

ĐỘNG LỰC HỌC PHÁ HỦY DÂY CHUYỀN CỦA KHUNG NHIỀU TẦNG BÊ TÔNG CỐT THÉP LIÊN KHỐI

TS. CAO DUY KHÔI
Viện KHCN Xây dựng

Tóm tắt: Dưới những tác động đặc biệt như sụp đổ (phá hủy) dây chuyền, các hiệu ứng động đóng vai trò quan trọng, nhưng chưa được nghiên cứu chi tiết đối với khung nhiều tầng. Đối tượng nghiên cứu của bài báo này là hệ khung nhiều tầng bê tông cốt thép (BTCT) liên khối có một cột tầng 1 bị phá hủy đột ngột. Để đánh giá hiệu ứng động, giá trị hệ số động K_{dv} được tính toán bằng phương pháp tĩnh tuyến tính và động tuyến tính cho khung với số tầng thay đổi.

1. Giới thiệu

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.

Theo các tài liệu hướng dẫn thiết kế chống sụp đổ dây chuyền của Mỹ và Nga [6,7,12,14], một trong những dạng hư hỏng phổ biến trong tính toán chống phá hủy dây chuyền là cột chịu lực của một tầng bị phá hủy đột ngột, làm phát sinh tải trọng động trong khung chịu lực của nhà. Các chuyển vị và biến dạng của kết cấu có thể rất lớn. Như vậy, giả thiết “biến dạng nhỏ” thông thường của cơ học kết cấu có thể không thích hợp để áp dụng.

Về nguyên tắc, cần giải quyết bài toán động có kể đến phi tuyến hình học và cả phi tuyến vật liệu. Đối với khung một tầng, Mutoka K.N. [3], Rastorguev B.S., Plotnikov A.I. [4] đã giải quyết được bài toán này và đưa ra lời giải đơn giản áp dụng trong thực tế. Tuy nhiên, khung nhiều tầng có thể ứng xử khác khung một tầng.

Để nghiên cứu ứng xử của khung nhiều tầng chịu phá hủy dây chuyền, có thể bắt đầu từ giả thiết bài toán là tuyến tính. Đây là mục tiêu của bài báo này.

2. Các giả thiết về dữ liệu đầu vào

a. Tải trọng

Khả năng chống phá hủy dây chuyền của khung có thể được đánh giá bằng tính toán đối với tổ hợp tải trọng đặc biệt, bao gồm tải trọng thường xuyên và tải trọng tạm thời dài hạn với hệ số độ tin cậy của tải trọng bằng 1 [6,7,10]:

$$q_0 = \gamma_f (q_{TT} + \psi_1 q_{HTDH}) \quad (1)$$

Trong đó: q_{TT}, q_{HTDH} - lần lượt là giá trị tiêu chuẩn của tải trọng thường xuyên và tải trọng tạm thời dài hạn;

γ_f - hệ số độ tin cậy của tải trọng, $\gamma_f = 1$;

ψ_1 - hệ số cho tải trọng dài hạn trong tổ hợp đặc biệt, $\psi_1 = 0,95$.

Giá trị các tải trọng thường xuyên và tạm thời dài hạn có thể lấy theo Tiêu chuẩn SNiP 2.01.07-85* “Tải trọng và tác động” [8], có kể đến những hiệu chỉnh đối với nhà cao tầng được liệt kê trong [1].

Tải trọng trên được coi là chất một cách đột ngột với toàn bộ giá trị lên các dầm khung [2,3,12,14]. Như vậy, nó là tải trọng tác dụng động (một dạng của tải trọng động).

Để đánh giá ảnh hưởng của tải trọng động, có thể dùng hệ số động cho tải trọng $K_{dv} = q_t / q_d$, trong đó q_t và q_d lần lượt là giá trị tải trọng tĩnh và tải trọng động gây ra cùng một chuyển vị (trong trường hợp này chuyển vị được tính toán tại điểm A trên hình 1) cho kết cấu.

