

SỤP ĐỔ (PHÁ HỦY) DÂY CHUYỀN - MỘT SỐ VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU TRÊN THẾ GIỚI VÀ CẦN QUAN TÂM TRONG XÂY DỰNG TẠI VIỆT NAM

TS. CAO DUY KHÔI
Viện KHCN Xây dựng

Tóm tắt: *Phá hủy dây chuyền là hiện tượng rất nguy hiểm đối với các công trình xây dựng, vì nó dẫn tới những hậu quả nặng nề về con người và vật chất. Vấn đề này đã có nhiều nghiên cứu trên thế giới, tuy nhiên ở Việt Nam chưa được đề cập đến. Bài báo nêu lên khái niệm cơ bản của vấn đề, một số ví dụ thực tế, tình hình nghiên cứu, triển khai trên thế giới nhằm đem đến cho người đọc một cái nhìn tổng quát về sụp đổ dây chuyền.*

1. Đặt vấn đề

Ngày 31 tháng 10 năm 2011 được cho là ngày công dân thứ 7 tỷ của thế giới chào đời. Việc tập trung dân cư tại các thành phố dẫn đến hệ quả là thiếu quỹ đất, và xây dựng nhà cao tầng dường như là giải pháp duy nhất cho vấn đề này. Tuy nhiên, giải pháp này lại đặt cho người thiết kế nhiều thách thức lớn, mà một trong những bài toán quan trọng nhất là đảm bảo sự an toàn cho con người, giảm thiểu nguy cơ xảy ra sự cố công trình, đặc biệt ở tầm vĩ mô.

Bài báo này đề cập đến một vấn đề không mới trên thế giới, nhưng hoàn toàn mới ở Việt Nam, đó là vấn đề sụp đổ (phá hủy) dây chuyền. Trong bài báo nêu lên khái niệm cơ bản của vấn đề, một số ví dụ thực tế, tình hình nghiên cứu, triển khai trên thế giới nhằm đem đến cho người đọc một cái nhìn tổng quát về sụp đổ dây chuyền, đồng thời cũng nêu lên một số phương hướng nghiên cứu khả thi ở Việt Nam theo quan điểm của tác giả.

2. Sụp đổ (phá hủy) dây chuyền là gì?

Sụp đổ (phá hủy) dây chuyền là hiện tượng một hoặc một vài cấu kiện chịu lực bị phá hủy, dẫn tới các cấu kiện còn lại bị quá tải và tiếp tục bị phá hủy, kết quả là toàn bộ hoặc một phần công trình (với quy mô lớn so với hư hại ban đầu) sụp đổ. Thuật ngữ tiếng Anh là *Progressive collapse*, tiếng Nga là *прогрессивное обрушение (разрушение)*.

Có thể hình dung rất dễ hiểu quá trình sụp đổ dây chuyền qua trò chơi Đô-mi-nô. Khi một quân đô-mi-nô đầu tiên đổ, nó sẽ làm đổ quân đô-mi-nô lân cận nó, quá trình cứ tiếp tục như vậy cho đến khi các quân đô-mi-nô đổ hết. Do đó, trên thế giới hay dùng khái niệm “Domino effect” để mô tả hiện tượng sụp đổ dây chuyền. Ngoài ra, người ra còn dùng thuật ngữ “Phá hủy chuỗi”.

Ví dụ thực tế điển hình của hiệu ứng đô-mi-nô là tòa nhà Ronan Point ở Luân Đôn. Đây là tòa nhà 22 tầng, kết cấu bê tông cốt thép lắp ghép dạng tấm. Vào năm 1968, tại tầng 18 của tòa nhà xảy ra một vụ nổ gas thổi bay tường chịu lực ở góc nhà, sàn tầng 18 đổ xuống sàn tầng 17 và cứ thế tiếp diễn đến tầng 1, giống hệt trò chơi đô-mi-nô.

