
NÚT KẾT CẤU BÊ TÔNG CỐT THÉP CÓ NGUYÊN NHÂN TỪ THIẾT KẾ

PGS.TS. Trần Chung

Phó Chủ tịch Hội KC&CNXD Việt Nam

1. Đặt vấn đề

Bê tông cốt thép là loại vật liệu được sử dụng rộng rãi nhất trong các công trình xây dựng trên thế giới nói chung và ở Việt Nam nói riêng (trên 80% các công trình từ nhà dân bình thường cũng như các công trình đặc biệt đều sử dụng kết cấu bê tông cốt thép). Khoa học công nghệ phát triển đã tạo ra những cơ hội mới để đa dạng hóa việc ứng dụng bê tông cốt thép vào kết cấu nhưng những nguyên lý ban đầu để hình thành vật liệu tổ hợp từ thép và bê tông với việc hạn chế hình thành các vết nứt vẫn còn nguyên giá trị. Những công trình bê tông cốt thép thường mắc một căn bệnh cố hữu với triệu chứng cụ thể là các vết nứt. Nhưng chẩn đoán nó như thế nào, đâu là nguyên nhân đích thực và cách chủ động phòng ngừa vẫn luôn là một thách thức. Theo yêu cầu về nội dung của Ban tổ chức Hội nghị Mạng Kiểm định phía Nam, trong bài viết này, tác giả mong muốn chia sẻ kinh nghiệm về cách nhận dạng các vết nứt cùng cơ chế hình thành vết nứt của kết cấu bê tông cốt thép có nguyên nhân từ thiết kế và các biện pháp ngăn ngừa với những giải pháp chủ động kiểm soát chất lượng từ trong giai đoạn thiết kế.

2. Nhận dạng các loại vết nứt trong kết cấu bê tông cốt thép

2.1. Phương pháp tiếp cận

Vết nứt trong kết cấu bê tông cốt thép là một đối tượng của cơ học rạn nứt để nghiên cứu loại vết nứt và những điều kiện phát sinh ra chúng. Nhiều đề tài chọn khía cạnh phân tích toán học và cơ học về các phương trình của bài toán vết nứt để từ đó tìm ra các áp dụng phong phú đối với bài toán ngược trong cơ học vật rắn biến dạng. Vết nứt cũng trở thành mục tiêu nghiên cứu của cơ học phá hủy. Vết nứt được coi là một mặt gián đoạn vật chất mà đi qua nó, trường chuyển vị chịu một bước nhảy. Sự gián đoạn vuông góc được gọi là độ mở của vết nứt. Thành phần này luôn luôn không âm vì độ mở là có thật và vector lực kéo T tác động lên hai bờ của vết nứt là triệt tiêu (khi đã nứt là hết lực kéo). Trong lĩnh vực xây dựng, vết nứt với độ mở, hình dạng và vị trí của vết nứt cũng nói lên nhiều điều mà câu hỏi thường đặt ra là nguyên nhân gây nên những vết nứt này là do đâu và mức độ ảnh hưởng của nó như thế nào? Trả lời được các câu hỏi này không đơn giản. Nhưng một khi đã có phương pháp luận, có chuyên gia kinh nghiệm cùng một tập thể sáng tạo, mọi việc trở nên thuận lợi hơn.

Thông thường khi nghiên cứu các vết nứt trong kết cấu BTCT, các chuyên gia thường tiếp cận theo hai hướng như sau [2]:

a) Theo nguyên nhân xuất hiện:

- Vết nứt do khả năng chịu lực của kết cấu trước tác động của tải trọng bản thân và ngoại lực;
- Vết nứt do tác động của cốt thép ứng lực trước lên bê tông;
- Vết nứt do công nghệ thi công, do co ngót bê tông, do bảo dưỡng bê tông, do chế độ nhiệt-ẩm, do cấp phối của vữa bê tông;
- Vết nứt hình thành do cốt thép bị ăn mòn.

b) Theo mức độ nguy hiểm:

- Vết nứt chứng tỏ tình trạng nguy hiểm của kết cấu;
- Vết nứt làm tăng độ thấm nước của bê tông (ở tường tầng hầm);
- Vết nứt làm giảm tuổi thọ kết cấu do cốt thép hoặc bê tông bị ăn mòn mạnh;
- Vết nứt có thể chấp nhận cho tồn tại vì không gây nguy hiểm cho kết cấu hoặc không ảnh hưởng tới độ bền lâu (bề rộng vết nứt thường không vượt quá giá trị giới hạn cho phép của tiêu chuẩn có thể gây ăn mòn cốt thép hoặc bê tông).

2.2. Phương pháp nhận dạng

a) Đặc điểm chung

Nghiên cứu đặc điểm của vết nứt và sự mở rộng của chúng trong phần lớn trường hợp có thể xác định được nguyên nhân hình thành vết nứt cũng như đánh giá được mức độ nguy hiểm của kết cấu.

Các vết nứt do tác động của lực thường xuất hiện theo phương vuông góc với ứng suất kéo chính (bảng 1).

