

PHÂN TÍCH NỘI LỰC CẦU Vòm ỚNG THÉP NHỒI BÊ TÔNG CHỊU TÁC ĐỘNG CỦA ĐỘNG ĐẤT

INTERNAL FORCE ANALYSIS FOR CONCRETE STEEL TUBULAR ARCH BRIDGE UNDER EARTHQUAKE IMPACT

Hoàng Phương Hoa¹, Trần Đình Hoàng²

¹ Trường Đại học Bách khoa, Đại học Đà Nẵng; Email: hphoa@dut.udn.vn

² Trường Cao đẳng Giao thông Vận tải II; Email: hoangtd@caodanggtvt2.edu.vn

Tóm tắt - Tác động của động đất lên công trình cầu vòm ống thép nhồi bê tông và các bài toán động lực học luôn là một vấn đề cần được quan tâm. Có nhiều phương pháp được đề xuất để tính toán tác động của động đất lên công trình như: phương pháp tĩnh ngang tương đương, phương pháp phổ phản ứng hay phương pháp lịch sử thời gian... Các phương pháp đều có những ưu nhược điểm riêng. Đề tài sẽ đi sâu vào việc phân tích các phương pháp tính toán và đề xuất phương pháp thích hợp tính toán động đất cho công trình cầu vòm ống thép nhồi bê tông. Thực tế, ngoài các nghiên cứu lý thuyết về động lực học động đất phải tiến hành các nghiên cứu thực nghiệm. Từ những nghiên cứu đó, các ứng dụng thiết bị giảm chấn để hạn chế dao động của hệ dầm cầu vòm ống thép nhồi bê tông cũng được áp dụng. Bài báo đã sử dụng phần mềm Midas/Civil 2014 tính toán hiệu quả khi áp dụng biện pháp cấu tạo gối cầu giảm chấn cho công trình cầu đang thi công tại Đà Nẵng.

Từ khóa - tác động của động đất lên công trình; cầu vòm ống thép nhồi bê tông; phân tích nội lực công trình cầu; thiết bị giảm chấn cho công trình cầu; gối cách ly.

1. Đặt vấn đề

Trong những năm gần đây, các hoạt động địa chấn trong khu vực xảy ra khá phức tạp. Chẳng hạn, trận động đất mạnh 7,9 độ Richters tại Tứ Xuyên - Trung Quốc vào tháng 5/2008 đã gây những tổn thất nặng nề, đặc biệt là cơ sở hạ tầng giao thông. Do đó, việc nghiên cứu tác động của động đất lên công trình cầu là cần thiết và có vai trò quan trọng trong việc đảm bảo cho sự hoạt động ổn định của công trình. Đối với cầu vòm ống thép nhồi bê tông, việc sử dụng các loại vật liệu hợp lý và thanh mảnh làm cho kết cấu nhạy cảm với các tác động của tải trọng động như hoạt tải, gió, động đất... Vì vậy, việc nghiên cứu các ứng xử của cầu vòm ống thép nhồi bê tông dưới tải trọng động đất càng quan trọng hơn trong xu hướng nghiên cứu động lực học công trình cầu.

Ở Việt Nam, việc tính toán động đất còn khá mới mẻ và ít tài liệu đề cập đến các phương pháp tính toán động đất cũng như các tác động của động đất gây ra đối với công trình cầu [1, 2, 3, 4 và 5]. Trên thế giới, đặc biệt là Trung Quốc, sau một số nghiên cứu của các nhà khoa học về động lực học đối với cầu vòm ống thép nhồi bê tông nói chung và phân tích cầu vòm ống thép nhồi bê tông dưới tác dụng của động đất nói riêng, đã giúp hiểu rõ thêm về những ứng xử của công trình cầu dưới tác dụng của động đất cũng như các biện pháp kỹ thuật hạn chế những tác động đó [6 và 7].

Hiện nay, có nhiều công trình cầu vòm ống thép nhồi bê tông nhịp lớn đã và đang được xây dựng như: Cầu Ông Lớn, Cầu Xóm Cũi tại Thành phố Hồ Chí Minh, cầu Rồng tại Đà Nẵng... Trong khi đó với sự phát triển động đất ở khu vực Sông Tranh 2 huyện Bắc Trà My tỉnh Quảng Nam cũng gây những ảnh hưởng địa chấn phức tạp đến khu vực

Abstract - The impact of earthquakes on concrete filled steel tubular (CFST) arch bridges and dynamic problems are always matters of concern. There are various methods, each with its own advantages, such as equivalent horizontal static method, response spectrum method or time history method that can be used to estimate earthquake impacts on buildings and constructions. This article is to make analysis of these methods as well as of other relevant methods used in calculating earthquake impact on CFST arch bridges. Earthquake dynamics researches, both theoretical and empirical, also result in the application of damping devices to reduce vibration of CFST beam system. This paper presents how Midas/Civil 2014 software is used to calculate the efficiency of the damping bearings used in the bridges under construction in Da Nang city.

