

ĐÁNH GIÁ ẢNH HƯỞNG CỦA ĐỘNG ĐẤT TỚI CÁC CÔNG TRÌNH XÂY DỰNG TẠI KHU VỰC ĐÔ THỊ THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH

NGUYỄN HỒNG PHƯƠNG, HOÀNG ĐÔN DŨNG

I. MỞ ĐẦU

Nằm trên lãnh thổ miền Nam Việt Nam, thành phố Hồ Chí Minh (Tp HCM) từ lâu nay vẫn được đánh giá là khu vực an toàn về mặt địa chấn. Các số liệu quan trắc động đất đều cho thấy tính địa chấn không cao tại khu vực thành phố. Trận động đất gần nhất ghi nhận được bằng máy năm 1968 là một trận động đất xảy ra ở ngoài khơi, có chấn tâm nằm cách ranh giới Tp HCM khoảng 15 km về phía nam, với magnitud đạt 4,8 độ Richter. Trên địa bàn thành phố, mạng lưới trạm quan trắc mới bắt đầu hoạt động từ năm 2006 chỉ ghi nhận được những trận động đất nhỏ có magnitud không vượt quá 3,0 độ Richter.

Song, tính địa chấn thấp không phải là yếu tố duy nhất quyết định sự an toàn về mặt địa chấn cho một khu vực. Đối với cộng đồng đô thị Tp HCM, rủi ro địa chấn lại có thể đến từ một góc độ khác, đó là *sự lan truyền chấn động địa chấn* từ các trận động đất mạnh ở phạm vi khu vực, và *sự khuếch đại rung động nền* do các hiệu ứng nền địa phương gây ra dưới tải trọng của động đất. Trên thực tế, nền đất yếu tại khu vực Tp HCM có thể là một yếu tố góp phần không nhỏ vào sự khuếch đại rung động địa chấn gây ra bởi các trận động đất ở cả phạm vi khu vực lẫn địa phương. Những chấn động làm rung chuyển các tòa nhà cao tầng tại Tp HCM vào năm 2005 là những bằng chứng rõ ràng nhất về sự lan truyền chấn động, do chúng được gây ra bởi hai trận động đất có độ lớn trung bình ($M = 5,1$ và $M = 5,5$) và có chấn tâm nằm trên thềm lục địa, cách Tp HCM khoảng 150 km về phía đông nam.

Sau năm 2005, những trận động đất vẫn tiếp tục xảy ra trên vùng thềm lục địa miền Nam làm rung chuyển những nhà cao tầng tại Tp HCM. Những chấn động địa chấn đã không khỏi làm cho một bộ phận lớn các cư dân đô thị có tâm lý lo sợ trước một

hiểm họa thiên nhiên đang ngày càng trở nên hiện hữu. Việc đánh giá mức độ rủi ro và ước lượng thiệt hại do động đất gây ra đối với các công trình xây dựng tại Tp HCM không đơn thuần chỉ là vấn đề mang tính thời sự, mà còn trở nên cấp thiết trong tình hình mới.

Bài báo này trình bày một số kết quả nghiên cứu bước đầu đánh giá ảnh hưởng của động đất tới các công trình xây dựng tại Tp HCM. Công nghệ GIS được áp dụng để xây dựng kịch bản động đất và công cụ tính toán cho phép ước lượng thiệt hại do động đất kịch bản gây ra cho sáu loại nhà có kết cấu phổ biến nhất tại quận 1 và 3 Tp HCM. Các kết quả ước lượng thiệt hại dựng nên một bức tranh hiện thực về mức độ và phân bố không gian của những thiệt hại về nhà cửa tại Tp HCM nếu có động đất mạnh xảy ra trên địa bàn hay vùng lân cận.

II. PHƯƠNG PHÁP

Phương pháp luận đánh giá rủi ro động đất đô thị đã được xây dựng và áp dụng cho một số thành phố lớn của Việt Nam như Hà Nội, Tp HCM và thành phố Nha Trang [1-4]. Một trong những phần chính của phương pháp luận đề cập tới việc đánh giá thiệt hại nhà cửa do động đất được áp dụng trong nghiên cứu này. Dưới đây trình bày tóm lược một số khái niệm cơ bản và cơ sở lý thuyết của phương pháp áp dụng.

1. Các trạng thái và mức độ phá hủy nhà cửa do động đất

Phá hủy do động đất gây ra đối với nhà cửa và các công trình xây dựng có thể được phân thành hai loại : phá hủy có cấu trúc và phá hủy không cấu trúc. Phá hủy có cấu trúc là sự phá hủy của các