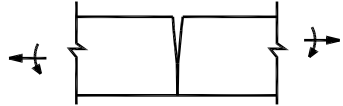

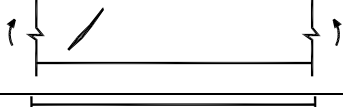
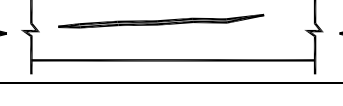
Vết nứt do co ngót bê tông trong các kết cấu phẳng thường phân bố theo thể tích, còn trong các kết cấu có hình dạng phức tạp thường tập trung ở những chỗ giáp nhau (như ở chỗ tiếp giáp giữa sườn và cánh trong bản sàn, trong dầm chữ T...). Vết nứt do ăn mòn dọc theo cốt thép bị ăn mòn.

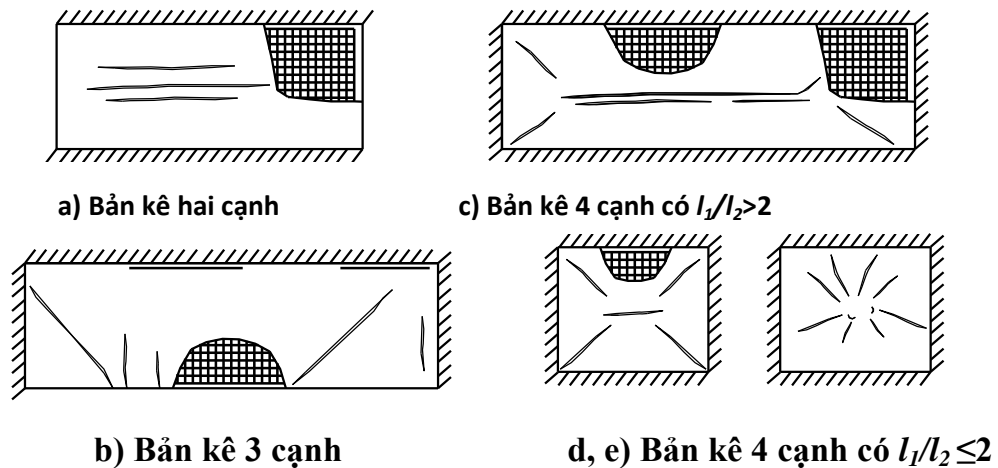
b) Một số tình huống cụ thể

(i) Vết nứt trong bản sàn toàn khối

Vết nứt trong bản sàn do tác động của lực gây nên phụ thuộc vào sơ đồ tính của bản: loại và đặc trưng của tác động, cách đặt cốt thép và tỉ lệ giữa các nhịp. Khi đó, vết nứt xuất hiện theo phương vuông góc với ứng suất kéo chính (xem Hình1).

Bảng 1. Vết nứt do tác động của lực trong kết cấu bê tông cốt thép[4]

Loại vết nứt	Hình dáng vết nứt	Cấu kiện bê tông cốt thép
Vết nứt xuyên suốt		Cấu kiện chịu kéo lệch tâm
Vết nứt không xuyên suốt		Cấu kiện chịu uốn và cấu kiện chịu nén lệch tâm
Vết nứt có dạng đường khép kín		Vùng gối tựa của cấu kiện chịu uốn.
Vết nứt dọc không xuyên suốt		Cấu kiện chịu nén



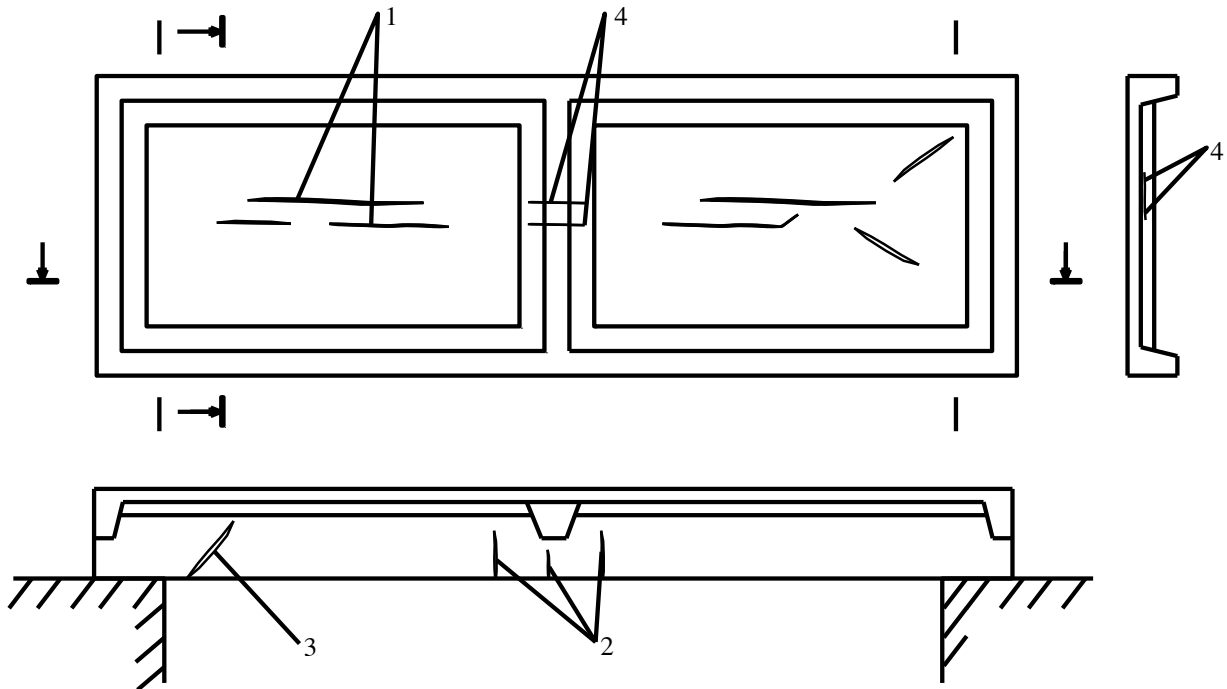
CHÚ DẪN: a, b, c, e - Chịu tải trọng phân bố đều; d – Chịu tải trọng tập trung

