

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

BỘ XÂY DỰNG

VIỆN KHOA HỌC CÔNG NGHỆ XÂY DỰNG VIỆT NAM

LÊ TRUNG PHONG

**HỆ SỐ ỨNG XỬ CỦA KẾT CẤU BÊ TÔNG CỐT
THÉP DÙNG TRONG TÍNH TOÁN TÁC ĐỘNG
ĐỘNG ĐẤT LÊN CÔNG TRÌNH XÂY DỰNG**

LUẬN ÁN TIẾN SỸ KỸ THUẬT

Hà nội - 2011

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

BỘ XÂY DỰNG

VIỆN KHOA HỌC CÔNG NGHỆ XÂY DỰNG VIỆT NAM

-----***-----

LÊ TRUNG PHONG

**HỆ SỐ ỨNG XỬ CỦA KẾT CẤU BÊ TÔNG CỐT THÉP
DÙNG TRONG TÍNH TOÁN TÁC ĐỘNG ĐỘNG ĐẤT
LÊN CÔNG TRÌNH XÂY DỰNG**

Chuyên ngành: Xây dựng dân dụng và công nghiệp

Mã số: 62.58.20.01

LUẬN ÁN TIẾN SỸ KỸ THUẬT

NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC

1. PGS. TS. Nguyễn Lê Ninh - Trường Đại học xây dựng Hà nội

2. PGS. TS. Nguyễn Xuân Chính - Viện khoa học công nghệ xây dựng

Hà nội - 2011

LỜI CAM ĐOAN

Tên tôi là: **Lê Trung Phong**

Tôi xin cam đoan luận án này là công trình nghiên cứu của riêng tôi. Các kết quả nghiên cứu trong luận án là trung thực và chưa được công bố trong bất kỳ công trình nào khác.

Hà nội, ngày 12 tháng 3 năm 2011

Người cam đoan

NCS. Lê Trung Phong

LỜI CẢM ƠN

Luận án này được thực hiện tại Viện khoa học công nghệ xây dựng - Bộ xây dựng với sự hướng dẫn của PSG. TS. Nguyễn Lê Ninh và PSG. TS. Nguyễn Xuân Chính.

Trong quá trình thực hiện luận án, tôi đã được giúp đỡ tận tình của các giáo viên hướng dẫn, sự động viên, tạo điều kiện giúp đỡ của Phòng thí nghiệm công trình, Phòng động đất - Viện chuyên ngành kết cấu xây dựng, Phòng đào tạo và thông tin, Phòng tổ chức cán bộ - Viện KHCN Xây dựng, Trường ĐHXD và nhiều tập thể, cá nhân khác nữa. Nhân dịp này tôi muốn bày tỏ lòng biết ơn chân thành và sâu sắc tới các thầy, các cô, lãnh đạo viện KHCN xây dựng và phòng thí nghiệm công trình, phòng động đất, các bạn đồng nghiệp và đặc biệt là gia đình tôi đã đóng góp cho sự thành công của luận án.

NCS. Lê Trung Phong

CHƯƠNG I

QUAN NIỆM THIẾT KẾ MỚI VÀ HỆ SỐ ỨNG XỬ TRONG TIÊU CHUẨN THIẾT KẾ CÔNG TRÌNH CHỊU ĐỘNG ĐẤT

1.1 QUAN NIỆM MỚI TRONG THIẾT KẾ CÔNG TRÌNH CHỊU ĐỘNG ĐẤT

1.1.1 Đặt vấn đề

Mục tiêu cơ bản của việc thiết kế các công trình chịu động đất là bảo vệ sinh mạng con người và của cải vật chất xã hội. Con người sống và làm việc trong các công trình xây dựng; của cải vật chất xã hội chính là bản thân các công trình xây dựng và các tài sản khác nằm trong các công trình xây dựng. Do vậy theo quan niệm trước đây, để thực hiện được mục tiêu trên các công trình xây dựng không được phép bị phá hoại khi động đất xảy ra. Như vậy theo cách thiết kế này, sinh mạng con người và của cải vật chất xã hội được bảo vệ gián tiếp thông qua việc bảo vệ công trình xây dựng. Các công trình xây dựng được thiết kế với tác động đất lớn nhất dự kiến sẽ xảy ra tại địa điểm xây dựng và làm việc hoàn toàn trong miền đàn hồi.

