

HỆ SỐ ỨNG XỬ TRONG TIÊU CHUẨN THIẾT KẾ CÁC CÔNG TRÌNH CHỊU ĐỘNG ĐẤT TCVN 9386:2012

Lê Trung Phong¹

Tóm tắt: Hệ số ứng xử được sử dụng trong tính toán thiết kế hiện nay là một khái niệm mới cho các kỹ sư thiết kế nói chung. Trước khi tiêu chuẩn (TCVN 9386:2012, 2012) ban hành (trước kia gọi là TCXDVN 375:2006) các kỹ sư phải sử dụng các tiêu chuẩn nước ngoài hoặc tham khảo các cách tính của các nước khác trên thế giới để tính toán tải trọng động đất lên kết cấu. Tiêu chuẩn (TCVN 9386:2012, 2012) đề cập đến hệ số ứng xử của kết cấu là hệ số cốt lõi trong tiêu chuẩn tính toán động đất này. Bản chất khoa học của hệ số ứng xử là hệ số giảm tải có kể đến sự làm việc sau giai đoạn đàn hồi của vật liệu mà không phải phân tích phi tuyến kết cấu. Nhằm thỏa mãn cách tính này yêu cầu kết cấu phải có một độ dẻo nhất định.

Từ khoá: Hệ số ứng xử, giai đoạn đàn hồi, tải trọng động đất lên kết cấu.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hệ số ứng xử trong thiết kế kết cấu là một khái niệm mới đối với các kỹ sư xây dựng hiện nay. Trước khi ban hành tiêu chuẩn thiết kế các công trình chịu động đất (TCVN 9386:2012, 2012) các kỹ sư tính toán thiết kế động đất thường theo các tiêu chuẩn thiết kế nước ngoài hoặc một số tài liệu tham khảo khác. Trong TCVN 9386:2012, 2012 đề cập đến khái niệm hệ số ứng xử và đây là một trong số những vấn đề cốt lõi xuyên suốt nội dung của tiêu chuẩn này. Trong bài báo, tác giả nêu lên bản chất của hệ số ứng xử trong tính toán thiết kế công trình chịu động đất theo (TCVN 9386:2012, 2012). Qua đó tác giả giúp bạn đọc hiểu được mức độ quan trọng và tầm ảnh hưởng đối với việc thiết kế công trình chịu động đất theo (TCVN 9386:2012, 2012).

2. NỘI DUNG CƠ BẢN CỦA TIÊU CHUẨN TCVN 9386:2012

2.1. Quan niệm mới trong thiết kế Công trình chịu động đất

Sự làm việc của một công trình xây dựng trong thời gian xảy ra động đất phụ thuộc vào hai yếu tố chính:

- Cường độ động đất hoặc độ lớn động đất;
- Chất lượng công trình.

Chất lượng công trình là một yếu tố có độ tin cậy tương đối cao vì nó phụ thuộc vào những điều kiện có thể kiểm soát được như: hình dạng công trình, phương pháp tính toán, cách thức cấu tạo các bộ phận kết cấu chịu lực và không chịu lực, chất lượng thi công,... còn cường độ động đất là một yếu tố có độ tin cậy rất thấp. Sau nhiều năm nỗ lực nghiên cứu dự báo động đất, con người vẫn chưa thể trả lời được các câu hỏi sau:

- Lúc nào sẽ xảy ra động đất?
- Động đất sẽ xảy ra ở đâu?
- Động đất xảy ra sẽ mạnh đến mức nào?