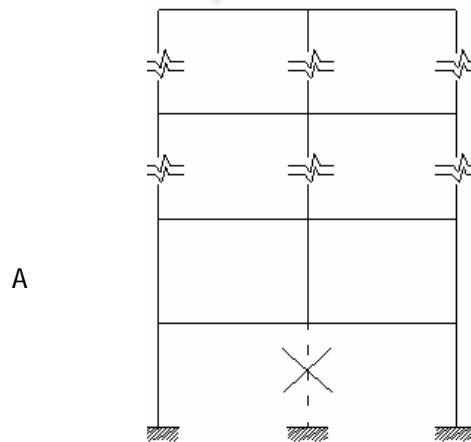
b. Vật liệu

Do việc chất tải một cách đột ngột, tốc độ biến dạng rất cao, bê tông và cốt thép có thể có khả năng chịu lực (cường độ) trong tình huống này lớn hơn so với tình huống thông thường. Điều này được kể đến bằng hệ số củng cố động cho bê tông γ_{bd} và cho cốt thép γ_{sd} , được nhân với cường độ đặc trưng của bê tông và cốt thép. Theo Popov N.N., Rastorguev B.S. và Zabegaev A.V. [5] và nhiều nghiên cứu khác trên thế giới thì hệ số này phụ thuộc vào tốc độ biến dạng của mẫu thí nghiệm. Trong các hướng dẫn thiết kế chống phá hủy dây chuyền của Mỹ [12,14] thì hệ số này được lấy bằng 1,25. Còn theo tài liệu của Nga [6,7,10] hệ số này không được thể hiện rõ. Thiết kế chống phá hủy dây chuyền theo các quan điểm khác nhau sẽ được phân tích cụ thể hơn và trình bày trong một bài báo khác.

Trong bài báo này sử dụng hệ số củng cố động bằng 1,25. Ngoài ra, để tìm hiểu ứng xử của khung nhiều tầng bỏ 01 cột chịu lực và chịu tải trọng động, có thể bắt đầu từ giả thiết vật liệu làm việc hoàn toàn đàn hồi. Điều này cho phép đơn giản hóa tính toán, nhưng vẫn có thể nhận thức được những điểm đặc biệt trong ứng xử của khung nhiều tầng để tập trung triển khai các nghiên cứu sâu hơn có kể đến những đặc điểm trong ứng xử của vật liệu như hiệu ứng nứt do quá tải đột ngột và suy giảm độ cứng cấu kiện trong giai đoạn làm việc phi tuyến của vật liệu.

c. Mô hình tính toán

Mô hình tính toán được sử dụng để nghiên cứu quá trình phá hủy dây chuyền của hệ khung là khung phẳng 2 nhịp BTCT. Vị trí bỏ cột là cột tầng 1 ở giữa (hình 1). Kích thước tiết diện các cấu kiện dầm và cột, bố trí cốt thép, vật liệu sử dụng của khung có thể tham khảo trong [2].



Hình 1. Mô hình tính toán

3. Phương pháp tính toán và phân tích kết quả

a. Phương pháp tính toán

Các phương pháp phân tích có thể sử dụng để tính toán phá hủy dây chuyền là: tĩnh tuyến tính, tĩnh phi tuyến (bao gồm phi tuyến hình học và phi tuyến vật liệu), động tuyến tính và động phi tuyến. Trong đó, phương pháp động phi tuyến có thể cho kết quả tiệm cận nhất nhưng rất phức tạp và khó áp dụng trên thực tế. Trong bài báo này sử dụng phương pháp tĩnh tuyến tính và động tuyến tính để đánh giá ảnh hưởng của tải trọng động tác dụng lên khung trong trường hợp bỏ 01 cột chịu lực.