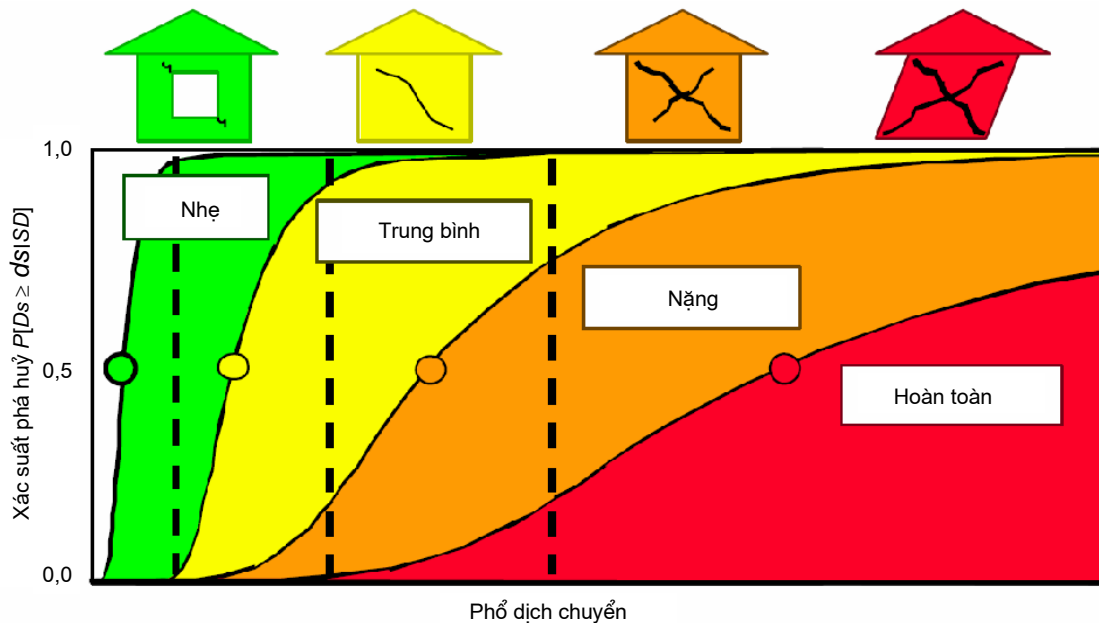
thành phần nối kết trong một toà nhà, còn gọi là các hệ thống kháng tải trọng lực và trượt bằng như tường, cột chịu lực, hệ thống xà dầm hay sàn nhà,... Phá hủy không cấu trúc là sự phá hủy của các thành phần không nối kết trong một toà nhà như các hệ thống kỹ thuật (cơ điện), cửa sổ, trần giả,... Trong hai loại phá hủy nêu trên, phá hủy có cấu trúc thường gây ra những thiệt hại nghiêm trọng hơn nhiều so với phá hủy không cấu trúc (làm đổ nhà, gây thương vong về người, và hậu quả đòi hỏi chi phí tái thiết lớn và thời gian phục hồi lâu hơn). Phương pháp luận áp dụng trong nghiên cứu này chỉ xét đến thiệt hại do phá hủy có cấu trúc.

Về mức độ, phá hủy do động đất gây ra đối với nhà cửa được thể hiện qua năm trạng thái : không

bị phá hủy, bị phá hủy nhẹ, bị phá hủy trung bình, bị phá hủy nặng và bị phá hủy hoàn toàn.

2. Đồ thị trạng thái phá hủy nhà cửa do động đất

Phá hủy có cấu trúc của một công trình dưới tải trọng của động đất ở các mức độ nhẹ, trung bình, nặng và hoàn toàn có thể biểu diễn dưới dạng các hàm phân bố chuẩn loga. Đồ thị của các hàm này, thường còn được gọi là các đồ thị trạng thái phá hủy, biểu diễn mối tương quan giữa xác suất $P[D_s \geq ds | S_d]$ để cho một toà nhà rơi vào một trong các trạng thái phá hủy nêu trên và phổ tác động nền. Trên hình 1 minh họa một ví dụ về đường cong trạng thái phá hủy sử dụng trong phương pháp luận, với bốn trạng thái phá hủy nhà cửa do động đất gây ra.



Hình 1. Đường cong biểu thị các trạng thái phá hủy nhẹ, trung bình, nặng và hoàn toàn [9]

Mỗi đồ thị trạng thái phá hủy được xác định bởi một giá trị median của tham số biểu thị rung động hay phá hủy nền (phổ dịch chuyển, phổ gia tốc, gia tốc cực đại nền hay dịch chuyển cực đại nền) tương ứng với một giá trị ngưỡng của trạng thái phá hủy đang xét và bởi một giá trị đặc trưng cho độ biến thiên của trạng thái phá hủy đó. Chẳng hạn, đại lượng phổ dịch chuyển S_d xác định giá trị ngưỡng của một trạng thái phá hủy ds tính bởi công thức :

$$S_d = \bar{S}_{d,ds} \cdot \varepsilon_{ds} \quad (1)$$

ở đây : $\bar{S}_{d,ds}$ - giá trị median của phổ dịch chuyển gây ra trạng thái phá hủy ds , ε_{ds} - biến ngẫu nhiên có

phân bố chuẩn loga có median bằng đơn vị và độ lệch chuẩn logarit là β_{ds} .

Xác suất có điều kiện để cho một trạng thái phá hủy ds cho trước xảy ra hay bị vượt quá được xác định bởi hàm tích lũy của phân bố chuẩn loga. Đối với phá hủy cấu trúc, nếu cho trước đại lượng phổ dịch chuyển S_d , xác suất để cho một trạng thái phá hủy ds xảy ra hay bị vượt quá là :

$$P[(ds | S_d)] = \Phi \left[\frac{1}{\beta_{ds}} \ln \left(\frac{S_d}{\bar{S}_{d,ds}} \right) \right] \quad (2)$$

ở đây : $\bar{S}_{d,ds}$ - giá trị median của phổ dịch chuyển, tại đó công trình xây dựng đạt tới giá trị cận trên ds

của trạng thái phá hủy, β_{ds} - độ lệch chuẩn của logarit tự nhiên của phổ dịch chuyển của trạng thái phá hủy d_s và Φ - hàm phân bố tích lũy của phân bố chuẩn.

Các giá trị median của phổ dịch chuyển và các giá trị độ lệch chuẩn β_{ds} được xác định cho từng công trình đã phân loại và từng trạng thái phá hủy dựa trên sự tổng hợp các số liệu thực nghiệm trong lĩnh vực xây dựng công trình, các số liệu động đất và ý kiến của các chuyên gia.