Do đó, hiện nay chúng ta buộc phải chấp nhận tính không chắc chắn của hiện tượng động đất để tập trung vào việc thiết kế các công trình có mức độ an toàn chấp nhận được, nhằm bảo đảm trong trường hợp động đất xảy ra sinh mạng con người được bảo vệ, các hư hỏng được hạn chế và những công trình quan trọng có chức năng bảo vệ cư dân vẫn có thể duy trì hoạt động. Các công trình xây dựng được thiết kế theo quan điểm này phải có một độ cứng, độ bền và độ dẻo thích hợp. Đối với các trận động đất có cường độ yếu, độ cứng nhằm tránh không để

¹ Trường Đại học Thủy lợi - Cơ sở 2

xảy ra các hư hỏng ở phần kiến trúc của công trình. Đối với các trận động đất có cường độ trung bình, độ bền cho phép giới hạn các hư hỏng nghiêm trọng ở hệ kết cấu chịu lực. Đối với các trận động đất mạnh hoặc rất mạnh, độ dẻo cho phép công trình có các chuyển vị không đàn hồi lớn mà không bị sụp đổ. Sụp đổ ở đây được hiểu theo nghĩa là trạng thái khi những người sống trong nhà không thể chạy thoát ra ngoài do một sự cố nghiêm trọng ở hệ kết cấu chịu lực chính.

Hiện nay các tiêu chuẩn thiết kế công trình chịu động đất ở nhiều nước khác nhau trên thế giới như Mỹ, Nhật Bản, Châu Âu, Newzeland, Canada... đều kiến nghị lựa chọn giữa hai cách làm việc của công trình khi thiết kế.

(i) Cách thứ nhất, được gọi là làm việc đàn hồi dẫn tới việc thiết kế công trình sao cho chúng làm việc trong miền đàn hồi tuyến tính dưới tác động động đất. Cách thức làm việc này đặc biệt thích hợp cho các công trình xây dựng trong các vùng động đất yếu, vì việc thiết kế đơn giản và công trình vẫn nguyên vẹn sau khi chịu một hoặc nhiều trận động đất. Trong các vùng động đất từ trung bình đến mạnh, việc chọn cách làm việc này lại làm cho công trình được thiết kế quá mức về phương diện vật liệu và giá thành do lực ngang tác động vào công trình khá lớn.

(ii) Cách thứ hai, được gọi là làm việc dẻo dẫn tới việc thiết kế công trình sao cho chúng làm việc sau đàn hồi (đàn hồi – dẻo hoặc dẻo) dưới tác động động đất. Sự làm việc đàn hồi – dẻo được kiểm soát sẽ làm cho khả năng phân tán năng lượng của công trình trở nên rất lớn, điều này cho phép giảm được nội lực cũng tức là giá thành xây dựng. Quan niệm thiết kế mới này và kèm theo đó là cách thức làm việc thứ hai của vật liệu rất phổ biến hiện nay trong thiết kế kháng chấn các công trình xây dựng, đặc biệt là các công trình bằng BTCT và gạch đá.

Chúng ta có thể thiết kế được các công trình có thể chịu được các trận động đất mạnh mà không bị hư hỏng (cách thứ nhất), nhưng trong đa số các trường hợp việc thiết kế như vậy vừa

không kinh tế lại vừa không hợp lý do xác suất xuất hiện những trận động đất mạnh thường rất thấp. Do đó mục tiêu của việc thiết kế kháng chấn hiện nay là giảm đến mức tối đa sự hư hỏng ở các công trình xây dựng khi xảy ra các trận động đất trung bình và chấp nhận các hư hại lớn (nhưng không sụp đổ) ở các kết cấu chịu lực khi xảy ra các trận động đất mạnh hoặc rất mạnh.