Key words - earthquakes impact on buildings; concrete filled tubular steel arch bridges; internal force analysis for bridges; damping devices for bridges; isolation bearing.

Đà Nẵng nên việc nghiên cứu ảnh hưởng của động đất đến các công trình cầu là cần thiết để công trình có thể phục vụ mục đích kinh tế - xã hội.

2. Các phương pháp phân tích nội lực cầu vòm ống thép nhồi bê tông dưới tác động của tải trọng động đất

2.1. Phương pháp lực tĩnh ngang tương đương

Phương pháp lực tĩnh ngang tương đương là phương pháp mà trong đó lực quán tính do động đất sinh ra tác động lên kết cấu theo phương ngang được thay thế bằng tĩnh lực ngang tương đương. Lực do động đất gây ra tác động ở chân công trình, được giả thuyết bằng tích số của hệ số địa chấn C và toàn bộ trọng lượng bản thân công trình Q . Hệ số địa chấn C phụ thuộc vào nhiều yếu tố khác nhau ở các tiêu chuẩn khác nhau, tuy nhiên quan trọng nhất vẫn là chu kỳ của dạng dao động đầu tiên để tra giá trị trong phổ gia tốc thiết kế. Lực ngang Q được gọi là lực cắt đáy hoặc lực cắt tại chân công trình, sau đó được phân phối lại trên chiều cao công trình tại vị trí có khối lượng tập trung.

2.2. Phương pháp phổ phản ứng

Đối với công trình lớn và phức tạp, việc sử dụng các phương pháp lực tĩnh ngang tương đương trong thiết kế kháng chấn thường không đủ độ chính xác cần thiết nên trong nhiều trường hợp phải dùng các phương pháp động để xác định phản ứng của kết cấu. Trong các phương pháp động, tác động động đất được cho dưới dạng phổ phản ứng hoặc gia tốc độ của chuyển động địa chấn. Trong số các phương pháp động, phương pháp phổ phản ứng là đơn giản nhất.

Phương pháp phổ phản ứng là một phương pháp gần đúng trong tính toán động lực học, nhằm đưa ra các phản ứng lớn nhất của công trình như chuyển vị, vận tốc, gia tốc

của hệ một bậc tự do có cùng hệ số cản nhưng khác nhau tần số tự nhiên khi phản ứng với các kích thích khác nhau. Mô hình kết cấu của hệ có n bậc tự do động có thể chuyển về n hệ có một bậc tự do, như vậy nguyên lý của phân tích phổ phản ứng có thể áp dụng cho hệ có nhiều bậc tự do. Hiện nay, phương pháp phổ phản ứng được sử dụng khá phổ biến.

2.3. Phương pháp lịch sử thời gian

Phương pháp lịch sử thời gian thay vì dùng phổ gia tốc thiết kế như phương pháp phổ phản ứng, người ta dùng gia tốc độ thực. Có hai cách để giải phương trình chuyển động của hệ kết cấu trong phương pháp này:

- Kỹ thuật phân tích dạng chính;
- Tích phân phương trình chuyển động.

Khi kết cấu cầu đòi hỏi phải phân tích phi tuyến hoặc tính chất cản không còn được mô hình như thông thường thì phân tích dạng chính không còn được sử dụng. Một phương pháp tích phân số, thông thường được hiểu là phân tích lịch sử thời gian, được sử dụng để phân tích chính xác phản ứng của kết cấu.

Trong phân tích lịch sử thời gian, trục thời gian được chia thành những bước nhỏ Δt . Ở khoảng thời gian thứ i , phản ứng được xác định bằng các giá trị $u_i, \dot{u}_i, \ddot{u}_i$. Như vậy phản ứng của kết cấu ở khoảng thời gian thứ i phải thỏa mãn phương trình:

$$[M]\{\ddot{u}_i\} + [C]\{\dot{u}_i\} + [K]\{u_i\} = -[M]\{\ddot{u}_{gi}\} \quad (1)$$

Ở khoảng thời gian thứ $i+1$, phương trình là:

$$[M]\{\ddot{u}_{i+1}\} + [C]\{\dot{u}_{i+1}\} + [K]\{u_{i+1}\} = -[M]\{\ddot{u}_{gi+1}\} \quad (2)$$

Bằng cách giải lần lượt các phương trình trên ta thu được phản ứng của kết cấu theo lịch sử thời gian.

