

BẢO ĐẢM TUỔI THỌ CỦA CÔNG TRÌNH NGAY TỪ KHÂU THIẾT KẾ

PGS Lê Kiều

Bộ môn Công nghệ và Tổ chức Xây dựng
Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội

Thiết kế một công trình hoàn chỉnh hoặc có khi chỉ thiết kế các bộ phận của nhà được xem là một kết cấu như kết cấu khung, dầm, sàn, hoặc nền móng công trình nên được kiểm tra xem liệu đưa ra thi công thì những kết cấu ấy có đủ bảo đảm độ bền vững hết thời gian tuổi thọ của công trình hay không.

Khi đã đưa bản thiết kế ra thi công thì cần phải có biện pháp kiểm tra các giai đoạn thi công như cung ứng vật tư và cấu kiện, quá trình xây lắp để đảm bảo cho công trình tồn tại như thiết kế. Quá trình sử dụng công trình cần tiến hành các bước của bảo trì và sửa chữa để công trình an toàn sử dụng. Điều này có thể kiểm soát trước được.

Bài báo này giới thiệu những nguyên tắc chung để đánh giá độ tin cậy của từng giai đoạn trong cuộc đời của một công trình từ lúc thiết kế, xây dựng và bảo trì cho đến lúc hết niên hạn sử dụng công trình ấy.

Một kết cấu được thiết kế phải đáp ứng với các yêu cầu sau đây:

- Làm việc bình thường dưới các tác động dự kiến
- Chịu được những tải trọng đặc biệt hoặc/và các tải trọng lặp xảy ra trong quá trình xây dựng và đáp ứng được công năng
- Không bị hư hỏng do những biến cố thiên tai như lở đất, lũ, lụt hoặc những tai biến do con người gây ra trong phạm vi mà thiết kế đã trù liệu.

Muốn vậy, cần thực hiện các biện pháp:

- Lựa chọn hệ kết cấu, phân tích và tính toán chính xác
- Thi hành chính sách chất lượng sản phẩm xây dựng chặt chẽ
- Thiết kế theo độ bền tương thích và thực hiện chế độ bảo trì công trình nghiêm túc
- Thực hiện các biện pháp bảo vệ công trình thích hợp.

Quá trình thiết kế kết cấu dễ xảy ra hư hỏng thường do:

- Tổ hợp các tác động không chuẩn xác
- Dữ liệu về địa kỹ thuật không chính xác
- Tính chất vật liệu sử dụng không đáp ứng với yêu cầu của thiết kế.
- Có nhiều tác động của môi trường hoặc do con người gây ra coi là ngoại lệ, là bất khả kháng.

Khi thiết kế, người thiết kế thường xây dựng một hay nhiều mô hình để tính toán. Những công trình bị hư hỏng do thiết kế gây nên thường do :

- + Những thay đổi ngẫu nhiên theo thời gian của địa phương mà người thiết kế thiếu thông tin.
- + Không đủ dữ liệu hoặc/và khái niệm chưa đầy đủ về những thông tin đang có.

Khi thiết kế cần :

- Xây dựng được đầy đủ các mô hình tác động
Các tác động chủ yếu là tập hợp các lực cơ học tập trung hay phân bố tác động lên kết cấu, phải lưu ý đến các nguyên nhân gây ra các biến dạng của kết cấu hoặc gây ra lực cưỡng bức trong kết cấu.
- Chú ý và hiệu chỉnh đối với tác động thay đổi cường độ theo thời gian, các tác động thay đổi theo không gian, các tác động dựa theo phản ứng của kết cấu, tác động có hoặc không có giới hạn
- Các ảnh hưởng của môi trường
- Các ảnh hưởng của tính chất của vật liệu sử dụng
- Các ảnh hưởng của kích thước hình học của cấu kiện, của kết cấu cũng như sự bố trí kết cấu ấy như thế nào. Độ lệch tâm, độ nghiêng hay độ cong vênh làm ảnh hưởng tới cột, tường là đại lượng hình học phổ biến nhất được coi là biến số cơ bản khi xem xét kết cấu.