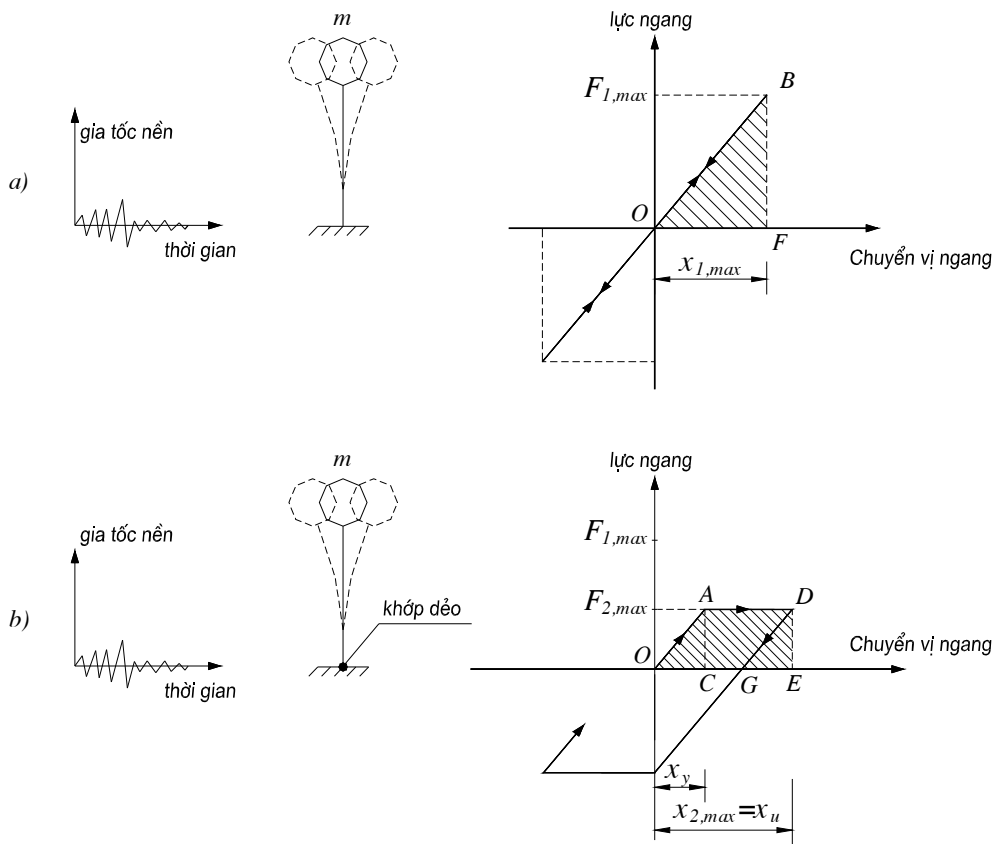
Như vậy việc thiết kế công trình theo quan niệm thiết kế kháng chấn mới đã mặc nhiên cho phép kết cấu làm việc ngoài giới hạn đàn hồi trong thời gian chịu các trận động đất có cường độ trung bình hoặc cao. Sự làm việc không đàn hồi của kết cấu được biểu thị qua độ dẻo của nó. Đây là một tính chất rất quan trọng của các hệ kết cấu mà các nhà khoa học dựa vào đó để xây dựng nên nội dung chủ yếu của các tiêu chuẩn thiết kế kháng chấn hiện đại. Như vậy độ dẻo của kết cấu là một nội dung cơ bản của các tiêu chuẩn thiết kế kháng chấn hiện nay ở hầu hết các nước trên thế giới nằm trong các khu vực có động đất mạnh trong đó có tiêu chuẩn (TCVN 9386:2012, 2012).

2.2. Độ dẻo và hệ số làm việc

2.2.1. Độ dẻo

Xét hệ kết cấu có một bậc tự do động khối lượng m và độ cứng k , dao động tự do không lực cản dưới tác động động đất (hình 1). Như đã trình bày ở trên, hệ kết cấu có thể chịu được tác động động đất theo một trong hai cách sau: hoặc bằng khả năng chịu một lực tác động lớn ($F_{1,max}$) nhưng phải dao động trong giới hạn đàn hồi (cách thứ nhất), hoặc bằng khả năng chịu một lực tác động bé hơn ($F_{2,max} < F_{1,max}$) nhưng phải có khả năng biến dạng dẻo kèm theo (cách thứ hai). Khả năng của hệ kết cấu có thể biến dạng dẻo được đặc trưng qua độ dẻo của nó. Về mặt toán học, độ dẻo được định nghĩa là tỷ số giữa chuyển vị toàn phần Δ tại một thời điểm bất kỳ trong quá trình chất tải (thường là thời điểm ngay trước khi phá hoại) và chuyển vị lúc chảy dẻo Δ_y :

$$\mu = \frac{\Delta}{\Delta_y} > 1 \quad (1)$$



Hình 1. Phản ứng của các hệ kết cấu có một bậc tự do động khi chịu tác động động đất:
a) Phản ứng đàn hồi; b) Phản ứng đàn hồi - dẻo.