3. Phân tích cầu Vòm số 1 ống thép nhồi bê tông chịu tác động của tải trọng động đất

3.1. Giới thiệu chung về cầu Vòm số 1

Cầu Vòm số 1 bắc qua sông Cồ Cò thuộc địa phận quận 2 phường Hòa Hải và Hòa Quý, quận Ngũ Hành Sơn, TP. Đà Nẵng. Phía bờ Tây, đầu tuyến nối với khu đô thị biệt thự sinh thái, công viên Văn hóa làng quê và quần thể du lịch sông nước Hoà Quý. Phía bờ Đông, thuộc lô X2 khu tái định cư và thông qua đường Lê Văn Hiến.

Cầu là một công trình quan trọng nằm trong tổng thể quy hoạch chung của thành phố Đà Nẵng nhằm mở rộng thành phố về phía Nam, kết nối các khu du lịch sinh thái Hòa Xuân, Hòa Quý với khu văn hóa Non Nước, khu làng Đại Học, khu hành chính quận Sơn Trà, quận Ngũ Hành Sơn, và thúc đẩy phát triển cơ sở hạ tầng, thu hút đầu tư.

Cầu có tổng chiều dài $L_c=300,5m$ gồm 7 nhịp: $(2 \times 33 + 33 + 85 + 33 + 33 \times 2)m$.

Khô cầu: (chưa tính phần trang trí)

Nhịp dẫn: $B = (15m + 2 \times 2,0m) = 19m$;

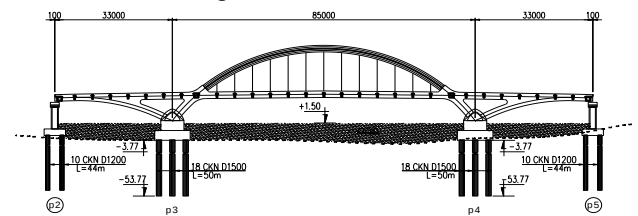
Nhịp vòm: $B = (15m + 2 \times 3,5m) = 22m$.

Chiều dài đường dẫn đầu cầu:

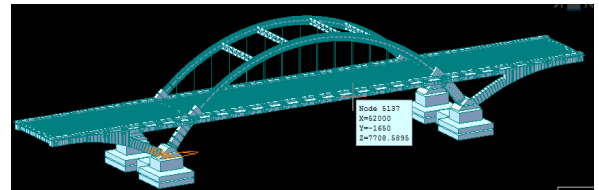
Phía bờ Tây: Đường dẫn đầu cầu dài: $L = 95,15m$ (nối vào nút giao quy hoạch trên đảo nổi Đồng Nò);

Phía bờ Đông: Đường dẫn đầu cầu dài: $L = 212,15m$ (nối vào đường Trần Hưng Đạo).

Khổ thông thuyền: Sông thông thuyền cấp V, nhịp chính cầu xem trong các Hình 1 và 2.



Hình 1. Mặt cắt dọc cầu



Hình 2. Mô hình hóa bằng Midas/ Civil cầu Vòm ống thép nhồi bê tông liên tục 3 nhịp

3.2. Phân tích cầu

3.2.1. Phương pháp lực tĩnh ngang tương đương

Tải trọng động đất tác dụng lên công trình thông qua dịch chuyển của nền đất và được biểu diễn thông qua lực quán tính. Lực động đất tác dụng lên công trình có phương nằm ngang có giá trị bằng:

$$F = m \cdot x_0(t) = \frac{Q}{g} \cdot x_0(t) \quad (3)$$

Trong đó: Q là trọng lượng công trình; $x_0(t)$ là gia tốc nền khi xảy ra động đất; và $K_s = \frac{x_0(t)}{g}$ là hệ số động đất.

Suy ra:
$$F = K_s \cdot Q \quad (4)$$

Hệ số động đất được xác định trên cơ sở thực nghiệm và phụ thuộc vào một loạt thông số tùy theo từng tiêu chuẩn tính toán và đặc điểm công trình hoặc các điều kiện địa chất.

