

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

BỘ XÂY DỰNG

VIỆN KHOA HỌC CÔNG NGHỆ XÂY DỰNG

-----*

NGUYỄN HỒNG HẢI

**NGHIÊN CỨU SỰ LÀM VIỆC CỦA NHÀ CAO TẦNG BÊ
TÔNG CỐT THÉP CÓ TẦNG CỨNG CHỊU TÁC ĐỘNG CỦA
ĐỘNG ĐẤT Ở VIỆT NAM**

LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT

HÀ NỘI – 2015

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

BỘ XÂY DỰNG

VIỆN KHOA HỌC CÔNG NGHỆ XÂY DỰNG

-----*

NGUYỄN HỒNG HẢI

**NGHIÊN CỨU SỰ LÀM VIỆC CỦA NHÀ CAO TẦNG BÊ
TÔNG CỐT THÉP CÓ TẦNG CỨNG CHỊU TÁC ĐỘNG CỦA
ĐỘNG ĐẤT Ở VIỆT NAM**

LUẬN ÁN TIẾN SĨ

**CHUYÊN NGÀNH: KỸ THUẬT XÂY DỰNG CÔNG TRÌNH
DÂN DỤNG VÀ CÔNG NGHIỆP**

MÃ SỐ: 62.58.20.08

NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC

- 1. PGS. TS. NGUYỄN XUÂN CHÍNH**
- 2. TS. NGÔ TUẤN**

HÀ NỘI – 2015

MỤC LỤC

MỤC LỤC	I
LỜI CAM ĐOAN	IV
LỜI CẢM ƠN.....	V
DANH MỤC HÌNH VẼ.....	VI
DANH MỤC BẢNG BIỂU	IX
DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU VIẾT TẮT.....	X
1 CHƯƠNG 1 – TỔNG QUAN	1
1.1 ĐẶT VẤN ĐỀ.....	1
1.2 KẾT CẤU NHÀ CAO TẦNG VÀ XU HƯỚNG PHÁT TRIỂN	2
1.3 PHƯƠNG PHÁP THIẾT KẾ KẾT CẤU CHỊU TẢI TRỌNG ĐỘNG ĐẤT.....	7
1.3.1 Phương pháp thiết kế theo các tiêu chuẩn hiện hành	7
1.3.2 Phương pháp thiết kế dựa theo tính năng	9
1.4 NGHIÊN CỨU LÝ THUYẾT VÀ THỰC NGHIỆM KẾT CẤU NHÀ CAO TẦNG CÓ TẦNG CỨNG	11
1.4.1 Nghiên cứu lý thuyết	11
1.4.2 Nghiên cứu thông qua thí nghiệm	13
1.4.3 Nghiên cứu trong nước	14
1.5 GIỚI THIỆU VỀ LUẬN ÁN	17
1.5.1 Nhiệm vụ đặt ra đối với luận án.....	17
1.5.2 Đối tượng, phạm vi và phương pháp nghiên cứu.....	18
1.5.3 Nội dung nghiên cứu của luận án	18
1.5.4 Cấu trúc của luận án.....	18
2 CHƯƠNG 2 – PHƯƠNG PHÁP THIẾT KẾ KHÁNG CHẤN DỰA THEO TÍNH NĂNG CHO NHÀ CAO TẦNG	19
2.1 MỞ ĐẦU	19
2.2 XÁC ĐỊNH MỤC TIÊU TÍNH NĂNG CỦA CÔNG TRÌNH	19
2.2.1 Mức nguy cơ động đất	19
2.2.2 Mức tính năng công trình.....	20
2.2.3 Mục tiêu tính năng	22
2.3 PHÂN TÍCH KẾT CẤU BẰNG PHƯƠNG PHÁP PHI TUYẾN.....	22
2.3.1 Phương pháp phân tích tĩnh phi tuyến	23
2.3.2 Phương pháp phân tích động phi tuyến	30
2.4 MÔ HÌNH HÓA KẾT CẤU TRONG PHÂN TÍCH PHI TUYẾN	32
2.4.1 Giới thiệu phần mềm Ruaumoko	32
2.4.2 Quan hệ lực – biến dạng khi chịu tải trọng động đất.....	33
2.4.3 Mô hình hóa phần tử thanh trong phân tích phi tuyến.....	35
2.5 ĐẦU VÀO CỦA ĐỘNG ĐẤT TRONG PHÂN TÍCH PHI TUYẾN	37
2.6 QUY TRÌNH THIẾT KẾ THEO PBSĐ.....	38