Khi thiết kế các công trình chịu động đất, độ lớn tác động động đất là một yếu tố có độ tin cậy rất thấp. Giá trị lớn nhất của tác động động đất dự kiến sẽ xảy ra trong thời gian sử dụng công trình chủ yếu được xác định trên cơ sở các số liệu rất hạn chế và những thông tin rất đáng ngờ thu thập được từ lịch sử địa chấn trong vùng đang xét. Như vậy tính xác thực của nó phụ thuộc độ tin cậy của các kết quả nghiên cứu dự báo động đất sẽ xảy ra tại địa điểm xây dựng. Sau nhiều trăm năm nỗ lực nghiên cứu, con người đã phải tạm thời chấp nhận thất bại trong việc dự báo động đất, đặc biệt trong các vấn đề về dự báo thời gian, địa điểm và độ lớn các trận động đất sẽ xảy ra. Các kết quả thống kê cho thấy, các thiệt hại về sinh mạng con người và kinh tế do động đất gây ra trên thế giới trong các năm nửa cuối thế kỷ XX vô cùng lớn và tăng lên một cách nhanh chóng [22][55]. Mặt khác, qua quan sát và nghiên cứu hệ quả của tác động động đất lên các công trình xây dựng các nhà khoa học

nhận thấy rằng có rất nhiều công trình được thiết kế theo các tiêu chuẩn thiết kế hiện hành không bị sụp đổ, thậm chí không bị các hư hại nghiêm trọng khi chịu các tác động động đất lớn hơn rất nhiều so với dự kiến [30][13][2]. Các nhà khoa học đã tìm ra lời giải thích từ các yếu tố chưa được xét tới trong các phương pháp xác định tác động động đất cũng như tính toán kháng chấn công trình, đó là khả năng xuất hiện biến dạng dẻo và phân tán năng lượng trong hệ kết cấu chịu lực lẫn không chịu lực của công trình. Như vậy, việc thiết kế các công trình chịu động đất chỉ làm việc trong giai đoạn đàn hồi theo quan niệm trên cho thấy hoàn toàn không hợp lý và không kinh tế.

Để ngăn ngừa và giảm thiểu đến mức tối đa các tác hại do động đất gây ra, trong những thập niên cuối cùng của thế kỷ XX và đầu thế kỷ XXI cách thức thiết kế kháng chấn các công trình xây dựng đã có một sự thay đổi cơ bản. Theo đó, mục tiêu của việc thiết kế kháng chấn công trình được chuyển từ việc bảo vệ công trình sang bảo vệ trực tiếp sinh mạng con người và của cải vật chất xã hội. Với mục tiêu này, khi động đất xảy ra các công trình xây dựng không nhất thiết chỉ làm việc đàn hồi mà có thể làm việc sau giới hạn đàn hồi miễn là 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.

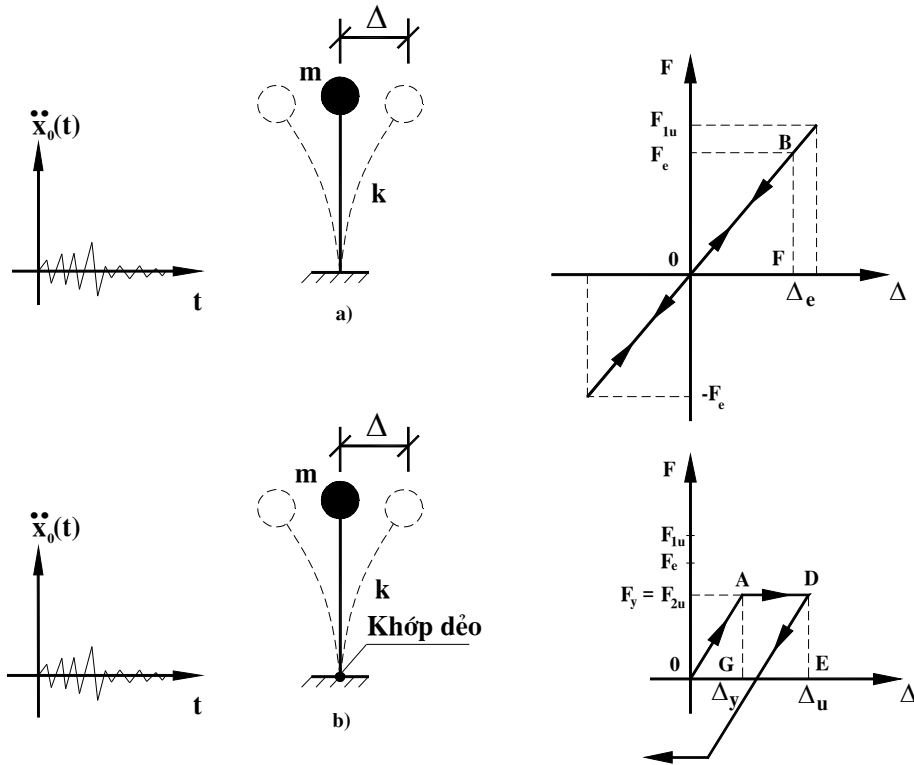
Cùng với sự phát triển nhanh chóng của của khoa học kỹ thuật, các kết quả nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm trong lĩnh vực xây dựng công trình ngày càng cho thấy một cách rõ ràng rằng vấn đề mấu chốt trong việc thiết kế các công trình chịu động đất là giải quyết bài toán năng lượng. Để cho công trình có thể làm việc tốt dưới tác động động đất, nó phải có khả năng hấp thụ và phân tán năng lượng động đất được chuyển đến cho nó. Sự hiểu biết một cách đầy đủ nguyên lý cân bằng năng lượng đơn giản này chính là chìa khoá để giải quyết vấn đề thiết kế có hiệu quả các công trình xây dựng chịu động đất.