Dựa vào công thức trên, ta có thể xác định được lực quán tính lớn nhất, tức là tải trọng động đất tác động lên công trình khi biết gia tốc cực đại của nền đất và trọng lượng công trình.

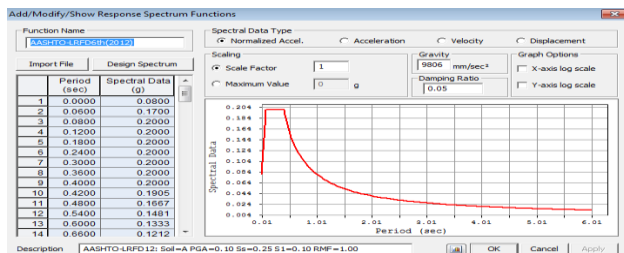
Trong các tiêu chuẩn kháng chấn, lực ngang do động đất gây ra tác động ở chân công trình được giả thiết bằng tích hệ số địa chấn C_s với trọng lượng toàn bộ công trình Q . Lực ngang này có tên là lực cắt đáy hoặc lực cắt ở chân công trình, được phân bố trở lại trên chiều cao công trình tại các vị trí có khối lượng tập trung. Phương pháp tĩnh ngang tương đương không áp dụng cho các công trình có hình dạng không đều đặn trên mặt bằng cũng như theo chiều cao.

Đối với công trình cầu Vòm ống thép nhồi bê tông thì lực tĩnh ngang tương đương sẽ tập trung tại các vị trí liên kết dây với dầm công trình cầu.

3.2.2. Phương pháp phổ phản ứng

Việc phân tích cầu vòm ống thép nhồi bê tông theo phương pháp phổ phản ứng phụ thuộc vào số dạng dao động tự do được xét đến trong kỹ thuật phân tích dạng

chính. Với số đồ tính toán như trên, cầu vòm ống thép nhồi bê tông sẽ được khảo sát nội lực và chuyển vị theo số dạng dao động bằng phần mềm Midas/Civil 2014 [8 và 9]. Phổ thiết kế được sử dụng là phổ thiết kế theo tiêu chuẩn Việt Nam 22TCN272-05 (Hình 3). Phương pháp được dùng là phương pháp tổ hợp bậc hai hoàn toàn (CQC). Hệ số cần được xem như hằng số và bằng 5% cho các dạng dao động.



Hình 3. Phổ thiết kế theo tiêu chuẩn 22TCN272-05

Trình tự xây dựng mô hình và tính toán được tiến hành theo các bước như sau:

1. Mô hình hóa kết cấu;
2. Xác định sự phân bố khối lượng trong kết cấu;
3. Xác định các thông số của phân tích trị riêng;
4. Xây dựng hàm phổ đáp ứng và trường hợp tải trọng cho phân tích phổ đáp ứng;
5. Xác định nguyên tắc tổ hợp đáp ứng;
6. Tiến hành phân tích và xử lý kết quả.

Dựa vào phần mềm Midas/Civil, kết cấu cầu được phân tích và đưa ra các giá trị chuyển vị của các nút, nội lực của các thanh theo thời gian.

3.2.3. Phương pháp lịch sử thời gian

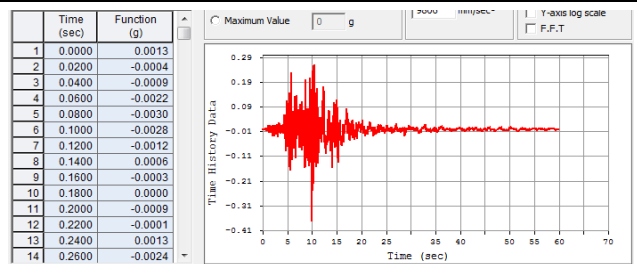
Mô hình cầu vòm ống thép nhồi bê tông được phân tích theo gia tốc nền của hai trận động đất lớn trên thế giới là Northridge 1994 và Loma Prieta 1989. Gia tốc nền của hai trận động đất này được ghi với số gia thời gian là 0,02s. Gia tốc nền được kích thích theo ba phương theo gia tốc đồ đo được. Kỹ thuật phân tích dạng chính được sử dụng để phân tích lịch sử thời gian chuyển động của kết cấu.

Trình tự tính toán được tiến hành:

1. Mô hình hóa kết cấu;
2. Xác định sự phân bố khối lượng kết cấu;
3. Xác định số dạng (số tần số) dao động riêng cần thiết;
4. Xây dựng các trường hợp tải trọng ứng với bài toán phân tích lịch sử thời gian;
5. Xây dựng hàm mô tả sự thay đổi tác động theo thời gian;
6. Xác định gia tốc đất nền;
7. Phân tích và xử lý kết quả.