Hình 1. Vết nứt do tác động của lực trong bản sàn

Những nguyên nhân gây nên sự mở rộng vết nứt do tác động của lực thường là do bản sàn bị quá tải, độ võng lớn, không đủ cốt thép chịu lực, bố trí thép không đúng hoặc thi công sai so với thiết kế (lưới thép bị dịch xuống gần trục trung hòa).

(ii) Vết nứt trong sàn panel lắp ghép.

Các panel sườn lắp ghép loại chữ V và 2T là kết cấu tổ hợp từ dầm (sườn) và bản. Vì vậy, đặc trưng hình thành vết nứt trong loại kết cấu này do tải trọng sử dụng không khác trong dầm và bản sàn (Hình 2). Mặt khác, do hình dáng phức tạp, đặt cốt thép dày nên khi sản xuất panel thường có những khuyết tật công nghệ dưới dạng vết vỡ và vết nứt do co ngót như: các vết nứt dọc theo cốt thép, do bê tông được đầm không liên tục; vết nứt do biến dạng khuôn, tỉ lệ xi măng : nước (X : N) lớn.



Hình 2. Các vết nứt trong sàn panel lắp ghép (1 ÷ 4) do tác động của lực

(iii) Vết nứt dầm có đặt cốt thép thường

Trong dầm thường xuất hiện những vết nứt thẳng góc hoặc vết nứt xiên với trục dọc cấu kiện. Những vết nứt thẳng góc thường xuất hiện ở vùng chịu mô men uốn lớn nhất, còn những vết nứt xiên – ở vùng chịu ứng suất tiếp lớn nhất, gần gối tựa.

Sự hình thành vết nứt trong dầm chủ yếu phụ thuộc vào sơ đồ tính của dầm, tiết diện ngang và trạng thái ứng suất trong dầm. Trên Hình 3 thể hiện các vết nứt do tác động của lực trong dầm đơn giản và liên tục có tiết diện chữ nhật. Đặc điểm điển hình là những vết nứt thẳng góc có bề rộng lớn nhất ở biên chịu kéo, trong khi những vết nứt xiên – ở gần trọng tâm tiết diện.

Những vết nứt thẳng góc có bề rộng lớn hơn 0,5 mm thường chứng tỏ dầm bị quá tải hoặc không bố trí đủ cốt thép chịu lực.

Những vết nứt xiên, đặc biệt ở vùng neo cốt thép dọc chịu lực, được cho là nguy hiểm vì chúng có thể làm cho dầm gãy bất ngờ. Nguyên nhân gây nên sự hình thành và mở rộng vết nứt xiên thường là chất lượng bê tông kém, bước cốt đai thưa, chất lượng hàn cốt thép dọc và cốt đai kém.

Bảng 2. Vết nứt trong dầm bê tông cốt thép

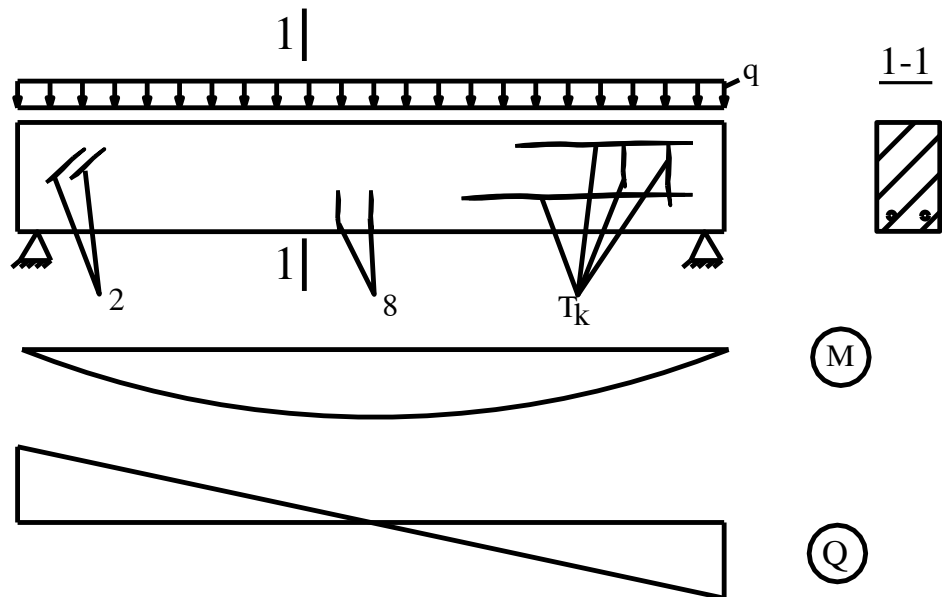
Số TT vết nứt (Hình 3)	Nguyên nhân có thể gây nên sự hình thành vết nứt
1	Không đủ ứng suất trong dầm: lực căng cốt thép nhỏ, hao tổn ứng suất trước lớn. Dầm bị quá tải ở tiết diện thẳng góc.
2	Bị hỏng khi sản xuất: cường độ bê tông thấp, bước cốt đai lớn, chất lượng hàn cốt thép dọc và cốt đai kém. Dầm bị quá tải ở tiết diện nghiêng.
3	Cường độ bê tông thấp. Dầm bị quá tải ở tiết diện nghiêng.
4	Phá hoại neo cốt thép ứng lực trước: cường độ bê tông thấp, không đủ cường độ bê tông tại thời điểm trước khi nén trước bê tông.