1.1.2 Các mục tiêu thiết kế và cách thức đạt được mục tiêu thiết kế

Để làm rõ cách thức thiết kế theo quan niệm mới, ta xét ví dụ đơn giản sau [36][2].

Một hệ kết cấu có một bậc tự do động (BTDD) với khối lượng m và độ cứng k , dao động tự do không lực cản dưới tác động động đất biểu thị qua gia tốc nền $\ddot{x}_0(t)$ (hình 1.1). Giả thiết rằng hệ kết cấu được thiết kế để có khả năng chịu lực F_{1u} và phản ứng một cách hoàn toàn đàn hồi dưới tác động động đất với đồ thị lực - chuyển vị như trong hình 1.1a. Lúc động đất xảy ra,

lực quán tính lớn nhất tác động lên khối lượng m của hệ kết cấu có giá trị $F_e < F_{1u}$. Khi khối lượng của hệ kết cấu đạt chuyển vị Δ_e , thế năng tích lũy trong hệ kết cấu dưới dạng năng lượng biến dạng được biểu thị qua diện tích tam giác OBF đúng bằng động năng của nó. Lúc này, do tốc độ chuyển động bằng không nên lực phục hồi này sẽ làm cho hệ kết cấu chuyển động về phía hướng ngược lại, gây ra dao động với biên độ không đổi.



Hình 1.1 Phản ứng của các hệ kết cấu có một BTDD chịu tác động động đất:
a) Phản ứng đàn hồi; b) Phản ứng đàn hồi - dẻo.

Nếu giả thiết hệ kết cấu được thiết kế với một khả năng chịu lực F_{2u} nhỏ hơn nhiều so với F_{1u} , khi lực tác động đạt tới giá trị $F_y = F_{2u} < F_e$ ở chân của hệ kết cấu sẽ hình thành một khớp dẻo (bị phá hoại theo quan niệm của cách thiết kế thông thường) (hình 1.1.b). Tại điểm A, khi nội lực đạt tới giá trị F_{2u} kết cấu không thể chịu lực thêm nữa nhưng có thể tiếp tục biến dạng dưới tác động của lực F_y theo đường AD và đạt tới giá trị lớn nhất Δ_u tại điểm D (Δ_u được giả thiết nhỏ thua khả năng biến dạng của khớp dẻo). Trong trường hợp này, thế năng lớn nhất tích lũy trong hệ kết cấu khi đạt tới chuyển vị ngang Δ_u được biểu thị qua diện tích hình thang OADE. Khi trở lại vị trí cân bằng ban đầu, phần năng lượng chuyển thành động năng được biểu thị qua diện tích hình tam giác DEG, trong khi phần năng lượng biểu diễn qua diện tích hình bình hành OADG được phân tán qua khớp dẻo dưới dạng nhiệt, ma sát và các dạng năng lượng khác không thu hồi được.

Như vậy, từ chu kỳ này sang chu kỳ khác ở hệ kết cấu đàn hồi (hình 1.1a) có sự liên tục chuyển đổi qua lại giữa động năng và thế năng, còn ở hệ kết cấu đàn hồi dẻo (hình 1.1b) chỉ một phần thế năng được chuyển thành động năng, phần lớn năng lượng được tiêu tán qua biến dạng dẻo. Qua ví dụ này ta thấy một hệ kết cấu có thể chịu tác động động đất theo một trong hai cách sau:

- *Cách thứ nhất*: bằng khả năng chịu một lực tác động lớn (F_e) nhưng phải làm việc trong giới hạn đàn hồi, hoặc:

- *Cách thứ hai*: bằng khả năng chịu một lực tác động bé hơn ($F_y < F_e$) nhưng phải có khả năng biến dạng dẻo kèm theo.

