loại mẫu chỉ khảo sát trên 1-2 mẫu thí nghiệm nên bài báo chưa đánh giá hết ảnh hưởng của tất cả các yếu tố đến sự làm việc của liên kết, cần thêm những nghiên cứu để hoàn thiện hơn nữa về loại kết cấu này.
- Chương trình mô phỏng phần nào đã thu được những kết quả bước đầu để thay thế cho những thí nghiệm chưa thể thực hiện được, tuy nhiên do còn nhiều hạn chế về thời gian nên việc mô phỏng vẫn còn chưa được hoàn thiện. Trong những nghiên cứu tới cần nghiên cứu thêm về các phần tử sử dụng trong mô phỏng phần tử hữu hạn phần mềm ABAQUS, đặc biệt phải nghiên cứu thêm nữa về phần tử đặc trưng cho ứng xử giữa cột ống thép và bê tông.

**Tài liệu tham khảo**

- [1] Hiroki Satoh and Kazushi Shimazaki (2004), Experimental research on load resistance performance of cft column/flat plate connection, 13th World Conference on Earthquake Engineering, Vancouver, B.C., Canada, August 1-6, pp 976.
- [2] T. Y. Su Y (2010), Experimental Study of RC Slab – CFT Column Connections under Seismic Deformations, Challenges, Opportunities and Solutions in Structural Engineering and Construction – Ghafoori (ed.).
- [3] M. G. Denby (1985), Dynamic Lateral - Load Tests of R/C Column – Slab, Journal of Structural Engineering, vol. 111, pp. 685-698.
- [4] D. S. S. Corp (2013), ABAQUS Analysis User's Manual, Rhode Island.