2.6.1	Các bước chính trong quy trình thiết kế	39
2.6.2	Đánh giá mục tiêu tính năng ở mức sử dụng	40
2.6.3	Đánh giá mục tiêu tính năng ở mức ngăn ngừa sụp đổ	41
2.6.4	Tiêu chí chấp thuận đối với cấu kiện bê tông cốt thép	42
2.7	TÓM TẮT CHƯƠNG 2	46
3	CHƯƠNG 3 – SỰ LÀM VIỆC CỦA NHÀ CAO TẦNG BÊ TÔNG CỐT THÉP CÓ TẦNG CỨNG CHỊU TẢI TRỌNG ĐỘNG ĐẤT Ở VIỆT NAM	47
3.1	MỞ ĐẦU	47
3.2	MÔ HÌNH KẾT CẤU KHẢO SÁT	48
3.3	LỰA CHỌN SỐNG ĐỘNG ĐẤT PHÙ HỢP VỚI ĐIỀU KIỆN VIỆT NAM TRONG PHÂN TÍCH PHI TUYẾN	51
3.3.1	So sánh phổ phản ứng giữa TCVN 9386, ASCE 7 và GB 50011	51
3.3.2	Các nghiên cứu liên quan khác	55
3.3.3	Ảnh hưởng của việc lựa chọn phổ chuyển vị trong phân tích tĩnh phi tuyến	57
3.3.4	Ảnh hưởng của việc lựa chọn phổ gia tốc trong phân tích động phi tuyến	58
3.3.5	Tình hình động đất và đất nền của Việt Nam	61
3.4	ẢNH HƯỞNG CỦA TẦNG CỨNG ĐẾN ỨNG XỬ CỦA CÔNG TRÌNH	68
3.4.1	Xây dựng chương trình tính toán chuyển vị mục tiêu và hệ số ứng xử từ kết quả phân tích tĩnh phi tuyến 68	
3.4.2	Ảnh hưởng của vị trí tầng cứng	71
3.4.3	Ảnh hưởng của độ cứng tầng cứng	73
3.4.4	Ảnh hưởng của hàm lượng cốt thép	76
3.4.5	Hệ số ứng xử của công trình	77
3.5	ĐÁNH GIÁ TÍNH NĂNG KHÁNG CHẤN THEO PBSĐ	78
3.5.1	Lựa chọn sóng động đất đầu vào	79
3.5.2	Đánh giá kết quả phân tích	81
3.6	KẾT QUẢ ĐẠT ĐƯỢC CỦA CHƯƠNG 3	91
4	CHƯƠNG 4 – THÍ NGHIỆM MÔ HÌNH NÚT CỘT – DÀM CỨNG	93
4.1	NHIỆM VỤ, MỤC ĐÍCH VÀ ĐỐI TƯỢNG KHẢO SÁT THÍ NGHIỆM	93
4.1.1	Nhiệm vụ của thí nghiệm trong luận án	93
4.1.2	Mục đích của thí nghiệm	93
4.1.3	Đối tượng và phương pháp thí nghiệm	94
4.2	PHÂN TÍCH VÀ XÂY DỰNG MÔ HÌNH KHẢO SÁT THỰC NGHIỆM	94
4.2.1	Kết cấu thực (nguyên mẫu)	94
4.2.2	Trạng thái làm việc của liên kết cột-dầm cứng và tỉ lệ mô hình	95
4.2.3	Mô hình khảo sát thực nghiệm	97
4.2.4	Xây dựng mẫu thí nghiệm	100
4.2.5	Tải trọng đối với mẫu thí nghiệm	106
4.2.6	Hệ thống gia tải	106
4.2.7	Thiết bị đo lường và hệ thống thu nhận số liệu	107
4.2.8	Quy trình gia tải	108
4.3	KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM	109
4.3.1	Sự phát triển của vết nứt	109