Độ dẻo là đặc tính quan trọng của kết cấu theo hướng có lợi và là một chỉ số biểu thị khả năng hấp thụ năng lượng của hệ chỉ khi nào nó giữ lại được gần như toàn bộ khả năng chịu tải và không bị suy giảm đáng kể độ cứng trong miền không đàn hồi sau nhiều chu kỳ chuyển vị. Do vậy độ dẻo được định nghĩa một cách tổng quát là khả năng hấp thụ năng lượng của kết cấu thông qua sự làm việc không đàn hồi mà không làm cho cường độ bị giảm đáng kể dưới tác dụng của tải trọng lặp lại đổi chiều.

Đối với hệ kết cấu đang xét ở hình 1b, độ dẻo được biểu thị như sau:

$$\mu = \frac{x_u}{x_y} = \frac{OE}{OC} \quad (2)$$

Căn cứ vào độ dẻo, tiêu chuẩn (TCVN 9386:2012, 2012) phân loại các công trình xây dựng thành ba cấp khác nhau như sau:

- Cấp dẻo 'DCL' (độ dẻo hạn chế hoặc thấp)

ứng với các công trình được thiết kế với khả năng phân tán năng lượng và độ dẻo hạn chế;

- Cấp dẻo 'DCM' (độ dẻo trung bình);
- Cấp dẻo 'DCH' (độ dẻo cao).

Các công trình thuộc các cấp dẻo trung bình và cao là các công trình được thiết kế để có khả năng phân tán năng lượng và làm việc dẻo. Các công trình này khi thiết kế phải tuân thủ các quy định đặc biệt cho trong tiêu chuẩn (TCVN 9386:2012, 2012).

2.2.2. Hệ số làm việc hay hệ số ứng xử

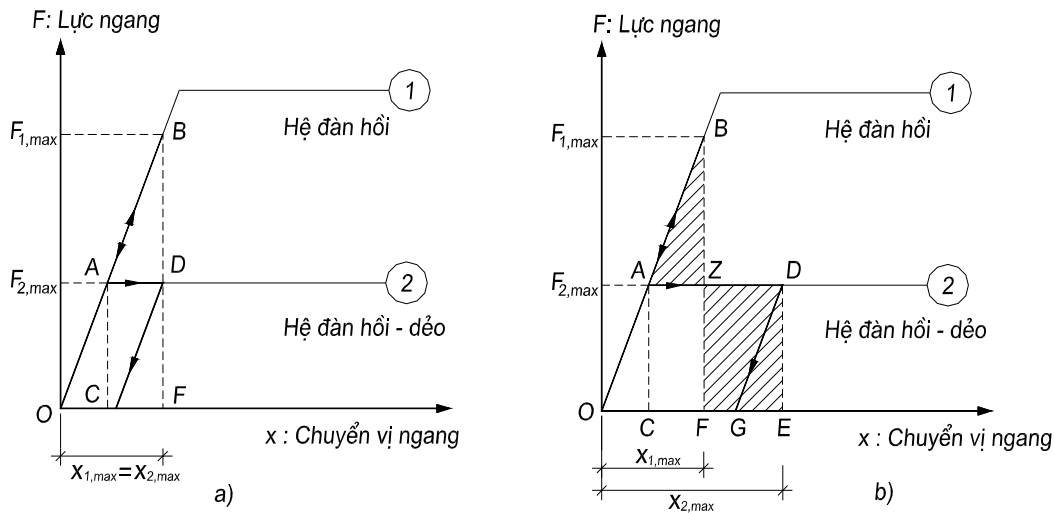
Đối với hệ kết cấu đang xét ở hình 1 nếu giả thiết cân bằng chuyển vị của hệ khi làm việc đàn hồi với khi làm việc đàn hồi dẻo (hình 2a) ta được:

$$\frac{F_{1,max}}{F_{2,max}} = \frac{OF}{OC} = \mu \quad (3)$$

Điều này có nghĩa là công trình có thể được tính toán với một tác động động đất $F_{2,max}$ nhỏ hơn μ lần so với giả thiết đàn hồi nhưng kèm

theo đó nó phải có một độ dẻo μ . Đối với các hệ kết cấu có chu kỳ ngắn, giả thiết cân bằng chuyển vị ở trên có vẻ đi theo hướng không được an toàn nên một số nhà nghiên cứu, ví dụ Blume (Mỹ) đã kiến nghị sử dụng giả thiết cân bằng năng lượng để xác định mức độ giảm tải khi tính toán hệ kết cấu không đàn hồi. Theo giả thiết này, thế năng của hệ kết cấu không đàn hồi (diện tích hình thang OADE) cân bằng với thế năng của hệ kết cấu đàn hồi (diện tích tam giác OBF) (hình 2b). Từ giả thiết này ta có thể dễ dàng xác định được tỷ số sau:

$$\frac{F_{1,max}}{F_{2,max}} = \sqrt{2\mu - 1} \quad (4)$$



Hình 2. Các giả thiết sử dụng để xác định hệ số giảm tải của hệ kết cấu
 a) theo giả thiết cân bằng chuyển vị b) theo giả thiết cân bằng năng lượng

Việc sử dụng hệ số ứng xử q dựa trên giả thiết cho rằng kết cấu có đủ độ dẻo cần thiết, nghĩa là nó có khả năng biến dạng dẻo ở mức tương đối lớn. Khả năng biến dạng dẻo cần thiết được tạo ra thông qua các biện pháp cấu tạo đặc biệt, ví dụ như tăng chiều dài neo và nối cốt thép, tăng mật độ cốt thép đai trong các vùng có khả năng xuất hiện khớp dẻo...

Khi thiết kế kháng chấn, nếu muốn khai thác khả năng phân tán năng lượng của hệ kết cấu thông qua sự làm việc của nó trong miền không đàn hồi và muốn tránh phải tính toán phi tuyến hệ kết cấu, tiêu chuẩn (TCVN 9386:2012, 2012)

Theo cách này, công trình có độ dẻo μ có thể được tính toán với một tác động động đất $F_{2,max}$ nhỏ hơn $\sqrt{2\mu - 1}$ lần so với giả thiết tính toán đàn hồi. Các kết quả nghiên cứu thực nghiệm cũng cho thấy trong thực tế chuyển vị của hệ kết cấu nằm giữa hai giả thiết trên và giả thiết của Blume là giới hạn trên của chúng. Do đó, một số nhà nghiên cứu (Clough,...) đã gọi tỷ số $F_{1,max}/F_{2,max}$ là hệ số giảm tải khi công trình có một độ dẻo μ và kiến nghị lấy hệ số này nằm giữa hai giá trị trên. Trong tiêu chuẩn (TCVN 9386:2012, 2012), tỷ số $F_{1,max}/F_{2,max}$ được gọi là hệ số ứng xử và được ký hiệu là q .

cho phép thực hiện tính toán tuyến tính tương đương bằng cách sử dụng phổ thiết kế (hoặc tính toán) có cùng hình dạng như phổ phản ứng đàn hồi nhưng với các tung độ đặc trưng được giảm xuống tỷ lệ với hệ số $q > 1$.