Sử dụng phương pháp tính toán động cho hệ thanh với khối lượng phân bố đều trong [5], với các giả thiết về dữ liệu đầu vào nêu trong mục 2, tác giả đã tính toán được chuyển vị, biến dạng, cũng như nội lực phát sinh trong khung trên hình 1 cho các trường hợp số tầng khác nhau. Kết quả thu được hoàn toàn tương đồng với các tính toán bằng chương trình như LIRA 9.6, SAP 2000 ver.12 [2]. Vì khuôn khổ bài báo có hạn, tác giả không đi sâu trình bày các phương trình động lực học phức tạp, mà chỉ tập trung phân tích các kết quả thu được.

b. Phân tích kết quả

Phân tích các kết quả thu được theo tính toán tĩnh tuyến tính và động tuyến tính, có thể nhận thấy những điểm đáng chú ý sau:

** Hệ số động trong giai đoạn làm việc đàn hồi của vật liệu $K_{dv}=2$, không phụ thuộc vào số tầng*

Điều này có nghĩa là với cùng một giá trị tải trọng theo công thức (1), tải trọng động, khi chất đột ngột toàn bộ giá trị gây ra chuyển vị gấp 2 lần so với chuyển vị gây ra bởi tải trọng tĩnh. Do vật liệu làm việc đàn hồi, tỉ số 2 cũng đúng với các giá trị nội lực động và tĩnh tương ứng.

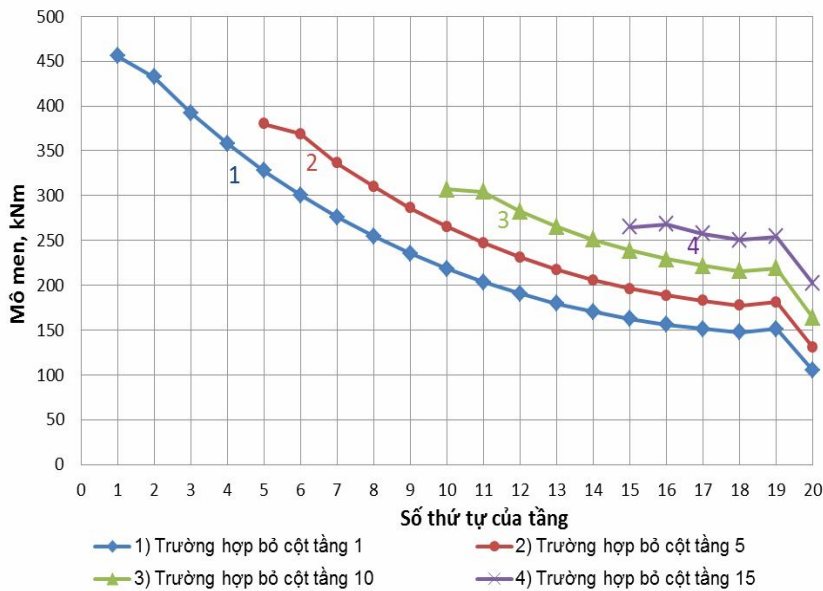
Như vậy, trong giai đoạn làm việc đàn hồi của vật liệu, thay vì giải bài toán động phức tạp ta có thể giải bài toán tĩnh tuyến tính đơn giản, và sau đó nhân chuyển vị hoặc các giá trị nội lực thu được lên 2 lần sẽ thu được kết quả cho trường hợp động tuyến tính.

Kết quả trên phù hợp với các hướng dẫn của Mỹ [12,14]. Ví dụ, trong [12] nếu áp dụng phương pháp tĩnh tuyến tính thì tải trọng là $2(DL+0,25LL)$, trong đó DL – tĩnh tải, LL – hoạt tải. Còn trong trường hợp tính toán động tuyến tính thì tải trọng áp dụng là $DL+0,25LL$, chất đột ngột. Trong [14] tổ hợp tải trọng hơi khác: $2(1,2DL+0,5LL)+0,2W$ (W – tải trọng gió) cho trường hợp tĩnh tuyến tính, và $1,2DL+0,5LL+0,2W$ trong trường hợp động tuyến tính. Các hướng dẫn của Nga [6,7,10] không có yêu cầu cụ thể đối với việc tính toán động.