4.3.2	<i>Ứng xử của liên kết cột-dầm cứng</i>	113
4.3.3	<i>Ứng xử trễ, sự suy giảm cường độ và độ cứng</i>	117
4.3.4	<i>Độ dẻo</i>	118
4.3.5	<i>Đánh giá kết cấu dựa trên tính năng</i>	119
4.3.6	<i>Đánh giá mục tiêu tính năng dựa vào kết quả thí nghiệm</i>	121
4.4	NHẬN XÉT	121
	KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ	123
	DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH KHOA HỌC ĐÃ CÔNG BỐ	125
	TÀI LIỆU THAM KHẢO	126

LỜI CAM ĐOAN

Tên tôi là: Nguyễn Hồng Hải

Tôi xin cam đoan đây là công trình nghiên cứu của riêng tôi.

Kết quả nêu trong luận án là trung thực và chưa từng được ai công bố trong bất kỳ công trình nào. Các nguồn thông tin và số liệu sử dụng trong luận án được chỉ rõ nguồn gốc.

Hà Nội, ngày ... tháng ... năm 2015

Nghiên cứu sinh

Nguyễn Hồng Hải

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu sinh xin được trân trọng cảm ơn các nhà khoa học trong và ngoài Viện đã động viên, khuyến khích, trao đổi kiến thức chuyên môn và cung cấp thông tin khoa học trong suốt thời gian nghiên cứu sinh thực hiện luận án.

Xin trân trọng cảm ơn ban lãnh đạo, hội đồng Khoa học Viện, Viện Chuyên Ngành Kết cấu, Viện Thông tin Đào tạo và Tiêu chuẩn hoá đã tạo mọi điều kiện và giúp đỡ nghiên cứu sinh để luận án được hoàn thành và bảo vệ đúng quy trình.

Đặc biệt, nghiên cứu sinh xin được bày tỏ lòng biết ơn chân thành và sâu sắc tới tập thể hướng dẫn PGS.TS Nguyễn Xuân Chính, TS. Ngô Tuấn đã tận tình hướng dẫn, giúp đỡ và chỉ dẫn khoa học có giá trị giúp nghiên cứu sinh hoàn thành luận án này cũng như nâng cao năng lực nghiên cứu khoa học.

Cuối cùng, xin bày tỏ lòng cảm ơn đối với những người thân trong gia đình, bạn bè, đồng nghiệp đã động viên, chia sẻ những khó khăn với nghiên cứu sinh trong suốt thời gian thực hiện luận án.