Khi thiết kế, cần mô hình hoá trạng thái chịu lực của công trình.

Mô hình hoá tính toán là sự mô tả kết cấu và sự làm việc của nó trong trạng thái giới hạn xem xét có kể đến các tác động liên quan và các ảnh hưởng của môi trường. Thực chất mô hình hoá là sự đơn giản hoá, có xét đến những yếu tố quyết định và bỏ qua những yếu tố không quan trọng. Có những loại mô hình được hình thành :

- Mô hình tác động
- Mô hình kết cấu cho ta kết quả hiệu ứng (nội lực và mô men, ...)
- Mô hình sức bền cho biết khả năng chịu lực tương ứng với hiệu ứng của tác động.

Từ các loại mô hình có thể có các loại phản ứng:

- Phản ứng động và tĩnh
- Phản ứng đàn hồi và không đàn hồi (dẻo)
- Phản ứng tuyến tính hình học và phi tuyến hình học
- Sự làm việc có phụ thuộc và không phụ thuộc thời gian.

Đi sâu hơn, có thể nêu ra các loại mô hình:

Mô hình tác động :

Mô hình mô tả nhiều đặc trưng của tác động như cường độ, vị trí, thời gian, phương chiều... Đôi khi cần xem xét sự tương tác giữa các đặc trưng với nhau hoặc sự tương tác xảy ra giữa các tác động và phản ứng của kết cấu thí dụ như các dao động do gió, sự tương tác kết cấu và đất nền chẳng hạn.

Nếu gọi F là cường độ của một tác động thì F có thể được mô phỏng theo :

$$F = \Phi(F_0, \omega)$$

Mà :

$\Phi ()$ là một hàm thích hợp

F_0 là một biến tác động cơ bản, thường thay đổi theo không gian và thời gian, ngẫu nhiên và không ngẫu nhiên và nói chung là độc lập với kết cấu.

ω là một biến ngẫu nhiên hoặc không ngẫu nhiên có thể phụ thuộc vào tính chất kết cấu và chuyển F_0 thành tác động F .

Thí dụ, ta có thể xác định F_0 như sau:

- Nếu là tải trọng bản thân thì xác định qua kích thước hình học và khối lượng riêng
- Nếu là tải trọng tuyết có thể xác định qua tải trọng tuyết ở mặt đất
- Tải trọng gió thì lấy vận tốc gió ở độ cao 10 mét so với mặt đất chung quanh.

ω có thể xác định như sau:

- Nếu là tải trọng tuyết thì có thể chuyển đổi từ tải trọng tuyết trên mặt đất sang tải trọng tuyết tác động lên mái bằng cách nhân với hệ số chuyển đổi.
- Nếu là tải trọng gió thì thông qua quan hệ vận tốc và áp suất chẳng hạn.

Trong trường hợp phân tích tĩnh không cần kể đến sự phụ thuộc vào thời gian hay ảnh hưởng của các yếu tố tích lũy mà thường tính với các giá trị tối đa và tối thiểu xảy ra trong một thời đoạn quan trọng. Nếu thấy cần thiết xét đến tác động của thời gian thì mô hình hoá phải lập chi tiết hơn.

Trong trường hợp công trình hoặc kết cấu làm việc ở trạng thái động yêu cầu mô tả quá trình một cách chi tiết hơn. Cần mô tả sự tác động theo thời gian một cách đầy đủ sẽ dẫn đến kết quả tính toán chính xác hơn. Khi lịch sử tải trọng không rõ ràng thì tác động có thể được mô tả như một hàm của thời gian có tiền định, có một số thông số ngẫu nhiên hoặc như một quá trình ngẫu nhiên. Các quá trình ngẫu nhiên này có các điểm dừng.

Không ít trường hợp tác động phụ thuộc các đặc trưng của vật liệu và độ cứng của kết cấu như là những trường hợp xuất hiện sự va chạm.