5;6	Không có cốt xoắn trong vùng neo cốt thép ứng lực trước.
7	Không đủ cốt xoắn. Liên kết hàn các chi tiết đặt sẵn nối các dầm liên kê làm thay đổi sơ đồ tính toán của chúng.
8	Dầm bị quá tải ở tiết diện thẳng góc. Không bố trí đủ cốt thép chịu lực.

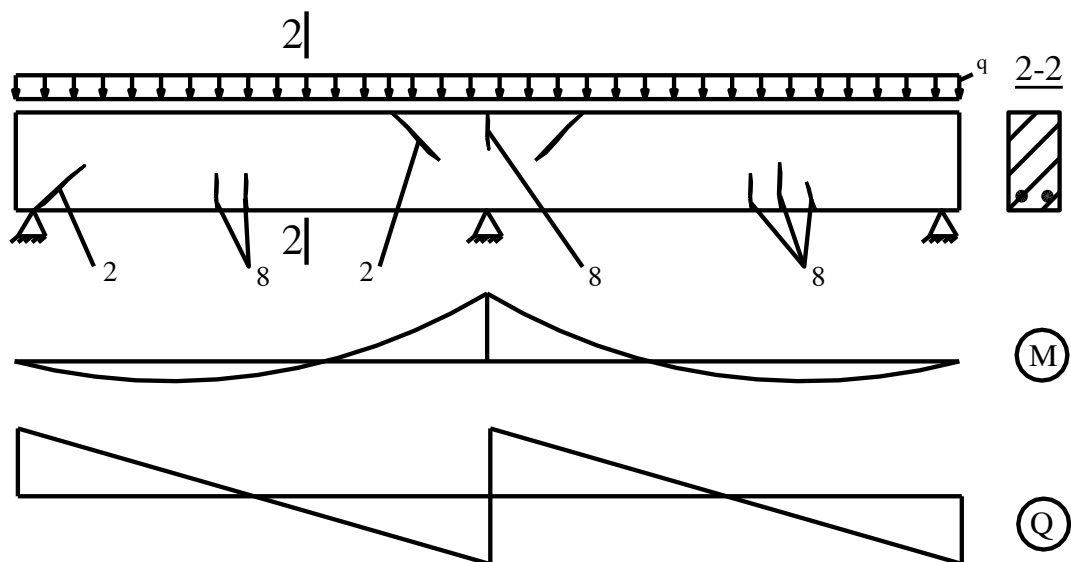
(iv) Vết nứt dầm ứng lực trước

Các dầm ứng lực trước thường phải tuân theo yêu cầu cao về khả năng chống nứt. Vì vậy, sự xuất hiện các vết nứt có bề rộng lớn thường chứng tỏ dầm bị quá tải, hoặc sai sót nghiêm trọng trong công nghệ chế tạo dầm.