Một ví dụ khác rất nổi tiếng là hai tòa nhà World Trade Center (Tháp đôi) tại New York, Mỹ, bị sụp đổ vào ngày 11/09/2001. Kết cấu của hai tòa tháp có dạng ống trong ống, bao gồm một lưới cột bên ngoài và một lưới cột lớn hơn bên trong. Nguyên nhân sụp đổ được đưa ra là máy bay đâm vào tòa nhà, cắt đứt một số cột biên, các cột còn lại, trong điều kiện chịu cháy do xăng máy bay phải gánh thay các cột đã bị phá hủy, mất khả năng chịu tải. Các tầng trên sụp đổ, giống như “ngồi” lên tầng dưới, và sau 10 giây tòa tháp hơn 400m chỉ còn lại đống đổ nát.

Theo GS. Almazov V.O. [5], có thể phân loại các dạng phá hủy dây chuyền như sau:

a. Dạng “phẳng”: Kết cấu “sụp” thẳng từ trên xuống. Ví dụ điển hình như sự sụp đổ của Tháp đôi tại New York, Mỹ ngày 11/09/2001.

KHẢO SÁT - THIẾT KẾ XÂY DỰNG

b. Dạng “tia chớp” (hay chữ chi): Xây ra đối với các cầu treo, cáp treo đứt nối tiếp nhau. Ví dụ điển hình là cầu Takoma ở Mỹ, sụp đổ năm 1940 do hiện tượng kích động xoáy dẫn đến các cáp treo cầu bị đứt liên tục.

c. Dạng phá hủy tiết diện: Đây là dạng phá hủy phổ biến đối với kết cấu BTCT và kết cấu thép, các khớp dèo nối tiếp nhau hình thành do tiết diện vượt qua trạng thái giới hạn, cho đến khi kết cấu siêu tĩnh biến thành hệ một hoặc nhiều bậc tự do.

d. Dạng đô-mi-nô: Tầm sàn trên đổ xuống sàn dưới, làm sàn dưới tiếp tục gãy đổ, giống như các quân đô-mi-nô đổ kế nhau. Ví dụ điển hình là tòa nhà 22 tầng Ronan Point ở London.

e. Dạng mất ổn định dây chuyền: Thường xảy ra trong kết cấu thép như giàn mái, vỏ bể chứa,... Ví dụ điển hình là sụp đổ mái thép công viên nước Transvaal ở Matxcova, Nga.

f. Dạng hỗn hợp: Là sự kết hợp của hai hay nhiều hơn các dạng trên.

Có thể nói, phá hủy dây chuyền là sự cố có xác suất xảy ra không lớn, nhưng hậu quả rất nặng nề về người và của. Dưới đây là một số ví dụ tiêu biểu các sự cố đã xảy ra trên thế giới.

3. Một số ví dụ thực tế về phá hủy dây chuyền

(Nguồn: Internet)