3. Đồ thị khả năng chịu lực của một tòa nhà

Phản ứng của một tòa nhà đối với những lực tác động từ bên ngoài được đặc trưng bởi đồ thị khả năng chịu lực của tòa nhà đó. Ở dạng ban đầu, đồ thị khả năng chịu lực của một tòa nhà được biểu diễn dưới dạng tương quan giữa lực trở kháng của tòa nhà trước lực tác động từ bên ngoài theo chiều ngang và dịch chuyển của bản thân tòa nhà đó (chẳng hạn dịch chuyển của móng) theo phương nằm ngang. Để đánh giá thiệt hại do động đất, đồ thị khả năng chịu lực của một tòa nhà được biến đổi về trục phổ gia tốc (S_a), còn trục biểu diễn dịch chuyển ngang của tòa nhà được chuyển đổi về đơn vị phổ dịch chuyển (S_d). Với cách biểu diễn như vậy, đồ thị khả năng chịu lực sẽ phản ánh xác thực phản ứng của tòa nhà đối với phổ tác động của nền do động đất gây ra tại chân tòa nhà.

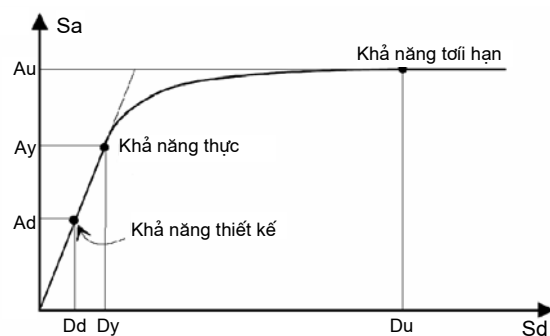
Các đồ thị khả năng chịu lực được xây dựng dựa trên các số liệu và kinh nghiệm của các chuyên gia thiết kế xây dựng. Mỗi đồ thị đặc trưng bởi ba điểm ứng với những khả năng phản ứng khác nhau của tòa nhà tại những thời điểm chịu tác động khác nhau :

a) *Khả năng thiết kế* : khả năng của tòa nhà về mặt lý thuyết, được thiết kế để đáp ứng những yêu cầu của hoàn cảnh cụ thể tại địa điểm xây dựng, trong đó có (hoặc không) tính đến các điều kiện về kháng chấn.

b) *Khả năng thực* : khả năng chịu lực thực sự của tòa nhà. Do sự thận trọng của các nhà thiết kế và tính bền vững thực sự của vật liệu xây dựng, khả năng này thường cao hơn khả năng thiết kế.

c) *Khả năng cao nhất (tới hạn)* : khả năng chịu lực tác động cao nhất của tòa nhà, khi toàn bộ hệ thống kết cấu đã đạt tới trạng thái dẻo toàn phần. Khả năng tới hạn của một tòa nhà đánh dấu thời điểm khi tòa nhà bị mất lực trở kháng và các bộ phận yếu nhất trong tòa nhà bắt đầu bị gãy vỡ.

Ví dụ về đồ thị khả năng chịu lực sử dụng trong phương pháp luận được minh họa trên hình 2. Từ gốc tọa độ đến điểm đánh dấu khả năng thực (A_Y, D_Y), đồ thị có dạng tuyến tính. Đoạn tiếp theo của đồ thị có dạng phi tuyến cho đến điểm đánh dấu khả năng tới hạn (A_U, D_U) của tòa nhà, đây là đoạn đánh dấu sự chuyển hoá từ trạng thái đàn hồi sang trạng thái biến dạng dẻo toàn phần trong phản ứng của tòa nhà. Đoạn cuối cùng của đồ thị xuất phát từ điểm đánh dấu khả năng tới hạn của tòa nhà và được giả thiết là vẫn giữ nguyên trạng thái dẻo.



Hình 2. Ví dụ về đồ thị khả năng chịu lực của một tòa nhà [9]

4. Phản ứng cực đại của một tòa nhà

Phản ứng cực đại của một tòa nhà được xác định bằng phương pháp phổ khả năng [5, 6]. Phương pháp này sử dụng một kỹ thuật khá đơn giản là đưa các đồ thị khả năng chịu lực của tòa nhà và đồ thị phổ phản ứng nền tại điểm đặt của tòa nhà đó về cùng một hệ trục và cho cắt nhau. Giao điểm của các đồ thị này sẽ xác định phản ứng cực đại của tòa nhà đối với lực tác động của nền đất, với các giá trị phổ gia tốc S_a và phổ dịch chuyển S_d tương ứng. Trên hình 3 minh họa một thí dụ về phương pháp xác định phản ứng cực đại của tòa nhà, sử dụng các đồ thị khả năng chịu lực của tòa nhà và đồ thị phổ tác động của nền đất.

III. PHÂN LOẠI NHÀ CỬA TẠI CÁC QUẬN 1 VÀ 3 TP HCM

1. Tiêu chuẩn phân loại

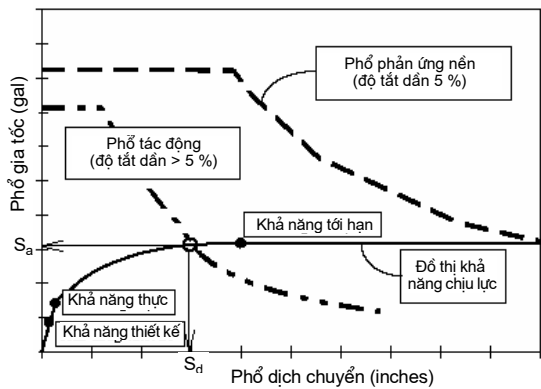
Để đánh giá tác động của động đất tới các công trình xây dựng tại Tp HCM, tiêu chuẩn phân loại nhà cửa theo kết cấu xây dựng và chiều cao công trình của Mỹ được áp dụng [8]. Tiêu chuẩn này sẽ được áp dụng để đánh giá thiệt hại cho các "khối

nhà", tức là tổ hợp các ngôi nhà có cùng kết cấu. Bảng 1 liệt kê 36 loại nhà điển hình theo tiêu chuẩn phân loại của Mỹ, với đơn vị đo chiều cao được đưa về dạng mét để tiện so sánh [1-4]. Ngoài ra, mức

thiết kế kháng chấn của từng loại nhà liệt kê theo tiêu chuẩn này cũng được phân ra thành các mức sau đây : không kháng chấn, kháng chấn thấp, kháng chấn trung bình và kháng chấn cao.