Hà Nội, ngày ... tháng ... năm 2015

Nghiên cứu sinh

Nguyễn Hồng Hải

DANH MỤC HÌNH VẼ

Hình 1- 1: Một số hệ kết cấu nhà cao tầng.....	3
Hình 1- 2: Mô hình chịu lực của kết cấu khung-vách.....	4
Hình 1- 3: Mô hình chịu lực của kết cấu có tầng cứng.....	5
Hình 1- 4: Mô hình giàn cứng dạng chữ K.....	14
Hình 2- 1: Quan hệ lực-biến dạng của công trình và hệ một bậc tự do tương đương.....	24
Hình 2- 2: Sơ đồ tuyến tính hóa theo phương pháp phổ khả năng.....	26
Hình 2- 3: Sơ đồ tuyến tính hóa theo phương pháp hệ số chuyển vị.....	27
Hình 2- 4: Sơ đồ tuyến tính hóa theo phương pháp N2.....	28
Hình 2- 5: Xác định chuyển vị mục tiêu cho hệ một bậc tự do tương đương.....	29
Hình 2- 6: Quan hệ lực biến dạng trong phân tích phi tuyến.....	31
Hình 2- 7: Quan hệ lực – biến dạng đối với các cấu kiện bê tông cốt thép.....	34
Hình 2- 8: Quan hệ đàn dẻo lý tưởng và quan hệ tuyến tính hai đoạn thẳng.....	34
Hình 2- 9: Quan hệ suy giảm độ cứng của Takeda.....	35
Hình 2- 10: Các cách mô hình hóa phần tử thanh trong phân tích phi tuyến.....	35
Hình 2- 11: Mô hình phần tử thanh trong Ruaumoko.....	36
Hình 2- 12: Quy trình thiết kế theo PBSĐ.....	40
Hình 3- 1: Mô hình kết cấu khảo sát.....	50
Hình 3- 2: Dạng của phổ gia tốc.....	52
Hình 3- 3: Phổ chuyển vị.....	52
Hình 3- 4: Phổ gia tốc theo ASCE 7.....	52
Hình 3- 5: Phổ gia tốc theo GB 50011.....	53
Hình 3- 6: So sánh phổ gia tốc giữa ba tiêu chuẩn.....	54
Hình 3- 7: So sánh phổ chuyển vị giữa ba tiêu chuẩn.....	54
Hình 3- 8: Tương quan phổ chuyển vị theo một số tiêu chuẩn, ứng với phổ ASCE 7, đất nền loại E, PGA 0.2g.....	55
Hình 3- 9: Biểu đồ quan hệ giữa chu kỳ góc của phổ chuyển vị với cường độ chấn động.....	56
Hình 3- 10: Đường cong khả năng của công trình.....	57
Hình 3- 11: Đường cong khả năng của hệ một bậc tự do tương đương.....	58
Hình 3- 12: Phổ gia tốc điều chỉnh theo ASCE.....	59
Hình 3- 13: Phổ chuyển vị điều chỉnh theo ASCE.....	59
Hình 3- 14: Phổ gia tốc điều chỉnh theo TCVN 9386.....	59
Hình 3- 15: Phổ chuyển vị điều chỉnh theo TCVN 9386.....	60
Hình 3- 16: Độ lớn của sóng cắt được khuếch đại khi truyền từ đá vào đất nền.....	62
Hình 3- 17: Sơ đồ phổ chuyển vị trên đá và đất nền.....	63
Hình 3- 18: Phổ gia tốc đàn hồi đối với động đất 6.5 độ Richter trên nền đá.....	65
Hình 3- 19: Phổ gia tốc đàn hồi đối với động đất 7 độ Richter trên nền đá.....	65
Hình 3- 20: Phổ gia tốc thu được từ Shake91 ứng với M =6.5, R = 40 km.....	66