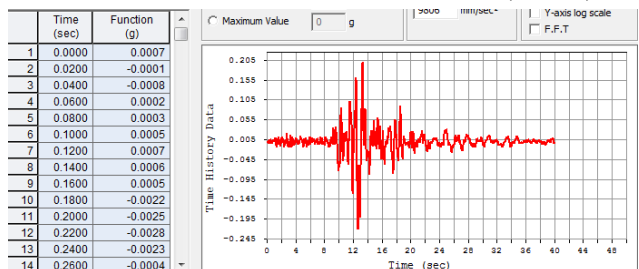
Dựa vào phần mềm Midas/Civil, kết cấu cầu được phân tích và đưa ra các giá trị chuyển vị của các nút, nội lực của các thanh theo thời gian. Đồng thời các phổ chuyển vị, phổ vận tốc, phổ gia tốc cũng được vẽ dựa vào phân tích theo gia tốc đồ.

Gia tốc nền trận động đất Northridge 1994 - 6,7 độ Richters tại trạm LA. - Century City CC. North (Hình 4).



Hình 4. Gia tốc nền theo phương X của trận động đất Northridge 1994

Gia tốc nền trận động đất Loma Prieta 1989 - 6,9 độ Richters tại trạm Oakland-Outer Harbor Wharf, (Hình 5).

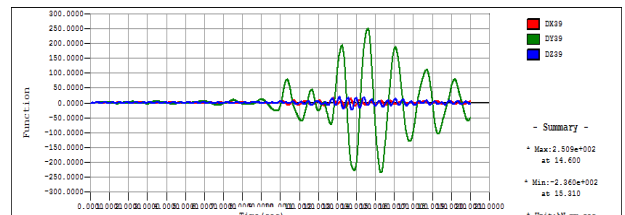


Hình 5. Gia tốc nền theo phương X trận động đất Loma Prieta 1989

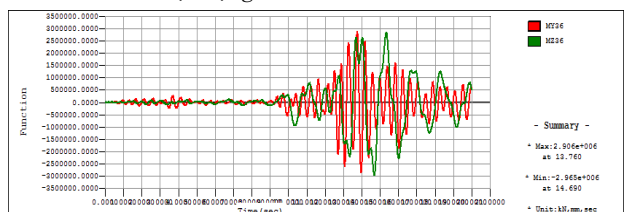
Kết quả tính toán ảnh hưởng của động đất đến công trình được giới thiệu trong các Hình 6 và 7. Nhóm tác giả có nhận xét như sau:

- Khi tính toán động lực học cầu vòm ống thép nhồi bê tông nói chung và tính toán động đất cầu vòm ống thép nhồi bê tông nói riêng nên chú ý đến số dạng dao động cần xét đến. Số dạng dao động cần đủ để phân tích chính xác phản ứng chung của hệ. Riêng đối với trường hợp cụ thể của sơ đồ cầu này, số dạng dao động cần xét đến là lớn hơn 9 dạng dao động đầu tiên;

- Phần mềm Midas/Civil thật sự là một công cụ hữu hiệu và tiện dụng trong công việc tính toán các bài toán động lực học công trình, đặc biệt là bài toán động đất. Tương ứng với một phổ thiết kế hoặc một gia tốc đồ cho trước, nội lực và chuyển vị của hệ có thể được tính toán cụ thể. Đối với phương pháp lịch sử thời gian, phổ phản ứng chuyển vị, vận tốc và gia tốc được tính toán cho mỗi nút.



Hình 6. Chuyển vị nút 39 trên đỉnh vòm trận động đất Loma Prieta 1989



Hình 7. Mômen Y,Z thanh 36 tại đỉnh vòm trận động đất Loma Prieta 1989

4. Các biện pháp giảm chấn cho cầu vòm ống thép nhồi bê tông khi chịu tác động của động đất

4.1. Tổng quan về thiết bị giảm chấn

4.1.1. Thiết bị giảm chấn bị động

Các trận động đất sẽ cung cấp cho kết cấu cầu một nguồn năng lượng và có thể khiến cho kết cấu cầu vượt quá biến dạng cho phép và thậm chí là có thể gây ra sụp đổ cầu. Do vậy, để kết cấu cầu có thể tồn tại chúng phải tiêu tán năng lượng này dựa vào lực cản cơ học trong chính kết cấu đó hoặc thông qua biến dạng dẻo. Vấn đề tiêu tán năng lượng này đã trở thành một vấn đề được quan tâm hàng đầu. Đối với kết cấu cầu chịu tác dụng của tải trọng động đất, ngay khi kết cấu không bị sụp đổ nhưng biến dạng hoặc các hư hại của nó cũng làm cho kết cấu cầu không thể phục vụ giao thông được.