Bảng 1. Phân loại nhà theo kết cấu và chiều cao

STT	Ký hiệu	Mô tả	Chiều cao			
			Xếp loại		Điển hình	
			Tính chất	Số tầng	Số tầng	M
1	W1	Nhà gỗ, khung nhẹ ($\leq 464,5 \text{ m}^2$)		1-2	1	4,25
2	W2	Nhà gỗ, dùng với mục đích thương mại hay công nghiệp ($> 464,5 \text{ m}^2$)		Tất cả	2	7,32
3	S1L	Khung thép mô men	Thấp tầng	1-3	2	7,32
4	S1M		Trung bình	4-7	5	18,29
5	S1H		Cao tầng	≥ 8	13	47,55
6	S2L	Khung thép giằng	Thấp tầng	1-3	2	7,32
7	S2M		Trung bình	4-7	5	18,29
8	S2H		Cao tầng	≥ 8	13	47,55
9	S3	Khung thép nhẹ		Tất cả	1	4,57
10	S4L	Khung thép với tường bên bằng betong đúc tại chỗ (cast-in-place)	Thấp tầng	1-3	2	7,32
11	S4M		Trung bình	4-7	5	18,29
12	S4H		Cao tầng	≥ 8	13	47,55
13	S5L	Khung thép với tường bao xây gạch không gia cố	Thấp tầng	1-3	2	7,32
14	S5M		Trung bình	4-7	5	18,29
15	S5H		Cao tầng	≥ 8	13	47,55
16	C1L	Khung betong chịu mô men	Thấp tầng	1-3	2	6,09
17	C1M		Trung bình	4-7	5	15,24
18	C1H		Cao tầng	≥ 8	12	36,58
19	C2L	Tường bên bằng betong chịu mô men	Thấp tầng	1-3	2	6,09
20	C2M		Trung bình	4-7	5	15,24
21	C2H		Cao tầng	≥ 8	12	36,58
22	C3L	Nhà có khung betong với tường bao xây gạch không gia cố	Thấp tầng	1-3	2	6,09
23	C3M		Trung bình	4-7	5	15,24
24	C3H		Cao tầng	≥ 8	12	36,58
25	PC1	Nhà có tường dựng đứng bằng betong đúc sẵn		Tất cả	1	4,57
26	PC2L	Khung betong đúc sẵn với tường bên bằng betong	Thấp tầng	1-3	2	6,09
27	PC2M		Trung bình	4-7	5	15,24
28	PC2H		Cao tầng	≥ 8	12	36,58
29	RM1L	Nhà có tường chịu lực xây nề có gia cố với các vách ngăn bằng betong đúc sẵn	Thấp tầng	1-3	2	6,09
30	RM1M		Trung bình	≥ 4	5	15,24
31	RM2L	Khung betong đúc sẵn với tường bên bằng betong	Thấp tầng	1-3	2	6,09
32	RM2M		Trung bình	4-7	5	15,24
33	RM2H		Cao tầng	≥ 8	12	36,58
34	URML	Nhà có tường chịu lực xây nề không gia cố	Thấp tầng	1-3	1	4,57
35	URMM		Trung bình	≥ 3	3	10,67
36	MH		Nhà lưu động		Tất cả	1



Hình 3. Xác định phản ứng cực đại của một toà nhà bằng các đồ thị khả năng chịu lực và đồ thị phổ tác động [5, 6]

2. Kết quả phân loại nhà cửa tại các quận 1 và 3 Tp HCM

Việc phân loại chi tiết nhà cửa tại Tp HCM đòi hỏi chi phí rất lớn về kinh phí và thời gian. Do hiện nay chưa có số liệu phân loại nhà cửa chi tiết và thống nhất cho toàn bộ Tp HCM, các kết quả phân loại nhà cửa cho hai quận 1 và 3 Tp HCM theo tiêu chuẩn trình bày trong bảng 1 được sử dụng trong nghiên cứu này. Đây là kết quả của đề tài nghiên cứu khoa học và công nghệ cấp thành phố mang tên "Đánh giá độ rủi ro động đất cho Tp HCM trên cơ sở sử dụng GIS và các mô hình toán", do các tác giả tham gia thực hiện trong khoảng thời gian từ năm 2007 đến năm 2008 [3].

Để có được các số liệu phân loại nhà, công tác thực địa được tổ chức quy mô tại khu vực hai quận

để khảo sát và thu thập các dữ liệu về nhà cửa. Đây là hình thức khảo sát thực địa dưới dạng "đạo trên hè phố" (sidewalk), đòi hỏi nhiều thời gian, sự kiên nhẫn của cán bộ khảo sát và sự hợp tác của các cơ quan và chủ nhà. Các dữ liệu về nhà cửa được thu thập ban đầu dưới dạng phiếu điều tra, sau đó được nhập vào cơ sở dữ liệu GIS, được khai thác để tính toán thiệt hại do động đất và sẽ được cập nhật thường xuyên để đảm bảo độ tin cậy cho các kết quả đánh giá rủi ro trong tương lai.

Căn cứ vào các kết quả phân loại nhà cửa theo kết cấu, có thể thấy trên địa bàn Tp HCM có 6 loại nhà có kết cấu phổ biến nhất. Để cho tiện, có thể tạm đặt tên cho 6 loại nhà này theo các tên gọi đơn giản như nhà ít tầng, nhà nhiều tầng, nhà cao tầng, nhà thấp tầng, nhà công nghiệp và nhà dân. Bảng 2 liệt kê 6 loại nhà có kết cấu phổ biến nhất tại Tp HCM, với các ký hiệu được gán cho từng loại nhà theo tiêu chuẩn phân loại trình bày trong bảng 1. Ảnh 1 minh họa về 6 loại nhà liệt kê trong bảng 2.