| Công trình | Địa điểm | Kết cấu | Chiều cao (Số tầng) | Năm xảy ra sự cố | Phòng đoán nguyên nhân sự cố | Hậu quả |
|--------------------------------|-------------------------|---------------|---------------------|------------------|---|--|
| St Mark's Campanile | Venice, Italy | Gạch đá | 98.6m | 14/07/1902 | Tường chịu lực phía Bắc tách khỏi kết cấu | Toàn bộ tháp bị sụp, không có thiệt hại về người |
| University of Aberdeen Zoology | Aberdeen, Scotland | Khung thép | 7 tầng | 1/11/1966 | Sập đổ khi thi công do mối hàn dầm kém | Toàn bộ công trình bị sụp, 5 người chết, 3 bị thương |
| Ronan Point | West Ham, London | BTCT lắp ghép | 22 tầng | 16/05/1968 | Nổ gas tầng 18, thổi bay tường chịu lực ở góc nhà | Sập đổ một phần góc nhà, 4 người chết, 17 bị thương |
| Skyline tower Building | Virginia, USA | BTCT | 26 tầng | 2/3/1973 | Cột chống gỗ dùng để thi công sàn trên bị tháo quá sớm | Sập phần kết cấu trung tâm, 14 người chết, 34 bị thương |
| Wedbush Building | LA, USA | KC thép | 22 tầng | 19/12/1985 | Các dầm thép bị rơi xuống bãi tập kết vật liệu trên sàn tầng 5 | Sập từ sàn tầng 5 đến sàn tầng hầm đỗ xe, 3 người chết |
| Hotel New World | Little India, Singapore | BTCT | 6 tầng | 15/03/1986 | Kỹ sư kết cấu không tính đến tải trọng bản thân của công trình | Sập toàn bộ kết cấu, 33 người chết, 17 bị thương |
| Pavia Civic Tower | Pavia, Italy | Gạch đá | 76.5m | 17/03/1987 | Sự phân bố lại tải trọng của công trình 800 năm tuổi | Sập toàn bộ kết cấu, 4 người chết, 15 bị thương |
| L'Ambiance Plaza | Connecticut, USA | BTCT | 16 tầng | 23/04/1987 | Sập đổ khi thi công do cột chống | Sập một phần kết cấu, 28 người chết |
| Kader Toy Factory | Nakhon Pathom, Thailand | KC thép | 4 tầng | 10/5/1993 | Cháy | Sập toàn bộ nhà máy, 188 người chết, hơn 500 người bị thương |
| Murrah Federal Building | Oklahoma, USA | BTCT | 9 tầng | 19/04/1995 | Nổ bom, sụp sàn tầng 4 và 5 xuống tầng 3, làm gãy các cột chịu lực ở dưới | Sập một phần kết cấu, 168 người chết, 680 người bị thương |
| Sampoong Department Store | Seoul, Korea | BTCT | 5 tầng | 29/06/1995 | Lỗi tiêu chuẩn thiết kế | Sập toàn bộ kết cấu, 501 người chết, 937 bị thương |
| World Trade Center | New York, USA | KC thép | 110 tầng | 11/9/2001 | Máy bay đâm, cắt đứt một số cột biên + cháy lan | Sập toàn bộ 2 tòa tháp đôi, dẫn tới sụp tiếp tháp 7 gần đó. Gần 3000 người chết. Ô nhiễm môi trường nặng |

KHẢO SÁT - THIẾT KẾ XÂY DỰNG

| | | | | | | |
|------------------------------|---------------|-----------------------|---------|------------|---|--|
| | | | | | | nền |
| Windsor Tower | Madrid, Spain | KC thép - BT liên hợp | 28 tầng | 12/2/2005 | Cháy tại tầng 21, sập 11 tầng kết cấu thép bên ngoài lên sàn chuyển 2.1 m tại tầng 16 | Sập phần kết cấu thép, còn lại lõi BTCT. Không có người chết. 7 lính cứu hỏa bị thương |
| Mái công viên nước Transvaal | Matxcova, Nga | KC thép | - | 14/02/2004 | Thiết kế lỗi | Sập toàn bộ kết cấu mái thép, 28 người chết, 193 bị thương |

4. Những nguyên nhân có thể dẫn đến phá hủy dây chuyền

Những nguyên nhân có thể dẫn đến phá hủy dây chuyền bao gồm:

a. Tác động nổ, gồm có:

- Nổ bom;
- Nổ khí gas;
- Các loại vụ nổ hệ thống hạ tầng khác.

b. Tác động va chạm, gồm có:

- Xe ô tô đâm;
- Va chạm của thiết bị;
- Máy bay đâm.

c. Lỗi công trình, gồm có:

- Thiết kế lỗi;
- Lỗi kết cấu (do thi công không đảm bảo chất lượng);
- Sử dụng công trình sai quy cách;

d. Những nguyên nhân do tự nhiên, gồm có:

- Động đất;
- Lũ lụt;
- Sự cố tự nhiên của nền móng;
- Các nguyên nhân khác.