Một số tiêu chuẩn cũng như các chỉ dẫn thiết kế công trình chịu tải trọng động đất dựa trên triết lý rằng các kết cấu quan trọng hay thứ yếu có thể bị phá hủy cục bộ chứ không làm sụp đổ toàn bộ công trình cầu. Thế nhưng, một vài bài học kinh nghiệm đã được rút ra từ những trận động đất mạnh làm phá hủy toàn bộ kết cấu đã làm thay đổi triết lý này.

Với triết lý đó, trong nhiều năm các nhà khoa học đã cố gắng tìm ra cách để hấp thụ và tiêu tán năng lượng do động đất gây ra đối với kết cấu cầu và từ đó tìm ra cách kiểm soát phản ứng của kết cấu cầu đối với động đất. Kết quả là người ta đã tìm ra giải pháp dùng các loại gối cách ly dao động và các thiết bị tiêu tán năng lượng khác nhau. Các phát minh này đã chứng minh được tính hiệu quả về mặt kinh tế và kỹ thuật của chúng.

Việc phân tích kết cấu cầu chịu tải trọng động đất, vấn đề được quan tâm hàng đầu là tránh hiện tượng cộng hưởng xảy ra. Hiện tượng cộng hưởng thông thường liên quan đến năng lượng kết cấu hấp thụ và nội dung tần số của trận động đất. Do đó, việc kiểm soát phản ứng của kết cấu có thể được hiểu như là ngăn chặn cộng hưởng xảy ra hoặc tăng cường bằng các thiết bị tiêu tán năng lượng cho kết cấu. Về mặt ý tưởng, giải pháp bằng cách cách ly kết cấu với nguồn năng lượng của trận động đất thì kết cấu sẽ an toàn. Đây chính là giải pháp của gối cách ly chấn động. Gối cách ly chấn động được đặt giữa kết cấu nhịp với kết cấu của móng trụ cầu, đó là vị trí mà các gối thông thường vẫn đặt. Khi đó thay vì những biến dạng xuất hiện trong kết cấu nhịp thì bây giờ xuất hiện trong gối cách ly chấn động, và làm cho kết cấu nhịp sẽ ít bị ảnh hưởng của động đất hơn.

Có các loại thiết bị giảm chấn sau:

- Gối cách ly chấn động;
- Gối cách ly bằng cao su; và
- Gối cách ly trượt.

4.1.2. Thiết bị giảm chấn chủ động

a. Thiết bị giảm chấn khối lượng chủ động

Một trong những dạng phổ biến khác của họ các thiết bị giảm chấn quán tính là thiết bị giảm chấn điều chỉnh khối lượng chủ động (AMD). Trong thiết bị AMD, máy tính phân tích các tín hiệu đo được về vận tốc hoặc gia tốc của kết cấu và tính toán ra lực điều khiển.

Thiết bị AMD điển hình có khả năng phản ứng với dao

động sau 1/100 giây với các cảm biến phát hiện chuyển động và chấn động tại nền đất và trên kết cấu. Hai thiết bị AMD được gắn vào kết cấu, thiết bị có khối lượng lớn hơn 4 tấn được bố trí tại chính giữa để hạn chế các dao động cho toàn bộ kết cấu và thiết bị có khối lượng nhỏ hơn, bố trí bên cạnh để hạn chế hiệu ứng xoắn. Vật nặng của hai thiết bị được nối với nhau bởi các dây cáp và được điều khiển bằng cơ cấu chấp hành thủy lực tự động. Hai bơm thủy lực và một ác quy làm nhiệm vụ duy trì áp suất cho cơ cấu thủy lực có khả năng tạo áp lực nhanh. Thiết bị với vật nặng có khối lượng bằng 1,5% khối lượng kết cấu thì có khả năng giảm từ 1/2 đến 2/3 biên độ dao động.

b. Thiết bị giảm chấn bán chủ động

Hệ thống giảm chấn bán chủ động (S-AMD) được chế tạo để thích ứng với những tác động đột ngột như động đất hoặc biến động của thời tiết. Phần chủ động của thiết bị S-AMD chỉ hoạt động khi có dao động lớn, khi dao động nhỏ chỉ có phần bị động hoạt động.