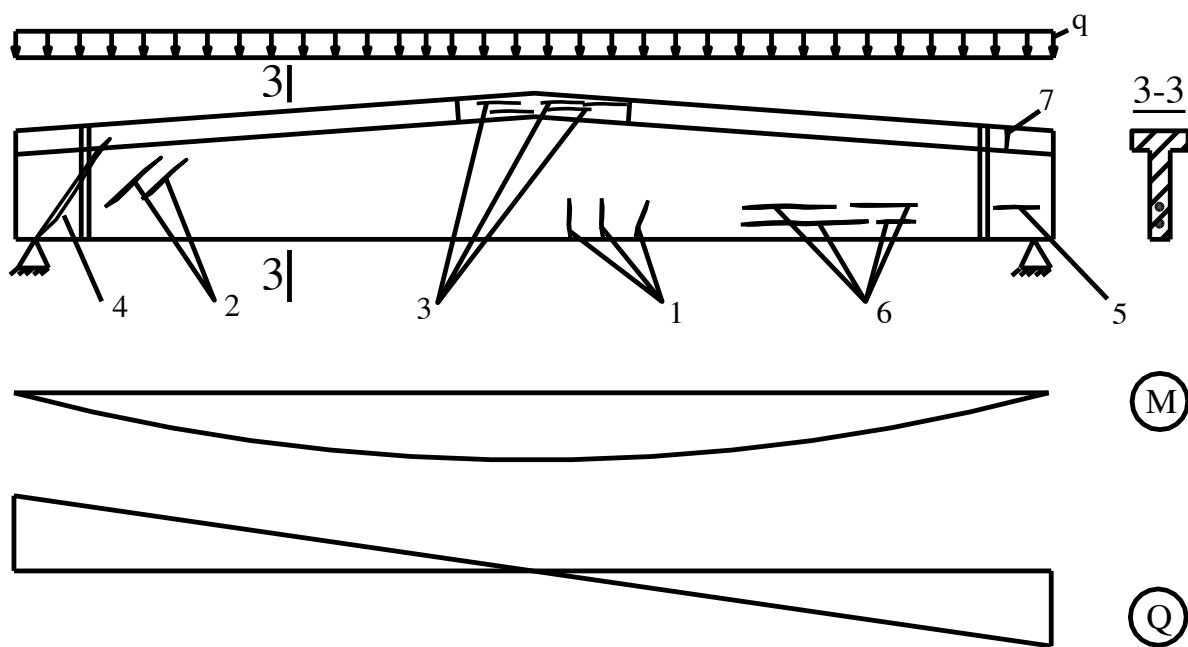
Trên Hình 3 thể hiện những vết nứt đặc trưng trong dầm ứng lực trước. Trong Bảng 2 thể hiện những nguyên nhân có thể gây nên những vết nứt có bề rộng đáng kể.



a) Dầm đặt cốt thép thường



b) Dầm cốt thép thường



c) Dầm ứng lực trước

Hình 3. Vết nứt trong dầm

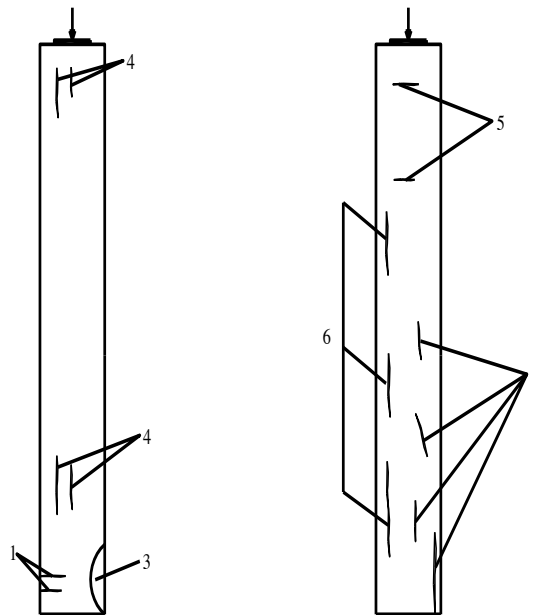
(v) Vết nứt trong cột bê tông cốt thép

Những vết nứt trong cột phụ thuộc chủ yếu vào trạng thái nén lệch tâm và đặc trưng của tải trọng tác dụng. Ngoài ra, còn do ảnh hưởng của cường độ bê tông, bố trí cốt thép, điều kiện đông cứng của bê tông... Khi tải trọng lệch tâm lớn, trong vùng kéo có thể hình thành các vết nứt ngang có bề rộng lớn (số 1, Hình 4) chứng tỏ cột bị quá tải hoặc đặt cốt thép không đủ. Khi độ lệch tâm nhỏ xuất hiện những vết nứt thẳng đứng (số 2) chứng tỏ thân cột bị quá tải hoặc cường độ bê tông thấp.

Chất lượng hàn cốt thép dọc và cốt đai kém hoặc bước cốt đai lớn dẫn đến sự mất ổn định của cốt thép dọc chịu nén và xuất hiện các vết nứt số 3. Khi không có cốt gián tiếp ở vùng tập trung ứng suất ở đỉnh cột thường gây nên vết nứt thẳng đứng số 4.

Vết nứt số 5 xuất hiện do xếp đặt, vận chuyển và cầu lắp không đúng quy định; vết nứt số 6 – do ăn mòn cốt thép; vết nứt số 7 – vết nứt công nghệ.

Các vết nứt được thể hiện trên Hình 4 chưa nêu được hết các trường hợp thường gặp trong thực tế. Các vết nứt có thể xuất hiện do tác động động lực, tác động mạnh của lực cục bộ, hiện tượng lún nền móng. Vì vậy, cần phải phân tích cẩn thận trước khi đưa ra kết luận về mức độ nguy hiểm do các vết nứt gây nên.



Hình 4. Vết nứt trong cột bê tông cốt thép

3. Nguyên nhân thường gặp trong công tác thiết kế

3.1. Nguyên nhân về việc sử dụng tiêu chuẩn phục vụ thiết kế

Trong tính toán kết cấu người thiết kế thực hiện tính toán thiết kế theo các tiêu chuẩn hiện hành, nhằm thiết kế ra một công trình mà đảm bảo cho nó có đủ độ bền, độ cứng, ổn định và đảm bảo yêu cầu về kinh tế. Tuy nhiên khi áp dụng các tiêu chuẩn tính toán cũng còn tồn tại nguyên nhân dẫn đến hư hỏng kết cấu như: Nguyên nhân do sử dụng tiêu chuẩn tải trọng tác dụng, Nguyên nhân do sử dụng tiêu chuẩn tính toán, Nguyên nhân do sử dụng các số liệu khảo sát đầu vào không tin cậy [1].