IV. XÂY DỰNG KỊCH BẢN ĐỘNG ĐẤT HIỆN THỰC CHO TP HCM

Để đánh giá định lượng mức độ thiệt hại nhà cửa do động đất gây ra cho một khu vực nghiên cứu, các kịch bản động đất được cho là gắn với hiện thực được xây dựng. Động đất kịch bản là động đất được dự báo sẽ xảy ra tại khu vực nghiên cứu, với các thông số ban đầu được xác định trước. Thông thường, động đất kịch bản là sự mô phỏng những trận động đất đã xảy ra trong quá khứ, nhằm dự báo ảnh hưởng

Bảng 2. Phân loại một số nhà có kết cấu phổ biến nhất tại thành phố Hồ Chí Minh

STT	Tên thường gọi	Mô tả chức năng	Mô tả kết cấu	Ký hiệu kết cấu
1	Nhà ít tầng	Bệnh viện, chung cư	Nhà có khung betong với tường bao xây gạch không gia cố	C3M
2	Nhà nhiều tầng	Khách sạn, văn phòng, chung cư, bệnh viện	Nhà có khung betong với tường bao xây gạch không gia cố	C3H
3	Nhà cao tầng	Văn phòng, chung cư, khách sạn	Khung betong đúc sẵn với tường bên bằng betong	PC2H
4	Nhà công nghiệp	Nhà kết cấu thép làm xưởng công nghiệp, chợ triển lãm hội chợ	Khung thép mô men	S1L, S2L
5	Nhà dân	Nhà ở một hay nhiều gia đình, cửa hàng buôn bán nhỏ và dịch vụ	Nhà có tường chịu lực xây nề không gia cố	C1L/URML
6	Nhà thấp tầng	Bệnh viện, trường học, ngân hàng, siêu thị	Nhà có tường chịu lực xây nề có gia cố với các vách ngăn bằng betong đúc sẵn	RM1L, RM1M



Ảnh 1. Một số kiểu công trình xây dựng phổ biến tại khu vực nội thành Tp HCM : a) Nhà ít tầng (C3M), b) Nhà nhiều tầng (C3H), c) Nhà cao tầng (PC2H), d) Nhà công nghiệp (S1L, S2L), e) Nhà dân (C1L, URML) và f) Nhà thấp tầng (RM1L)

của những trận động đất sẽ xảy ra trong tương lai. Động đất kịch bản được xây dựng cho Tp HCM dựa trên các giả thiết sau :

1) Động đất được phát sinh trên một trong những đứt gãy kiến tạo có khả năng sinh chấn chạy cắt ngang qua hoặc gần địa bàn thành phố. Chấn tâm

động đất kích bản được lấy tại một điểm nằm trên đứt gãy phát sinh ra nó và có khoảng cách gần nhất tới địa phận Tp HCM.

2) Ngoài tọa độ chấn tâm, các tham số khác của động đất kích bản được xác định theo các tham số hình học và địa động lực của chấn đoạn đứt gãy phá hủy phát sinh ra nó (chấn tiêu động đất kích bản) theo các nguyên tắc của mô hình nguồn tuyến thành lập cho Việt Nam [2,3].

Trong nghiên cứu này, kịch bản động đất được lựa chọn để đánh giá thiệt hại cho các quận 1 và 3 Tp HCM được giả thiết phát sinh trên đứt gãy Thuận Hải - Minh Hải, có độ lớn $M = 5,6$ và là đứt gãy sinh chấn nằm trên thềm lục địa đông nam Việt Nam có khả năng phát sinh động đất mạnh nhất trong khu vực lân cận Tp HCM. Dựa theo đứt gãy này, vào các năm 1877 và 1882 đã ghi nhận được hai trận động đất lịch sử có độ lớn được đánh giá tương đương với 5,1 độ Richter. Theo các kết quả nghiên cứu gần đây nhất, động đất cực đại do đứt gãy này phát sinh có thể đạt tới 5,5 - 5,6 độ Richter [3, 10]. Như vậy, động đất kích bản được chọn có thể coi là trường hợp cực đoan, khi chấn động gây ra tại Tp HCM sẽ đạt được cả hai tiêu chí là hiện thực và cực đại.

V. ĐÁNH GIÁ THIẾT HẠI DO ĐỘNG ĐẤT GÂY RA CHO CÁC KIỂU CÔNG TRÌNH TẠI KHU VỰC QUẬN 1 VÀ 3 TP HCM

Công nghệ GIS được sử dụng để xây dựng công cụ phần mềm đánh giá độ rủi ro động đất đô thị. Công cụ này có tên gọi là *ArcRisk*, được viết bằng ngôn ngữ *Avenue* trên cơ sở tùy biến giao diện của *ArcView*. Cho đến nay, *ArcRisk* đã được áp dụng để đánh giá thiệt hại do động đất cho các thành phố Hà Nội, Tp HCM và Nha Trang [2-4]. Ngoài chức năng là một công cụ mạnh trong việc đánh giá độ nguy hiểm động đất bằng công nghệ GIS, *ArcRisk* còn được thiết kế để có thể sử dụng như một Hệ thống hỗ trợ ra quyết định trong công tác phòng ngừa, ứng cứu và giảm nhẹ thiệt hại do động đất gây ra đối với cộng đồng đô thị tại các thành phố lớn của Việt Nam.

Trong bài báo này, phần mềm *ArcRisk* và động đất kích bản Thuận Hải - Minh Hải được sử dụng để tính thiệt hại cho 6 loại nhà có kết cấu phổ biến tại các quận 1 và 3 Tp HCM. Các bước thực hiện quy trình tính toán được mô tả dưới đây.