Hình 3- 21: Phổ gia tốc thu được từ Shake91 ứng với $M = 7, R = 80$ km.....	66
Hình 3- 22: Phổ gia tốc thu được từ EC8 và Shake ứng với $M = 6.5, R = 40$ km.....	67
Hình 3- 23: Phổ gia tốc thu được từ EC8 và Shake ứng với $M = 7, R = 80$ km.....	67
Hình 3- 24: Phổ gia tốc trung bình thu được từ EC8 và Shake.....	67
Hình 3- 25: Nguyên lý xác định chuyển vị mục tiêu theo phương pháp N2.....	68
Hình 3- 26: Sơ đồ khối của thuật toán xác định chuyển vị mục tiêu.....	69
Hình 3- 27: Nguyên lý xác định hệ số ứng xử theo phương pháp N2.....	70
Hình 3- 28: Chuyển vị tầng tương ứng với vị trí tầng cứng.....	72
Hình 3- 29: Chuyển vị lệch tầng tương ứng với vị trí tầng cứng.....	72
Hình 3- 30: Khái niệm cột khỏe – dầm yếu.....	74
Hình 3- 31: Khớp dẻo hình thành ở dầm cứng.....	75
Hình 3- 32: Khớp dẻo hình thành ở cột.....	75
Hình 3- 33: Đường cong khả năng tương ứng với sự thay đổi của dầm cứng.....	76
Hình 3- 34: Đường cong khả năng tương ứng với sự thay đổi của hàm lượng cốt thép.....	77
Hình 3- 35: Quan hệ giữa độ cứng của tầng cứng và hệ số ứng xử.....	78
Hình 3- 36: So sánh phổ của các giản đồ với phổ chuẩn.....	79
Hình 3- 37: Sơ đồ phân tử dầm trong RUAUMOKO.....	81
Hình 3- 38: Lực dọc tại cột lân cận tầng cứng.....	82
Hình 3- 39: Lực cắt tại cột lân cận tầng cứng.....	83
Hình 3- 40: Mô men tại cột lân cận tầng cứng.....	84
Hình 3- 41: Nội lực của tầng cứng.....	86
Hình 3- 42: Nội lực trong lõi (sóng GM1).....	87
Hình 3- 43: Biểu đồ phân bố năng lượng khi phân tích phi tuyến.....	88
Hình 3- 44: Chuyển vị đỉnh của công trình theo thời gian.....	89
Hình 3- 45: So sánh kết quả phân tích phi tuyến và phân tích tuyến tính của chuyển vị đỉnh dưới tác động của sóng GM3.....	89
Hình 3- 46: Chuyển vị ngang lớn nhất.....	90
Hình 3- 47: Chuyển vị lệch tầng tương ứng.....	90
Hình 4- 1: Cấu tạo kết cấu nguyên mẫu khung phẳng có tầng cứng.....	96
Hình 4- 2: Biến thiên Mô men và Lực dọc trong cột biên khi chịu động đất.....	96
Hình 4- 3: Đường quan hệ Lực dọc-Mô men của nguyên mẫu cột.....	97
Hình 4- 4: Hình dạng biểu đồ mô men cột biên tại khu vực gần tầng cứng.....	100
Hình 4- 5: Phạm vi ảnh hưởng lớn đối với ứng suất (a) dọc và (b) đứng dầm cứng.....	101
Hình 4- 6: Kích thước mẫu sau khi phân tích điều kiện biên.....	101
Hình 4- 7: Đường quan hệ Lực dọc-Mô men của mẫu thí nghiệm cột.....	102
Hình 4- 8: Đường bao tương tác M-V khả năng chịu lực của mẫu thí nghiệm.....	103
Hình 4- 9: Đường cong quan hệ lực đẩy đầu cột và chuyển vị đỉnh mẫu thí nghiệm.....	103
Hình 4- 10: Kích thước mẫu thí nghiệm.....	104
Hình 4- 11: Đường cong ứng suất-biến dạng của bê tông (trung bình hóa).....	105

Hình 4- 12: Đường cong ứng suất-biến dạng của cốt thép.....	106
Hình 4- 13: Sơ đồ hệ thống gia tải	107
Hình 4- 14: Quy trình gia tải kiểm soát bằng lực.....	108
Hình 4- 15: Quy trình gia tải kiểm soát bằng chuyển vị	109
Hình 4- 16: Dạng sơ đồ nứt – Mẫu C2.....	114
Hình 4- 17: Hình ảnh thí nghiệm mẫu C1	115
Hình 4- 18: Hình ảnh thí nghiệm mẫu C2.....	116
Hình 4- 19: Đường cong ứng xử trễ mẫu thí nghiệm C1	118
Hình 4- 20: Đường cong ứng xử trễ mẫu thí nghiệm C2	118
Hình 4- 21: Biểu đồ biến thiên độ cong theo chiều cao mẫu thí nghiệm C1	119
Hình 4- 22: Biểu đồ biến thiên độ cong theo chiều cao mẫu thí nghiệm C2	120
Hình 4- 23: Độ cản nhót tương đương mẫu thí nghiệm C1	120
Hình 4- 24: Độ cản nhót tương đương mẫu thí nghiệm C2	121