3.1.1. Nguyên nhân do sử dụng tiêu chuẩn về tải trọng tác dụng

Việc tính toán tải trọng tác dụng lên kết cấu cũng thường gây ra những sai sót, trong đó sai sót tập trung chủ yếu ở việc lựa chọn giá trị tải trọng, lấy hệ số tổ hợp của tải trọng. Một ví dụ đơn giản khi thiết kế công trình theo ACI 318-1999, theo tiêu chuẩn này tổ hợp tải trọng tĩnh tải và hoạt tải là :

$$1,4D + 1,7L.$$

Trong đó : D là giá trị tiêu chuẩn của tải trọng tĩnh

L là giá trị tiêu chuẩn của hoạt tải.

Các giá trị tải trọng trên được lấy với giá trị tải trọng tiêu chuẩn, không có hệ số vượt tải . Tuy nhiên, khi tính toán tải trọng D và L, người thiết kế đã tính cả hệ số vượt tải theo tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 2727:1995, tĩnh tải $n=1,1$, hoạt tải $n=1,2$ hoặc $1,3$. Như vậy trong tổ hợp tải trọng theo ACI 318 đã thêm luôn thành phần của các hệ số vượt tải, điều này dẫn đến sai sót khi đưa giá trị tải trọng trong tính toán phân tích kết cấu.

Một ví dụ khác trong việc sử dụng sai tải trọng trong tính toán thiết kế võng và nứt cho kết cấu dầm, sàn. Việc tính toán kiểm tra võng và nứt đối kết cấu dầm, sàn được kiểm tra theo trạng thái giới hạn thứ 2, trong đó các giá trị tải trọng được lấy với giá trị tiêu chuẩn, không có hệ số vượt tải. Tuy nhiên, do nhiều lý do, người thiết kế lấy luôn giá trị tải trọng tính toán (đã kể đến hệ số vượt tải) để tính lún cho công trình. Như vậy, đã gây ra nhầm lẫn trong việc tính toán tải trọng tác dụng lên công trình.

Khi tính toán kết cấu người tính toán không lường trước hết các trường hợp tải trọng có thể xảy ra ví dụ tải trọng do cháy nổ, do hiện tượng lún không đều... hoặc những khu vực có khả năng thay đổi công năng sử dụng làm cho tải trọng tăng lên.

3.1.2. Nguyên nhân do sử dụng tiêu chuẩn tính toán.

Kết cấu bê tông cốt thép là vật liệu phức hợp do bê tông và cốt thép cùng cộng tác chịu lực do đó tiêu chuẩn tính toán tương đối phức tạp. Người tính toán thiết kế không hiểu hết các điều kiện tính toán rất dễ dẫn đến những sai sót trong việc áp dụng các tiêu chuẩn vào trong tính toán.

Đối với các công trình có nguồn vốn của nhà nước sử dụng các tiêu chuẩn thiết kế của Việt Nam. Nhưng tiêu chuẩn thiết kế liên quan đến thiết kế kết cấu bê tông cốt thép còn thiếu rất nhiều hoặc chưa có chi dẫn rõ ràng, ví dụ tính toán vách bê tông cốt thép, kết cấu bê tông cốt thép liên hợp... Việc không có đầy đủ tiêu chuẩn tính làm cho người làm kết cấu gặp rất nhiều khó khăn vì khi tính toán các thông số tải trọng, vật liệu đầu vào, các hệ số an toàn, hệ số tổ hợp được lấy theo tiêu chuẩn Việt Nam, nhưng khi tính toán các cấu kiện này chúng ta thường phải sử dụng các tiêu chuẩn nước ngoài với các tham số đầu vào theo tiêu chuẩn nước ngoài nên việc tính toán hay xảy ra những sai sót.

Trong khi đó hầu hết các công trình có vốn đầu tư nước ngoài hoặc vay vốn của tổ chức tiền tệ thế giới (IMF), Ngân hàng thế giới (WB), Ngân hàng phát triển Châu á (ADB) và vốn ODA được thiết kế và thi công theo tiêu chuẩn nước ngoài. Đối với một số đơn vị thiết kế đã lẫn lộn trong việc áp dụng tiêu chuẩn thiết kế (số liệu đầu vào theo tiêu chuẩn Việt Nam nhưng chưa được sử lý theo tiêu chuẩn nước ngoài) hoặc dùng nhiều loại tiêu chuẩn trong thiết kế tạo nên sự thiếu nhất quán.

Trong tính toán kết cấu, do sự phát triển mạnh mẽ của các phần mềm tính toán kết cấu nên người tính toán chủ yếu dựa vào các phần mềm để tính toán thiết kế cho kết cấu. Trong khi đó các tiêu chuẩn áp dụng trong các phần mềm dùng để tính toán là các phần mềm nước ngoài mà không phải phần mềm nên khi áp dụng các tải trọng với các quy định theo tiêu chuẩn Việt Nam có thể dẫn đến những sai sót gây hư hỏng cho kết cấu.