1. Xây dựng các đô thị khả năng chịu lực cho mỗi loại nhà

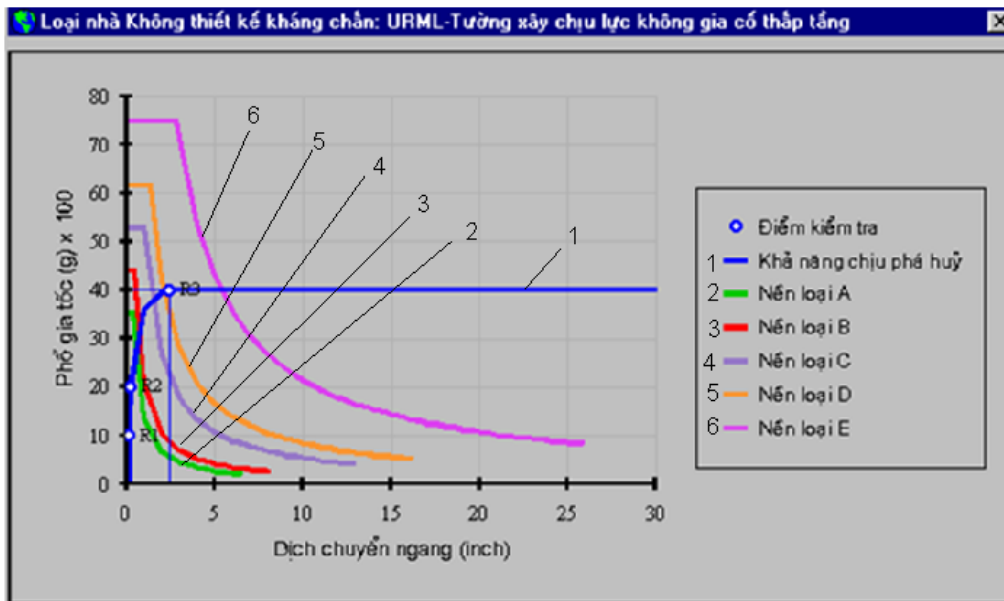
Các đô thị khả năng chịu lực được giả thiết là có dạng phân bố loga chuẩn của biến số biểu thị lực tới hạn (AU) của mỗi loại nhà. Trong phần mềm *ArcRisk*, các đô thị này được xây dựng cho tất cả 36 loại nhà liệt kê trong bảng 1 với bốn mức độ kháng chấn khác nhau (không kháng chấn, thấp, trung bình và cao), sử dụng các hàm thống kê ngầm định trong ngôn ngữ lập trình *Avenue* và tài liệu của Mỹ. Độ biến thiên $\beta(AU)$ của đô thị được gán các giá trị bằng 0,25 đối với các loại nhà được thiết kế kháng chấn và bằng 0,30 đối với các loại nhà không được thiết kế kháng chấn [8]. Trên hình 4, đô thị khả năng chịu lực của loại nhà thấp tầng có tường chịu lực xây nề không gia cố (URML) được minh họa bằng đường cong tăng, còn các đô thị phổ tác động hiệu chỉnh cho các loại nền khác nhau được minh họa bằng các đường cong suy giảm.

2. Xác định phản ứng cực đại của mỗi loại nhà dưới tác động của động đất

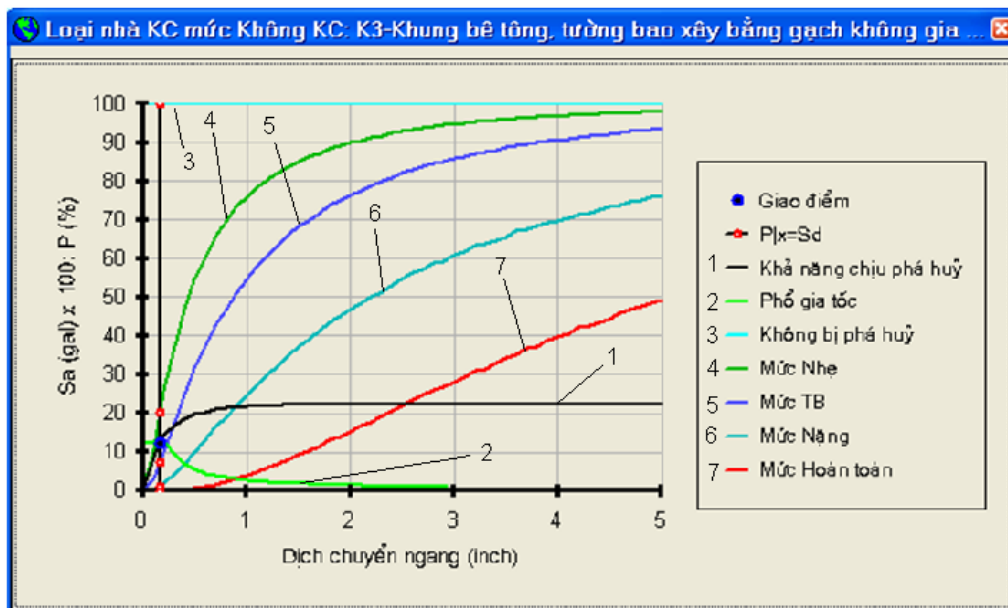
Các đô thị khả năng chịu lực được sử dụng để xác định phản ứng cực đại của mỗi loại nhà tại chân công trình. Quy trình xác định loại nhà và phản ứng cực đại của loại nhà đó tại một điểm bất kỳ trên bản đồ được thực hiện tự động. Đầu tiên, các điều kiện nền đất như loại nền, giá trị các tham số rung động nền được máy tính nhận biết và lựa chọn. Tiếp theo, máy tính tự động nhận biết loại nhà tại điểm đang xét. Để xác định giá trị phổ dịch chuyển cực đại tại điểm đang xét, máy tính tự động xét sáu trường hợp giao điểm giữa các đô thị khả năng chịu lực và đô thị phổ tác động nền, đồng thời phương pháp lặp trực tiếp được sử dụng để tìm ra nghiệm đúng.