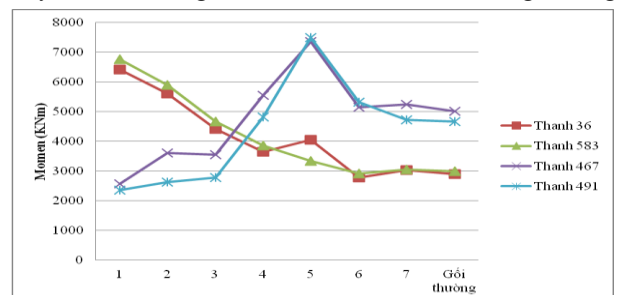
4.2. Tính toán cầu vòm ống thép nhồi bê tông chịu tác động của động đất khi có bố trí thiết bị gối cao su lõi chì

4.2.1. Khảo sát các thông số của gối cao su lõi chì

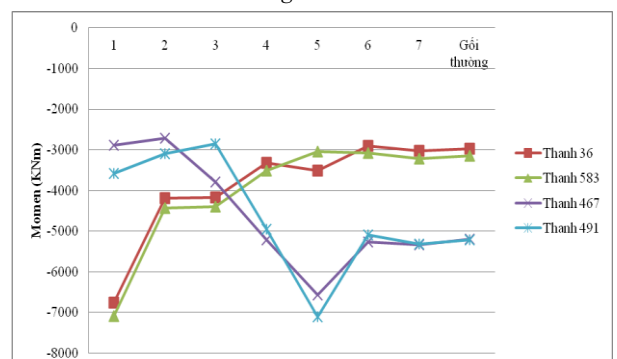
Nội lực và chuyển vị sẽ được tính toán theo phương pháp lịch sử thời gian, áp dụng kỹ thuật phân tích dạng chính. Các gia tốc độ của trận động đất Loma Prieta 1989 được sử dụng để phân tích. Gối cao su lõi chì được giả thiết rằng đường kính của lõi chì bằng 25% so với kích thước gối, biến dạng chảy tương đối được giả thiết là 150%.

Sau khi khảo sát bằng phần mềm Midas/Civil, ta có được đồ thị so sánh kết quả giới thiệu trong các Hình 8, 9 và 10:

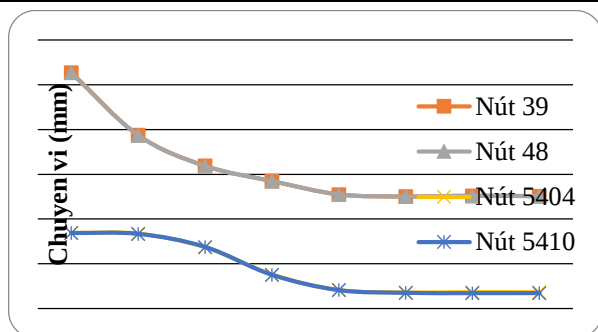
Qua kết quả phân tích được ta thấy tương ứng với gối cao su lõi chì loại 6 có chiều cao 1,3716 (m) và độ cứng theo phương ngang là 3029835 (kN/m) thì momen và chuyển vị của cầu giảm so với khi ta thiết kế thông thường.



Hình 8. Biểu đồ momen lớn nhất tại các thanh với các gối khác nhau



Hình 9. Biểu đồ momen nhỏ nhất tại các thanh với các gối khác nhau



Hình 10. Biểu đồ chuyển vị tại các nút với các gối khác nhau

4.2.2. Nhận xét về sự biến thiên nội lực trong sườn vòm và dầm

Khi khảo sát độ cứng của gối cao su lõi chì, nội lực trong sườn vòm và trong dầm có sự biến thiên. Hầu hết nội lực tại một vị trí nào đó đều thay đổi theo quy luật như nhau đối với trận động đất Loma Prieta 1989.

Khi độ cứng gối nhỏ, giá trị chuyển vị lớn nhất trong dầm đạt giá trị lớn nhất và rõ ràng là khi độ cứng gối càng tăng thì chuyển vị của dầm và sườn vòm càng tiến về chuyển vị khi bố trí gối thông thường.