Kèm theo đó là việc sử dụng một cách không có lựa chọn các qui trình qui phạm và các loại phần mềm trôi nổi trên thị trường (không có bản quyền, không được sự chấp thuận của các cơ quan quản lý nhà nước) có ảnh hưởng không nhỏ đến chất lượng công trình xây dựng. Do hiểu biết một cách không đồng bộ, công tác thiết kế mắc sai sót trong việc sử dụng phần mềm thiết kế và sự kết nối các phần mềm trong biện pháp tổ hợp tải trọng và tính toán theo qui phạm Việt Nam.

3.2. Nguyên nhân do sử dụng các số liệu khảo sát đầu vào không tin cậy

Các sai sót trong thiết kế khi sử dụng các số liệu khảo sát đầu vào thường biểu hiện ở các khía cạnh sau:

- Không phát hiện được hoặc phát hiện không đầy đủ quy luật phân bố không gian (theo chiều rộng và chiều sâu) các phân vị địa tầng, đặc biệt các đất yếu hoặc các đới yếu trong khu vực xây dựng và khu vực liên quan khác;

- Đánh giá không chính xác các đặc trưng tính chất xây dựng của các phân vị địa tầng có mặt trong khu vực xây dựng; thiếu sự hiểu biết về nền đất hay do công tác khảo sát địa kỹ thuật sơ sài. Đánh giá sai về các chỉ tiêu cơ lý của nền đất;

- Không phát hiện được sự phát sinh và chiều hướng phát triển của các quá trình địa kỹ thuật có thể dẫn tới sự mất ổn định của công trình xây dựng;

- Không điều tra, khảo sát công trình lân cận và các tác động ăn mòn của môi trường...

Những sai sót trên thường dẫn đến những tổn kém khi phải khảo sát lại (nếu phát hiện trước thiết kế), thay đổi thiết kế (phát hiện khi chuẩn bị thi công). Còn nếu không phát hiện được thì thiệt hại là không thể kể được khi đã đưa công trình vào sử dụng.

3.3. Nguyên nhân về phương pháp thiết kế

3.3.1 Nguyên nhân do phương pháp tính toán

(i) Sai sót sơ đồ tính toán:

Sơ đồ kết cấu là khâu quyết định đến độ bền vững của công trình. Sơ đồ kết cấu phải phản ánh được giả thiết chịu lực và các tải trọng thực tế. Sơ đồ kết cấu bảo đảm sự chịu lực và biến dạng khi có nhiều dạng tải trọng tác động riêng biệt và tổ hợp. Sơ đồ kết cấu sai sẽ dẫn đến hư hỏng của kết cấu. Chọn sơ đồ kết cấu sai dẫn đến tình trạng giữa sơ đồ tính khác với sơ đồ tải thực nhiều, dẫn đến thiếu thép hoặc thừa thép, làm cho công trình không đáp ứng về mặt chịu lực.

Trong tính toán kết cấu, do khả năng ứng dụng mạnh mẽ của các phần mềm phân tích kết cấu, về cơ bản, sơ đồ tính toán kết cấu thường được người thiết kế lập giống công trình thực cả về hình dáng, kích thước và vật liệu sử dụng cho kết cấu. Tuy nhiên, việc quá phụ thuộc vào phần mềm kết cấu cũng có thể gây ra những sai lầm đáng tiếc trong tính toán thiết kế.

Ví dụ trong việc lựa chọn sai sơ đồ tính toán kết cấu (Hình 4).