3. Xác định các trạng thái phá hủy nhà

Các giá trị phổ dịch chuyển tương ứng với phản ứng cực đại của mỗi loại nhà được đưa vào công thức (2) để tính xác suất trạng thái phá hủy nhà tại hai quận nghiên cứu. Kết quả tính cho mỗi điểm được rời rạc hoá và biểu diễn dưới dạng đô thị xác suất để cho loại nhà tại điểm đang xét rơi vào một trong năm trạng thái phá hủy sau đây : không bị phá hủy (KO), bị phá hủy nhẹ (NH), bị phá hủy trung bình (TB), bị phá hủy nặng (NG) và bị phá hủy hoàn toàn (HT). Trên hình 5 minh họa kết quả xác định các trạng thái phá hủy do động đất kích bản gây ra cho loại nhà có độ cao trung bình và có kết cấu khung betong với tường bao xây gạch không gia cố (3CM). Phần mềm *ArcRisk* cho phép người sử dụng tra vấn



Hình 4. Xác định phản ứng cực đại cho loại nhà thấp tầng có tường chịu lực xây nề không gia cố (URML)



Hình 5. Xác định các trạng thái phá hủy cho loại nhà có độ cao trung bình và có kết cấu khung bê tông với tường bao xây gạch không gia cố (3CM)

xác suất thiệt hại nhà cửa do động đất tại điểm bất kỳ trên bản đồ và hiển thị kết quả trên giao diện của phần mềm ArcView. Kết quả tính xác suất trạng thái phá hủy nhà cửa cho mỗi loại nhà tại một điểm bất kỳ được tự động gán cho các điểm trọng tâm của mỗi khối nhà có cùng loại trên bản đồ và được sử

dụng để thành lập các bản đồ dự báo thiệt hại nhà cửa do động đất.

4. Thành lập tập bản đồ dự báo thiệt hại nhà cửa do động đất

Quy trình tính toán và vẽ bản đồ được thực hiện tự động và các kết quả được hiển thị trên giao diện

của phần mềm *Arcview GIS*. Tập bản đồ rủi ro động đất được xây dựng với các lớp thông tin thành phần biểu thị xác suất phá hủy nhà cửa tại khu vực nghiên cứu ở năm mức độ phá hủy khác nhau : không bị phá hủy, phá hủy nhẹ, phá hủy trung bình, phá hủy nặng và phá hủy hoàn toàn. Các giá trị xác suất phá hủy nhà cửa ở một trạng thái phá hủy nào đó có thể được hiểu như là số ngôi nhà bị phá hủy ở trạng thái đó trên tổng số các ngôi nhà có cùng kết cấu tại khu vực nghiên cứu. Mô tả chi tiết về trạng thái phá hủy của từng loại nhà có thể tham khảo trong [7]. Các ước lượng thiệt hại nhà cửa được xác định trong nghiên cứu này với giả thiết là phổ tác động có độ tắt dần 5 %.

VI. KẾT QUẢ ĐÁNH GIÁ ẢNH HƯỞNG CỦA ĐỘNG ĐẤT KỊCH BẢN ĐẾN CÁC KIỂU CÔNG TRÌNH BỀ MẶT Ở TP HCM

Sử dụng các công cụ tìm kiếm, sắp xếp và kết xuất ngầm định của phần mềm *ArcView GIS*, kết quả tính thiệt hại của từng loại nhà có kết cấu tiêu biểu tại Tp HCM được kết xuất từ các bản đồ dự báo thiệt hại nhà cửa ở tất cả bốn mức độ thiệt hại, từ mức nhẹ đến mức hoàn toàn. *Bảng 3* liệt kê kết quả đánh giá thiệt hại do động đất kịch bản gây ra đối với 6 loại nhà đang xét ở bốn mức độ thiệt hại, trong đó P_{NH}, P_{TB}, P_{NG} và P_{HT} biểu thị các giá trị lớn nhất của xác suất để nhà cửa bị phá hủy lần lượt ở các mức độ nhẹ, trung bình, nặng và hoàn toàn.

Bảng 3. Kết quả đánh giá thiệt hại một số loại nhà tiêu biểu tại Tp HCM theo kịch bản động đất

STT	Tên thường gọi	Ký hiệu kết cấu	P _{NH} (%)	P _{TB} (%)	P _{NG} (%)	P _{HT} (%)
1	Nhà ít tầng	C3M	2,79-7,53	0,28-1,24	0,0-0,08	0,0-0,01
2	Nhà nhiều tầng	C3H	1,09-8,67	0,08-1,33	0,02-0,23	0,0-0,02
3	Nhà cao tầng	PC2H	5,67	3,23	0,44	0,0
4	Nhà công nghiệp	S1L, S2L	1,22-3,14	0,27-1,03	0,0-0,02	0,0
5	Nhà dân	C1L/URML	3,84/13,05	1,38/7,18	0,05/1,61	0,0/0,23
6	Nhà thấp tầng	RM1L, RM1M	5,92	3,95	0,69	0,0

Từ bảng 3, có thể thấy xác suất để cho tất cả các loại nhà đang xét bị phá hủy hoàn toàn là rất nhỏ, chỉ chiếm không quá 0,023 %. Tỷ lệ thiệt hại do động đất của nhà dân cao nhất, đặc biệt nhà có kết cấu *URML* (nhà có tường chịu lực xây nề không gia cố), với xác suất bị thiệt hại đạt từ 13,05 % mức độ nhẹ, 7,18 % mức độ trung bình đến 1,61 % mức độ nặng.

KẾT LUẬN

Căn cứ vào các kết quả phân loại nhà cửa gần đây nhất cho khu vực các quận 1 và 3, toàn bộ nhà cửa tại Tp HCM có thể phân ra thành sáu loại nhà có kết cấu tiêu biểu nhất với các tên gọi đơn giản như nhà ít tầng, nhà nhiều tầng, nhà cao tầng, nhà thấp tầng, nhà công nghiệp và nhà dân.