Cách thứ nhất là cách thiết kế theo quan niệm trước đây, đáp ứng các yêu cầu bảo vệ công trình, còn cách thứ hai là cách thiết kế theo quan niệm mới, đáp ứng các yêu cầu bảo vệ trực tiếp sinh mạng con người và của cải vật chất xã hội. Như vậy, khác với cách thiết kế thứ nhất, công trình xây dựng được thiết kế theo cách thứ hai làm việc sau giai đoạn đàn hồi, chấp nhận các biến dạng lớn (nhưng không sụp đổ) ở hệ kết cấu chịu lực chính khi chịu các trận động đất mạnh hoặc rất mạnh.

Hiện nay các tiêu chuẩn thiết kế của các nước trên thế giới, trong đó có tiêu chuẩn TCXDVN 375 :2006 [16][38] đều chọn cách thứ hai khi thiết kế các công trình xây dựng trong các vùng động đất từ trung bình trở lên. Cách thứ nhất chỉ thích hợp cho việc thiết kế các công trình xây dựng trong các vùng động đất rất yếu. Chúng ta có thể thiết kế các công trình chịu được các trận động đất mạnh và rất mạnh mà không bị hư hỏng (cách thứ nhất), nhưng trong đa số các trường hợp việc thiết kế như vậy sẽ làm cho các cấu kiện có kích thước quá lớn trong khi xác suất xuất hiện những trận động đất mạnh thường rất thấp.

1.1.3 Các nguyên tắc cơ bản của việc thiết kế công trình chịu động đất theo quan niệm mới.

Các nguyên tắc cơ bản của việc thiết kế các công trình chịu động đất theo quan niệm mới (theo cách thứ hai) có thể tóm lược dưới dạng các yêu cầu sau thông qua các trạng thái giới hạn của chúng [22][7]:

a) *Trạng thái giới hạn làm việc* : Công trình phải chịu được các trận động đất yếu thường hay xảy ra mà không bị bất cứ hư hỏng nào ở kết cấu chịu lực lẫn không chịu lực. Công trình vẫn hoạt động bình thường, kể cả các thiết bị bên trong công trình. Điều này có nghĩa là, trong thời gian động đất yếu tất cả các bộ phận kết cấu tạo nên công trình phải làm việc trong giới hạn đàn hồi.

b) *Trạng thái giới hạn cuối cùng* hoặc *trạng thái giới hạn kiểm soát hư hỏng*: Công trình phải chịu được các trận động đất có độ mạnh trung bình với các hư hỏng rất nhẹ có thể sửa chữa được ở các bộ phận kết cấu chịu lực, cũng như ở các bộ phận không chịu lực.

c) *Trạng thái giới hạn sụp đổ* hoặc *trạng thái giới hạn tồn tại*. Đối với đại đa số các công trình xây dựng, khi xảy ra động đất mạnh hoặc rất mạnh cho phép xuất hiện những hư hỏng lớn ở hệ kết cấu chịu lực và các thiết bị bên trong. Trong một số trường hợp, những sự hư hỏng này có thể không sửa chữa được nhưng công trình không được sụp đổ.

Các công trình được thiết kế theo các nguyên tắc cơ bản trên phải có một độ cứng, độ bền và độ dẻo thích hợp nhằm đảm bảo 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 (bệnh viện, trạm cứu hoả, cảnh sát...) vẫn có thể duy trì hoạt động. Trong trường hợp các trận động đất yếu, kết cấu cần phải đảm bảo đủ độ cứng để cho các phần kiến trúc của công trình bị hư hỏng ít nhất. Đối với các trận động đất trung bình, độ bền cho phép giới hạn các hư hỏng ở hệ kết cấu chịu lực. Cuối cùng khi kết cấu chịu tác động của các trận động đất mạnh hoặc rất mạnh, độ dẻo cho phép công trình có các chuyển vị không đàn hồi lớn nhưng không bị sụp đổ, đảm bảo cho những người sống trong nhà có thể thoát ra ngoài.

Các nguyên tắc thiết kế theo quan điểm mới trình bày ở trên được tóm lược trong bảng 1.1 [22].