Tham số tác động chọn không tốt sẽ ảnh hưởng đến kết quả tính toán.

Một tác động gây ra mỗi trong kết cấu phải mô tả ảnh hưởng của tác động (gây ra ứng suất cục bộ) liên quan đến:

- Quá trình biến thiên ứng suất, thông thường qua thống kê hoặc
- Tập hợp chu kỳ ứng suất và số chu kỳ tương ứng.

Sự biến động cường độ của các tác động cần xem xét giống như các tác động thay đổi khác.

Mô hình mô tả các đặc trưng kích thước hình học:

Kết cấu có thể được mô tả bằng mô hình một chiều, hai chiều hoặc ba chiều. Kích thước thực thường khác với kích thước danh nghĩa. Như thế, xuất hiện sai lệch giữa thực tiễn và danh nghĩa. Nếu sự làm việc của kết cấu nhạy cảm với những sai lệch thì phải được kể đến trong mô hình.

Mô hình mô tả các tính chất của vật liệu và các phản ứng tĩnh:

Quá trình tính toán đã xây dựng mối quan hệ tổng quát nhất là xảy ra sự làm việc đàn hồi dưới hiệu ứng tác động thấp, phát triển thành sự làm việc dẻo trong những phần nhất định của kết cấu với hiệu ứng tác động cao. Các phần còn lại của kết cấu xảy ra các giai đoạn trung gian.

Lý thuyết đàn hồi được coi là sự đơn giản hoá của lý thuyết tổng quát thường được sử dụng với điều kiện các lực và mô men được giới hạn đến những giá trị sao cho sự làm việc của kết cấu coi như được xem như đàn hồi.

Còn có thể sử dụng các lý thuyết mà sự phát triển khớp dẻo giả thiết là xuất hiện trong một số vùng của kết cấu như khớp dẻo trong dầm, đường giới hạn dẻo trong sàn v.v... với điều kiện bảo đảm sự biến dạng cần thiết dẫn đến sự hình thành khớp dẻo xảy ra trước trạng thái tới hạn. Điều kiện nữa là các tác động ảnh hưởng đến những biến dạng này không được lặp lại thường xuyên. Lý thuyết dẻo cần được sử dụng một cách thận trọng, khả năng chịu tải của kết cấu khi sử dụng lý thuyết dẻo bị hạn chế bởi các giới hạn:

- Kết cấu bị phá hoại dòn , hoặc
- Kết cấu bị phá hoại do mất ổn định.

Mô hình mô tả phản ứng động

Trong nhiều trường hợp, phản ứng động của một kết cấu là do sự thay đổi đột ngột về cường độ, vị trí hay phương chiều của một tác động gây ra. Phân tích động có thể

thực hiện theo miền thời gian hay miền tần số. Tải trọng được mô tả theo kiểu thống kê thì phản ứng cũng cần mô tả theo kiểu thống kê, nhờ đó mà tính toán được xác suất vượt trong khoảng thời gian xem xét của một số trạng thái giới hạn.

Các mô hình sử dụng cho phân tích động:

- Mô hình độ cứng
- Mô hình cản nhớt , và
- Mô hình quán tính.

Về mô hình độ cứng, do các ảnh hưởng động, độ cứng có thể tăng dù cho tải trọng lặp có thể gây nên hư hỏng và giảm cường độ. Đối với các mô hình vật liệu phi tuyến thường có sự gia tăng giới hạn chảy.

Về độ cản nhớt thì độ cản này là kết quả của nhiều kiểu cơ chế khác nhau. Thí dụ như:

- Độ cản nhớt vật liệu như là từ bản chất đàn hồi hay sự làm việc dẻo của vật liệu
- Độ cản nhớt do lực ma sát tại các liên kết
- Độ cản nhớt từ các phần tử phi kết cấu
- Độ cản nhớt hình học
- Độ cản nhớt vật liệu trong đất nền
- Độ cản nhớt thủy lực và khí động.