Phương pháp luận đánh giá rủi ro động đất được áp dụng để đánh giá ảnh hưởng của động đất tới sáu kiểu công trình tiêu biểu nói trên tại Tp HCM. Công nghệ GIS được áp dụng để xây dựng kịch bản động đất và công cụ tính toán mức độ thiệt hại nhà cửa do động đất kịch bản gây ra ở bốn trạng thái bị thiệt hại : nhẹ, trung bình, nặng và hoàn toàn. Các

kết quả cho thấy xác suất để cho tất cả các loại nhà đang xét bị phá hủy hoàn toàn là rất nhỏ, chỉ chiếm không quá 0,023 %. Tỷ lệ thiệt hại do động đất của nhà dân là cao nhất, đặc biệt là nhà có tường chịu lực xây nề không gia cố (kết cấu *URML*), với xác suất bị thiệt hại lớn nhất đạt từ 13,05 % mức độ nhẹ, 7,18 % mức độ trung bình đến 1,61 % mức độ nặng.

Các kết quả ước lượng thiệt hại trong khuôn khổ bài báo này mang tính mô hình nghiên cứu và cần được kiểm nghiệm thêm qua thực tế. Giá trị khoa học của các kết quả này ở chỗ, lần đầu tiên đưa ra những đánh giá định lượng về khả năng và mức độ thiệt hại về nhà cửa tại nội thành Tp HCM nếu có động đất mạnh xảy ra. Các kết quả ước lượng thiệt hại sẽ là cơ sở quan trọng cho các quyết định của các cấp chính quyền trong việc quy hoạch đô thị và quản lý rủi ro do các hiểm họa thiên nhiên gây ra trong tương lai.

Để đảm bảo độ chính xác và tin cậy của các kết quả đánh giá thiệt hại nhà cửa do động đất, cần có những nghiên cứu tiếp theo ở mức độ cao hơn và với phạm vi lớn hơn tại khu vực Tp HCM trong thời gian tới.

TÀI LIỆU DẪN

[1] NGUYỄN HỒNG PHƯƠNG, 2003 : Nghiên cứu đánh giá độ rủi ro động đất cho thành phố Hà Nội. Báo cáo tổng kết đề tài nghiên cứu khoa học công nghệ cấp thành phố, Viện Kỹ thuật Xây dựng.

[2] NGUYỄN HỒNG PHƯƠNG, 2007 : Ứng dụng công nghệ GIS để xây dựng mô hình đánh giá rủi ro động đất thành phố Hà Nội. Báo cáo tổng kết đề tài nghiên cứu khoa học công nghệ cấp thành phố, Viện Vật lý Địa cầu.

[3] NGUYỄN HỒNG PHƯƠNG, 2008 : Đánh giá độ rủi ro động đất cho Tp HCM trên cơ sở sử dụng GIS và các mô hình toán. Báo cáo tổng kết đề tài nghiên cứu khoa học và công nghệ cấp Thành phố 2007-2008, Sở Khoa học và Công nghệ Tp HCM.

[4] NGUYỄN HỒNG PHƯƠNG, 2009 : Đánh giá độ nguy hiểm và độ rủi ro động đất cho Tp Nha Trang. Báo cáo chuyên đề thực hiện Dự án hợp tác Việt-Pháp "Hệ thống hỗ trợ ra quyết định không gian tổng hợp phục vụ cảnh báo đô thị" (ISSUE).

[5] Federal Emergency Management Agency (1996). NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings. FEMA 273. Washington, D.C.

[6] State of California, Seismic Safety Commission (1996). Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings. Report No. SSC 96-01, Sacramento, California.

[7] Federal Emergency Management Agency, (1997). NEHRP recommended Provisions for Seismic Regulations for New Buildings, Washington, D. C., Developed by the Building Seismic Safety Council (BSSC) for the Federal Emergency Management Agency (FEMA).

[8] Federal Emergency Management Agency (1999). HAZUS99 Technical Manual, Chapter 3. Inventory Data : Collection and Classification.

[9] Federal Emergency Management Agency (1999). HAZUS99 Technical Manual, Chapter 5. Direct Physical Damage - General Building Stock.

[10] Liên đoàn Bản đồ Địa chất miền Nam (2010). Báo cáo tổng kết đề tài "Phân vùng nhỏ động đất Tp HCM", Tp HCM, tháng 4 năm 2010.

SUMMARY

Assessment of building damage due to earthquakes in urban area of Ho Chi Minh city

This paper presents some preliminary results of building damage assessment due to earthquakes in Ho Chi Minh City. A methodology for urban seismic risk assessment was applied to six most typical building classes available in the 1 and 3 districts, downtown of the Ho Chi Minh City. GIS technology was used to develop a plausible earthquake scenario and a computational tool to evaluate the building damage level by defining four damage states : Slight, Moderate, Extensive and Complete. The results show extremely low probability of the Complete state of damage, which is not exceeding 0.023 %. The highest damage rate is for the residential areas, especially for the low-rise unreinforced masonry bearing walls building (URML type), with damage probability of 13.05 %, 7.18 % and 1.61 % for the Slight, Medium and Extensive states, respectively.

The building damage estimation quantifies the insight and imagination of the risk level an urban community has to face when large earthquakes occur in areas, within or adjacent to the city. This forecasting capability will enable authorities to anticipate the consequences of future earthquakes and to develop plans and strategies for reducing urban risk in the future.

Ngày nhận bài : 15-4-2010

*Viện Vật lý Địa cầu
(Viện Khoa học và Công nghệ Việt nam)
Công ty kiểm định xây dựng Sài Gòn
(Sở xây dựng Tp HCM)*