5. Phương pháp thiết kế chống phá hủy dây chuyền. Một số tài liệu hướng dẫn thiết kế của thế giới

Các nước phát triển trên thế giới như Mỹ, EU, Nga, Anh, Canada,... dành nhiều sự quan tâm cho vấn đề phá hủy dây chuyền. Các Tiêu chuẩn, tài liệu hướng dẫn thiết kế từng bước đề cập đến vấn đề này ở các mức độ khác nhau. Có thể nói Tiêu chuẩn đầu tiên trên thế giới có những yêu cầu về cấu tạo và tính toán phá hủy dây chuyền là Tiêu chuẩn Anh “Standards to avoid progressive collapse – large panel construction”, ban hành ngày 15/11/1968. Trong Tiêu chuẩn này đưa ra hai phương pháp:

a. Chuẩn bị những đường truyền lực thay thế (alternate load paths) của các cấu kiện chịu lực để gánh những tải trọng phát sinh trong trường hợp bỏ đi một khúc nguy hiểm nhất của tường chịu lực. Phương pháp này gọi là alternate load paths method.

b. Tăng cường độ cứng và tính liên tục của công trình để đảm bảo sự ổn định của công trình khi có những hư hại cục bộ đối với kết cấu chịu lực. Phương pháp này hiện nay gọi là Indirect method.

Hai phương pháp này đến bây giờ vẫn là những ý tưởng nền tảng cho các Tiêu chuẩn khác.

Khi cân nhắc đến yếu tố an toàn kết hợp với kinh tế, người ta xem xét các phá hủy ở trạng thái sau giới hạn. Khi tiết diện của kết cấu vượt qua trạng thái giới hạn tính toán, về nguyên tắc coi như nó đã phá hủy, nhưng trên thực tế kết cấu vẫn đứng vững hoặc duy trì được một thời gian để con người thoát hiểm.

Một số tiêu chuẩn quen thuộc với người thiết kế như ASCE 7, ACI 318, Eurocode, ... có định nghĩa về phá hủy dây chuyền và đề cập đến vấn đề công trình cần được thiết kế để chịu được hư hại cục bộ mà không dẫn tới hư hại công trình trên quy mô lớn (ASCE 7) hoặc chung chung hơn như yêu cầu đảm bảo tính nguyên vẹn, liên tục của kết cấu (Requirements for structural integrity, continuity).

Một số hướng dẫn thiết kế đề cập sâu đến phá hủy dây chuyền rất có giá trị tham khảo là các tài liệu [3,4, 6-8]. Ngoài ra, Viện nghiên cứu Tiêu chuẩn và Công nghệ của Mỹ (National Institute of Standards and Technology - NIST), cơ quan được chính phủ Mỹ giao nhiệm vụ nghiên cứu sự cố sụp đổ Tháp đôi ngày 11/09/2001 đã xuất bản một ấn phẩm nêu rõ những kinh nghiệm thực tế tốt nhất để giảm thiểu nguy cơ phá hủy dây chuyền trong các tòa nhà [1]. Ngoài ra, một vấn đề khác cần quan tâm là làm thế nào để nâng sức kháng phá hủy dây chuyền đối với những nhà đã xây và sử dụng. Vấn đề này được đề cập đến trong [1], tuy chưa nhiều.

Để nhận thấy Nga và Mỹ quan tâm sát sao tới vấn đề này nhất, có thể bởi vì nguy cơ xảy ra sự cố do khủng bố ở các nước này khá cao.

Nhìn chung, vấn đề phá hủy dây chuyền là vấn đề không mới trên thế giới. Do nhiều nguyên nhân, khoảng 10 năm trở lại đây vấn đề này rất được quan tâm. Nhiều nghiên cứu, hướng dẫn thiết kế chống phá hủy dây chuyền ở các cấp độ khác nhau đã ra đời, tuy nhiên việc triển khai chưa được toàn diện và phổ biến. Có thể việc này sẽ được thúc đẩy mạnh mẽ hơn trong thập kỷ tới.