Theo (TCVN 9386:2012, 2012) hệ số ứng xử được qui định thay đổi trong phạm vi:

- Từ 1,6 đến 5 đối với kết cấu thép,
- Từ 1,6 đến 4,5 đối với kết cấu liên hợp thép – bê tông,
- Từ 1,5 đến 4 đối với kết cấu gỗ,
- Từ 1,5 đến 3 đối với kết cấu xây.

Sự làm việc dẻo của vật liệu sẽ làm cho khả

năng phân tán năng lượng của kết cấu trở nên rất lớn, đồng thời làm giảm nhẹ tác động động đất do chu kỳ dao động riêng của kết cấu lệch khỏi miền tần số nguy hiểm nhất của phổ phản ứng động đất.

3. THẢO LUẬN

3.1. Độ dẻo

Với các công trình được thiết kế cần xem xét đến độ dẻo của kết cấu. Với công trình có độ dẻo trung bình và độ dẻo cao cần có cấu tạo tương ứng để việc tính toán đúng như giả thiết ban đầu. Công trình được thiết kế tương ứng với từng cấp dẻo đã định trước. Điều này giúp cho người thiết kế hình dung được sự cần thiết phải đặt theo cấu tạo tương ứng.

3.2. Hệ số ứng xử

Theo (TCVN 9386:2012, 2012) hệ số ứng xử được qui định thay đổi trong phạm vi từ 1,5 đến 5 tương ứng với các vật liệu được sử dụng làm kết cấu chịu lực chính. Việc lựa chọn vật liệu

hợp lý sẽ làm cho công trình được thiết kế có độ bền và tuổi thọ tương ứng. Nhờ tính dẻo của kết cấu mà công trình có khả năng phân tán năng lượng tốt dưới tác dụng của tải trọng động đất.

4. KẾT LUẬN

Qua bài báo này chúng ta hiểu được hệ số ứng xử và qui định sử dụng trong tiêu chuẩn thiết kế công trình chịu động đất (TCVN 9386:2012, 2012), nó phụ thuộc vào độ dẻo và hệ kết cấu. Độ dẻo phụ thuộc vào các tính chất vật liệu tạo nên hệ kết cấu, cách thức cấu tạo cốt thép, chiều dài neo, cách bố trí cốt thép đai, lực dính giữa cốt thép và bê tông, hàm lượng cốt thép đai trong bê tông...

Hệ kết cấu phụ thuộc vào loại hệ kết cấu, bậc siêu tĩnh, các giả thiết đơn giản hóa được sử dụng trong việc mô hình hóa tác động địa chấn, sơ đồ tính, cách liên kết giữa phần thân và phần móng của công trình, cách thức bố trí khớp dẻo dự kiến (đầu dầm, đầu cột, chân cột,...).

TÀI LIỆU THAM KHẢO

George G. Penelis, Andreas J. Kappos, (1997), *Earthquake - Resistant Concrete Structures*. E&FN SPON, American.

Nguyễn Lê Ninh, (2007), *Động đất và thiết kế công trình chịu động đất*. Hà Nội

Paulay T.; Priestley M. J. N, (1992), *Seismic design of reinforced concrete and masonry*. American.
TCVN 9386:2012, (2012), *Thiết kế công trình chịu động đất*. Hà Nội

Abstract:

THE RESISTANT FACTOR IN TCVN 9386:2012

Resistant factor (structural factor) are using in structure design is a new concept for engineers nowadays. Before the (TCVN 9386:2012, 2012) is issued, engineers have to use some foreign standard or other reference materials to apply the seismic load on structure if required. The (TCVN 9386:2012, 2012) mentioned about the resistant factor (structural factor) and it is the skeleton factor of this standard. The essence of the resistant factor is the load reduction factor, it consider the inelastic stage of the material without nonlinear analysis for the structure. To take this advantage, the structure have to contain the minimum requirement of ductility.

Keywords: Resistant factor, elastic stage, seismic load on structure.

BBT nhận bài: 03/9/2016

Phản biện xong: 05/10/2016