5. Kết luận

Bài báo đã tiến hành nghiên cứu, áp dụng phân tích động lực học đối với kết cấu cầu Vòm số 1 ống thép nhồi bê tông liên tục 3 nhịp trường hợp có và không có sử dụng gối cách ly cao su lõi chì; đưa ra các phương pháp tính toán động đất đối với công trình cầu nói chung và cầu vòm ống thép nhồi bê tông nói riêng, đã tính toán động đất theo phương pháp phổ phản ứng và phương pháp lịch sử thời gian với kích thích động đất theo cả 3 phương trục giao. Và nghiên cứu các biện pháp hạn chế dao động cho cầu vòm ống thép nhồi bê tông. Từ các kết quả nghiên cứu của bài báo, có thể đưa ra nhận xét sau:

+ Khi sử dụng gối cách ly cao su lõi chì thì mômen và chuyển vị tại các vị trí thay đổi so với khi sử dụng loại gối thông thường.

+ Có thể lựa chọn độ cứng hợp lý của gối sao cho nội lực trong kết cấu giảm và chuyển vị của kết cấu tăng không

đáng kể.

+ Trong thiết kế, tính toán cầu vòm ống thép nhồi bê tông cần thiết phải đánh giá tác động của động đất đối với công trình. Động đất là một hiện tượng khó có thể dự đoán được. Vì vậy, khi tính toán cần chọn phương pháp thích hợp và hiệu quả. Trong tính toán cần khảo sát thật kỹ, chọn dữ kiện đầu vào phù hợp (các phổ phản ứng thiết kế hoặc các gia tốc đồ thực tế đo được trước đây tại khu vực xây dựng cầu). Trong phạm vi của bài báo, tác giả khuyến nghị nên chọn phương pháp lịch sử thời gian và phương pháp phổ phản ứng để tính toán ảnh hưởng của tải trọng động đất đến công trình xây dựng và đề xuất biện pháp cấu tạo gối làm giảm chấn động của công trình do tải trọng động đất gây ra.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn Lê Ninh, 2007, “Động đất và thiết kế công trình chịu động đất”, Nhà xuất bản Xây Dựng, 2007.
- [2] Trần Quốc Khánh, Hoàng Phương Hoa, Nguyễn Văn Nam. “Hiệu quả cách chấn của gối con lắc ma sát cho cầu dầm liên tục chịu tải trọng động đất”, *Tuyển tập công trình Hội nghị Cơ học kỹ thuật toàn quốc. Kỷ niệm 35 năm thành lập Viện Cơ học. 10/4/1979-10/4/2014*, Nhà xuất bản Khoa học tự nhiên và Công nghệ-6/2014, Tập 1. *Cơ học máy - Cơ học thủy khí - Động lực học và Điều khiển*, Số: ISBN: 978-604-913-233-9, 2014, trang 81-86.
- [3] Nguyễn Văn Nam, Hoàng Phương Hoa, Phạm Duy Hòa, “Hiệu quả giảm chấn thiết bị gối cô lập trượt ma sát TFP lắp đặt trong nhà nhiều tầng”, *Tuyển tập công trình Hội nghị Cơ học kỹ thuật toàn quốc. Kỷ niệm 35 năm thành lập Viện Cơ học. 10/4/1979-10/4/2014*, Nhà xuất bản Khoa học tự nhiên và Công nghệ-6/2014, Tập 1. *Cơ học máy - Cơ học thủy khí - Động lực học và Điều khiển*, Số: ISBN: 978-604-913-233-9, 2014, trang 155-160.
- [4] Lê Xuân Tùng, “Thiết kế một số dạng gối giảm chấn trong công trình chịu động đất”, *Luận án Tiến sĩ Kỹ thuật*, 2012.
- [5] Trần Bảo Xuân, 2004, “Thiết kế và thi công cầu vòm ống thép nhồi bê tông”, *Tài liệu dịch thuộc đề tài nghiên cứu ứng dụng xây dựng cầu vòm ống thép nhồi bê tông tại Việt Nam*, Hà Nội.
- [6] Edward L.Wilson, 1995, “Three Dimensional Static and Dynamic Analysis of Structures”, *Computer and Structures*, California.
- [7] Wai-Fah Chen, Lian Duan, 2003, “*Bridge Engineering - Seismic Design*”, CRC Press LLC.
- [8] Ngô Đăng Quang, 2012, “*Mô hình hóa và phân tích kết cấu cầu với Midas/Civil, Tập 1*”, Nhà xuất bản Xây dựng.
- [9] Ngô Đăng Quang, 2012, “*Mô hình hóa và phân tích kết cấu cầu với Midas/Civil, Tập 2*”, Nhà xuất bản Xây dựng.

(BBT nhận bài: 27/09/2014, phản biện xong: 14/10/2014)