Những tài liệu trên là nguồn tham khảo rất có giá trị đối với việc nghiên cứu và triển khai thiết kế phòng tránh phá hủy dây chuyền ở Việt Nam.

6. Kết luận và kiến nghị

Thực tế cho thấy, các hư hại cục bộ của công trình do các nguyên nhân khác nhau là thường xuyên xảy ra. Không có gì đảm bảo rằng những hư hại ban đầu này không dẫn đến những hư hại ở quy mô lớn hơn. Và nếu xảy ra sự cố ở tầm vóc công trình thì hậu quả về con người và vật chất, xã hội là không lường trước được.

Do hậu quả để lại quá nặng nề, trong mười năm qua, vấn đề phá hủy dây chuyền là một trong những vấn đề nóng bỏng, được quan tâm nhất trong lĩnh vực xây dựng trên thế giới. Đây là vấn đề có ý nghĩa thực tế lớn. Tuy nhiên, ở Việt Nam chưa có một nghiên cứu nào về vấn đề này. Hàng loạt các công trình có quy mô lớn đã và đang được xây dựng ở Việt Nam, nhưng vấn đề bảo vệ công trình đối với các tác động ngoài thiết kế được đặt ra một cách chưa đúng mức. Có thể là vì trên thế giới việc triển khai, áp dụng các biện pháp bảo vệ chưa toàn diện và phổ biến.

Nhìn từ góc độ khác, Việt Nam đang và sẽ đối mặt với vấn đề xử lý (cải tạo hoặc tháo dỡ, phá bỏ) các công trình cũ, đặc biệt là các công trình cao tầng. Những nghiên cứu về phá hủy dây chuyền có thể giúp đỡ cho việc đưa ra quy trình xử lý an toàn, thực tế và hiệu quả.

Dựa trên kinh nghiệm nghiên cứu trên thế giới và những điều kiện cụ thể của Việt Nam, những hướng nghiên cứu, triển khai sau có thể là khả thi:

- Nghiên cứu, học tập kinh nghiệm thế giới, đặc biệt là các Tiêu chuẩn, hướng dẫn thiết kế phòng chống phá hủy dây chuyền. Liên hệ với điều kiện thực tế của Việt Nam, từng bước kết nối với hệ thống tiêu chuẩn;

KHẢO SÁT - THIẾT KẾ XÂY DỰNG

- Triển khai các thí nghiệm, nghiên cứu về nổ, va chạm, phá hủy cấu kiện chịu lực để có các đánh giá thực tế về tác động của chúng đối với kết cấu;

- Nghiên cứu sự làm việc của kết cấu ở trạng thái sau giới hạn. Kết hợp nghiên cứu hiệu quả của các biện pháp cấu tạo, từ đó đề ra những khuyến nghị thích đáng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Best Practices for Reducing the Potential for Progressive Collapse in Buildings. *National Institute of Standards and Technology (NIST), 2007.*
2. CAO DUY KHÔI. Động lực học quá trình phá hủy dây chuyền kết cấu khung nhiều tầng bê tông cốt thép liền khối. *Luận án Tiến sĩ kỹ thuật, MGSU, Matxcova, 2010.*
3. Progressive Collapse Analysis and Design Guidelines for New Federal Office Buildings and Major Expansion Projects. *General Service Administration (GSA), Washington, D.C., 2003.*
4. UFC 4-023-03. Design of buildings to resist progressive collapse. *Department of Defense (DoD), 2003.*
5. АЛМАЗОВ В.О. Сопротивление прогрессирующему разрушению: расчетные и конструктивные мероприятия. *Доклад ЦНИИСК, 2009г.*
6. Рекомендации по защите высотных зданий от прогрессирующего обрушения, М., *Правительство Москвы, 2002.*
7. Рекомендации по защите монолитных жилых зданий от прогрессирующего обрушения, М., *Правительство Москвы, 2005.*
8. СТО-008-02495342-2009 Предотвращение прогрессирующего обрушения железобетонных монолитных конструкций зданий. *Проектирование и расчет.*