Bảng 1.1. Các yêu cầu thiết kế công trình chịu động đất

Trạng thái giới hạn	Đặc tính kết cấu	Trạng thái kết cấu	Trạng thái kinh tế - xã hội	Phản ứng kết cấu	Nguy cơ động đất	
					Nguy cơ	Chu kỳ lặp (năm)
Làm việc bình thường	Độ cứng	Hư hỏng không đáng kể	Hoạt động không gián đoạn	Phản ứng đàn hồi	Thường hay xảy ra	~ 75 ÷ 200
Kiểm soát hư hỏng	Độ bền	Hư hỏng có thể sửa chữa được	Thiệt hại kinh tế hạn chế	Phản ứng đàn hồi - dẻo hạn chế	Thỉnh thoảng xảy ra	~ 400 ÷ 500
Ngăn ngừa sụp đổ	Độ dẻo	Không sụp đổ	Sinh mạng con người được bảo vệ	Phản ứng đàn hồi dẻo lớn	Rất ít khi xảy ra	~ 2000 ÷ 2500

1.1.4 Quan niệm thiết kế mới và các nguyên tắc cơ bản của việc thiết kế công trình chịu động đất theo tiêu chuẩn TCXDVN 375:2006 [16]

Trong tiêu chuẩn của Việt Nam “Thiết kế công trình chịu động đất” TCXDVN 375:2006 [16], quan niệm thiết kế mới cũng như các nguyên tắc cơ

bản của việc thiết kế công trình chịu động đất trình bày ở trên được thể hiện dưới dạng hai yêu cầu cơ bản và hai tiêu chí tương hợp kèm theo.

1.1.4.1 Các yêu cầu cơ bản.

Theo TCXDVN 375 :2006, việc thiết kế các công trình xây dựng chịu động đất ở Việt Nam được thực hiện theo hai cấp với các mục tiêu công năng (yêu cầu) sau:

1. Yêu cầu không sụp đổ

Yêu cầu không sụp đổ nhằm bảo vệ sinh mạng con người dưới tác động động đất ít khi xảy ra (động đất mạnh hoặc rất mạnh). Để thực hiện được yêu cầu này, các công trình xây dựng phải được thiết kế và thi công để chịu được các tác động động đất thiết kế mà không bị sụp đổ toàn bộ hoặc một phần, đồng thời giữ được tính nguyên vẹn và một phần khả năng chịu tải của nó sau khi động đất xảy ra. Điều này cũng có nghĩa là kết cấu bị hư hỏng nghiêm trọng và có thể có biến dạng dư vừa phải nhưng vẫn giữ được khả năng chịu tải trọng đứng và vẫn còn đủ độ bền ngang và độ cứng để bảo vệ sinh mạng con người, thậm chí ngay cả khi có các dư chấn mạnh. Việc sửa chữa các công trình trong trường hợp này có thể không kinh tế.

2. Yêu cầu hạn chế hư hỏng

Yêu cầu hạn chế hư hỏng nhằm giảm thiểu thiệt hại tài sản thông qua việc hạn chế hư hỏng ở bộ phận kết cấu chịu lực và không chịu lực trong các trận động đất thường hay xảy ra (động đất yếu hoặc trung bình). Để thực hiện được yêu cầu này, các công trình xây dựng phải được thiết kế và thi công để chịu được tác động động đất có xác suất xảy ra lớn hơn so với tác động động đất thiết kế mà không bị các hư hỏng và hạn chế sử dụng kèm theo với những chi phí khắc phục có thể lớn hơn một cách bất hợp lý so với giá thành bản thân công trình. Bản thân kết cấu cũng như các cấu kiện thành phần của nó không có các biến dạng ngang dư, độ cứng và độ bền của chúng được bảo toàn gần như hoàn toàn. Các cấu kiện không chịu tải có thể bị một số hư hỏng nhưng có thể sửa chữa dễ dàng và kinh tế sau động đất.

Như vậy, đi kèm theo hai cấp công năng (hai trạng thái giới hạn hoặc hai yêu cầu) trên là hai cấp tác động động đất. Tác động động đất cho cấp ngăn ngừa sụp đổ được gọi là *tác động động đất thiết kế*, còn cho cấp hạn chế hư hỏng thường được gọi là *tác động động đất làm việc*.

(i) Tác động động đất thiết kế là tác động động đất có xác suất vượt quá quy ước $P_{NCR} = 10\%$ trong 50 năm, hoặc một chu kỳ lặp quy ước trung bình $T_{NCR} = 475$ năm.