Để thấy, khi đặt giả thiết tuyến tính hình học và vật liệu, ta có lời giải cho bài toán động lực học phá hủy dây chuyền khá đơn giản: giải bài toán tĩnh và nhân kết quả với 2. Tuy nhiên, sẽ rất hao phí nếu thiết kế cấu kiện theo phương pháp tuyến tính. Để bài toán gần với thực tế hơn, cần xem xét sự làm việc của dầm ở trạng thái sau giới hạn (hình thành khớp dẻo, phân phối lại nội lực, cốt thép của hệ dầm siêu tĩnh hóa thành hệ dầm treo sau khi bê tông vùng nén bị vỡ).

Sự phát triển biến dạng dẻo trong kết cấu BTCT liên khối cho phép giảm đáng kể ảnh hưởng của tải trọng động (nghĩa là hệ số $K_{dv}<2$), đồng thời tận dụng khả năng phân phối lại nội lực của kết cấu. Những vấn đề trên hy vọng sẽ có dịp trình bày trong một bài báo hay công bố khác.

** Dầm của mỗi tầng làm việc khác nhau: chuyển vị (đo tại điểm giao giữa cột giữa và dầm), nội lực giảm dần từ dưới lên trên.*



Hình 2. Giá trị mô men uốn ở đầu dầm trên cột bị bỏ, phụ thuộc vào vị trí dầm

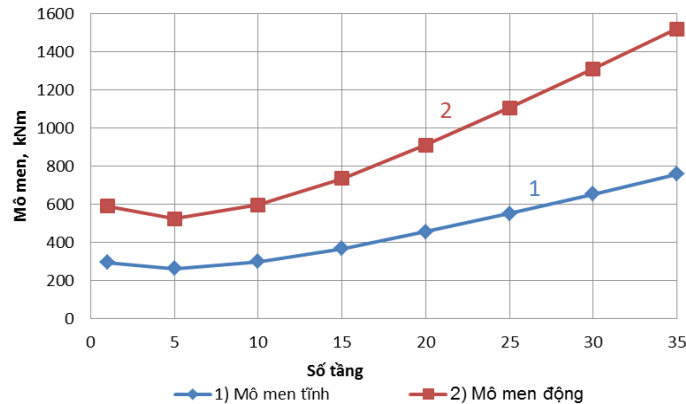
Để dễ hình dung, trên hình 2 đưa một ví dụ tính toán tĩnh tuyến tính cho khung phẳng 2 nhịp, 20 tầng với cột giữa bị bỏ lần lượt ở tầng 1, tầng 5, tầng 10 và tầng 15. Ta thấy trong trường hợp cột giữa tầng 1 bị bỏ, giá

trị mô men tại đầu dầm trên cột bị bỏ giảm dần: mô men ở dầm tầng 1 là 460 kNm, nhưng đến tầng 19 chỉ còn có 150 kNm. Khi bỏ cột ở các tầng khác, ta thu được bức tranh tương tự.

Điều này cho thấy: trong trường hợp phá hủy có tính chất dây chuyền, các dầm sẽ đạt đến trạng thái giới hạn không đồng thời.

* Đối với khung thấp tầng (1-10 tầng), giá trị mô men uốn trong dầm tầng 1 thay đổi không đáng kể khi bỏ cột tầng 1. Theo số tầng tăng dần, giá trị mô men uốn trong dầm tầng 1 cũng tăng nhanh, có thể gấp 3 lần so với giá trị mô men uốn trong dầm khung 1 tầng (hình 3).