Độ cản nhớt của vật liệu đất nền và độ cản nhớt thủy lực, khí động là sự tương tác giữa kết cấu và môi trường. Nhiều khi những dạng cản nhớt này là có hại vì nó dẫn đến sự truyền năng lượng từ môi trường vào kết cấu như trong các hiện tượng galloping, rung động, hay như trong phản ứng do gió xoáy.

Các mô hình mới:

Khi kết cấu xuất hiện dạng mới , cần kiểm tra bên mới. Mô hình sử dụng khi tính toán độ mới phụ thuộc vào vật liệu sử dụng cho kết cấu. Điều này gây khó khăn khi tìm quy luật chung cho loại mô hình này.

Cần lưu ý rằng trong đa số trường hợp, những mô hình được thiết kế thường thiên về an toàn, không phản ánh hết các điều kiện xảy ra trong thực tế. Lúc này cần xét đến sự không hoàn hảo của mô hình. Nhiều trường hợp, thiết kế phải dựa trên các mô hình thí nghiệm. Các mô hình thí nghiệm thường được dùng để xác định :

- Tải trọng tác động lên kết cấu (như tunnel thổi khí động)
- Phản ứng của kết cấu dưới tác động của tải trọng hoặc các sự cố bất ngờ
- Cường độ hay độ cứng của kết cấu hoặc của cấu kiện.

Từ các mô hình tính toán, thiết lập mô hình xác suất theo luật phân phối tương ứng nhằm xây dựng mô hình xác suất và đánh giá độ tin cậy đã được chỉ định.

Nếu coi các biến cơ bản của bài toán là các biến ngẫu nhiên, ta có thể lập các mô hình dựa theo lý thuyết xác suất.

Thiết kế theo xác suất được hiểu rằng kết cấu được thiết kế sao cho xác suất hư hỏng p_f không vượt quá một giá trị chỉ định p_{fs} trong một số khoảng thời gian xác định.

$$p_f \leq p_{fs}$$

Hàm trạng thái giới hạn :

$$g(\underline{X}) < 0$$

Trong đó \underline{X} là các biến cơ bản liên quan đến bài toán.

Với phần lớn trạng thái tới hạn và một vài trạng thái sử dụng giới hạn, xác suất hư hỏng được trình bày:

$$p_f = p[g(\underline{X}) < 0]$$

Xác suất hư hỏng p_f có thể được thay thế bằng một chỉ số độ tin cậy β qua quan hệ :

$$\beta = -\Phi^{-1}(p_f)$$

Sau khi thiết lập các mô hình xác suất, tiến hành đánh giá kết cấu.

Các biến cơ bản dùng trong đánh giá là:

- Kích thước của các cấu kiện
- Các đặc trưng tải trọng
- Các tính chất vật liệu
- Tính không chuẩn xác của mô hình

Để đánh giá các kết cấu đang tồn tại các công việc phải tiến hành là:

- Thử tải là dạng khảo sát trực quan, loại thử tải này cho ta biết khả năng chịu lực của các bộ phận kết cấu dưới điều kiện tải trọng thí nghiệm cũng như các bộ phận khác, các điều kiện tải trọng khác và sự làm việc của hệ thống.
- Đánh giá trong trường hợp hư hỏng bao gồm những công đoạn kiểm tra bằng mắt thường, giải thích các hiện tượng quan sát được, đánh giá độ tin cậy bằng phương pháp xác suất, xem xét các thông tin bổ sung và đưa ra kết luận cuối cùng.

Quyết định cuối cùng nằm trong các khả năng:

- Chấp nhận tình trạng hiện hữu vì các lý do kinh tế.
- Giảm bớt tải trọng đang tác động lên kết cấu
- Gia cố hoặc sửa chữa
- Loại bỏ kết cấu.

Với tư duy của phương pháp thiết kế kết cấu theo cơ sở chức năng, chúng ta có thể lựa chọn được quyết định cuối cùng./.