Có thể thấy, khung dưới 10 tầng có ứng xử khá giống với khung 1 tầng. Điều này có thể cho phép xem xét bài toán phá hủy dây chuyền của khung thấp tầng như của khung 1 tầng, tương tự như giả thiết được áp dụng trong một số nghiên cứu [3,4].



Hình 3. Sự thay đổi giá trị mô men uốn (tại đầu dầm trên cột bị bỏ) theo số tầng tăng dần

Tuy nhiên, khung nhiều tầng lại ứng xử không giống với khung 1 tầng. Không chỉ thay đổi về giá trị mô men trong dầm tầng 1, bản thân các dầm của một khung cũng làm việc không giống nhau như đã nhận xét ở trên.

4. Kết luận

Các kết quả được trình bày cho thấy, nếu giả thiết bài toán là tuyến tính, động lực học quá trình phá hủy dây chuyền trong khung nhiều tầng có phân biệt khá rõ rệt với khung một tầng.

Bài toán động tuyến tính có thể được giải quyết đơn giản hơn bằng cách áp dụng hệ số động $K_{dv}=2$.

Cần xem xét khả năng làm việc của cấu kiện dầm sau trạng thái giới hạn để giảm thiểu ảnh hưởng của tải trọng động và tận dụng khả năng phân phối lại nội lực của kết cấu BTCT liền khối.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. АЛМАЗОВ В.О. Сопротивление прогрессирующему разрушению: расчетные и конструктивные мероприятия / Вестник ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко «Исследования по теории сооружений», № 1 (XXVI) 2009, стр. 179-193, ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко.
2. КАО ЗУЙ КХОЙ. «Динамика прогрессирующего разрушения монолитных многоэтажных каркасов». Дисс. на соискание ученой степени кандидата технических наук. Москва, МГСУ, 2010, 193 с.
3. МУТОКА К.Н. «Живучесть многоэтажных каркасных железобетонных гражданских зданий при особых воздействиях». Дисс. на соискание степени к.т.н. Москва, МГСУ, 2006, 185 с.
4. ПЛОТНИКОВ А.И., РАСТОРГУЕВ Б.С. Расчет несущих конструкций монолитных железобетонных зданий на прогрессирующее разрушение с учетом динамических эффектов.// Сборник научных трудов Института строительства и архитектуры МГСУ, М., МГСУ, 2008. стр. 127-135.
5. ПОПОВ Н.Н., РАСТОРГУЕВ Б.С., ЗАБЕГАЕВ А.В. Динамический расчет конструкций на кратковременные и специальные нагрузки. М., Высшая школа, 1992, 319 с.

6. Рекомендации по защите монолитных жилых зданий от прогрессирующего обрушения. МНИИТЭП, М, 2005, 44 с.
7. Рекомендации по защите высотных зданий от прогрессирующего обрушения. ГУП МНИИТЭП, М, 2006, 10с.
8. СНиП 2.01.07-85*. Нагрузки и воздействия. – М.: Госстрой России, ГУП ЦПП, 2003. – 42 с.
9. СНиП 52-01-2003. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. – М.: ФГУП ЦПП, 2004. – 24 с.
10. СТО-008-02495342-2009. ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ПРОГРЕССИРУЮЩЕГО ОБРУШЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ МОНОЛИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ. Проектирование и расчет.
11. ТИХОНОВ И.Н. Армирование элементов монолитных железобетонных зданий. ФГУП «Строительство», М. 2007. 168 с.
12. Progressive Collapse Analysis and Design Guidelines for New Federal Office Buildings and Major Expansion Projects, prepared by Applied Research Associates for GSA, Washington, D.C., 2003, 119p.
13. MENG-HAO TSAI, BING-HUI LIN. Investigation of progressive collapse resistance and inelastic response for an earthquake-resistant RC building subjected to column failure. *Engineering structures*, №30 (2008), pp.3619-3628.
14. UFC 4-023-03. Design of buildings to resist progressive collapse. *Department of Defense (DoD)*, 2003, 176p.