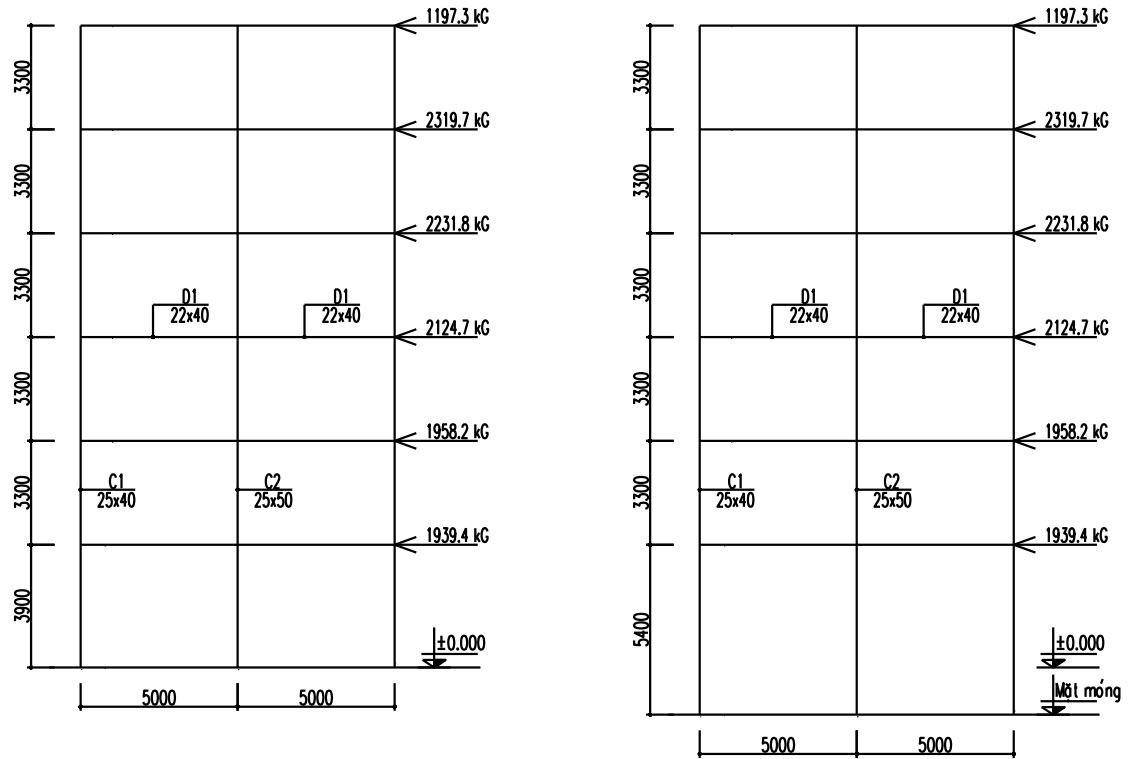
Trên hình là sơ đồ kết cấu và tải trọng tác dụng lên khung phẳng của công trình cao 6 tầng. Khi đưa sơ đồ kết cấu vào tính toán, người thiết kế thường lấy chiều dài cột từ cốt +0,00 của công trình, nhưng khi không có giằng móng hoặc giằng móng nhỏ thì chiều dài của cột phải lấy từ cốt mặt móng. Điều này có thể gây nên việc nội lực của các cấu kiện trong khung nhỏ hơn so với thực tế. Kết quả tính toán cụ thể của khung chỉ rõ sự khác nhau này.

- Trường hợp chiều dài cột tầng 1, $H=3.9\text{m}$ (chưa kể chiều dài cột từ cốt + 0.00 đến cốt mặt móng -1,5m). Giá trị môment lớn nhất ở chân cột là: $M_{\max}=15.10\text{Tm}$.

- Trường hợp chiều dài cột tầng 1 $H=5.4\text{m}$ (tính cả chiều dài cột từ cốt +0.00 đến cốt mặt móng -1,5m). Giá trị môment lớn nhất ở chân cột là : $M_{\max}=19.14\text{Tm}$.

Giá trị môment chênh lệch là: $DM = 19.14 - 15.10 = 4.04 \text{ (Tm)}$

Như vậy, giá trị môment chênh lệch khá lớn, nếu ta bỏ giá trị này hay bỏ qua chiều dài cột từ cốt +0.00 đến cốt mặt móng sẽ rất nguy hiểm cho công trình.



Hình 4. Sơ đồ kết cấu

(ii) Bỏ qua kiểm tra điều kiện ổn định của kết cấu:

Khi tính toán thiết kế, đối với những thiết kế thông thường, các kỹ sư thiết kế thường tính toán kiểm tra kết cấu theo trạng thái giới hạn thứ nhất. Tuy nhiên, trong trạng thái giới hạn thứ nhất, chỉ tính toán kiểm tra đối với điều kiện đảm bảo khả năng chịu lực, bỏ qua kiểm tra điều kiện ổn định của kết cấu. Đối với những công trình có quy mô nhỏ, kích thước cấu kiện kết cấu không lớn, thì việc kiểm tra theo điều kiện ổn định được có thể bỏ qua. Tuy nhiên, đối với các công trình có quy mô không nhỏ, kích thước cấu kiện lớn thì việc kiểm tra theo điều kiện ổn định là rất cần thiết.

(iii) Bố trí cốt thép không hợp lý:

Trong kết cấu bê tông cốt thép, cốt thép được bố trí để khắc phục nhược điểm của bê tông là chịu kéo kém. Việc bố trí cốt thép không đúng sẽ dẫn đến bê tông không chịu được ứng suất và kết cấu bị nứt.

Việc bố trí cốt thép trong đường ống dẫn nước của một nhà máy thủy điện là một ví dụ. Đường ống dẫn nước của nhà máy thủy điện là đường ống dẫn nước có áp được thiết kế theo tiết diện vuông kích thước ngoài 13x13m, trong 7x7m, ống làm bằng bê tông cốt thép có chiều dày là 3m. Để tăng cường chống thấm và giảm ma sát, mặt trong của đường ống áp lực có lát thép tấm dày 10mm. Cốt thép của kết cấu đường ống được bố trí ở 2 lớp sát mép ngoài và mép trong tiết diện và có số lượng thép khác nhau tùy theo độ cao. Về mặt hình học, đường ống áp lực vừa có độ dốc vừa có độ cong nên đã tạo cho ống làm việc khá phức tạp.

Sau khi có sự cố rò rỉ, công việc đánh giá và tìm nguyên nhân được bắt đầu bằng việc kiểm tra khả năng chịu lực của kết cấu vì dạng vết nứt, độ mở, vị trí vết nứt có dấu hiệu cho thấy sự cố này có thể do nguyên nhân thiết kế. Việc tính toán trạng thái ứng suất của đường ống chịu áp lực nước tại các vị trí có độ dốc và độ cong cho thấy (Hình 5):

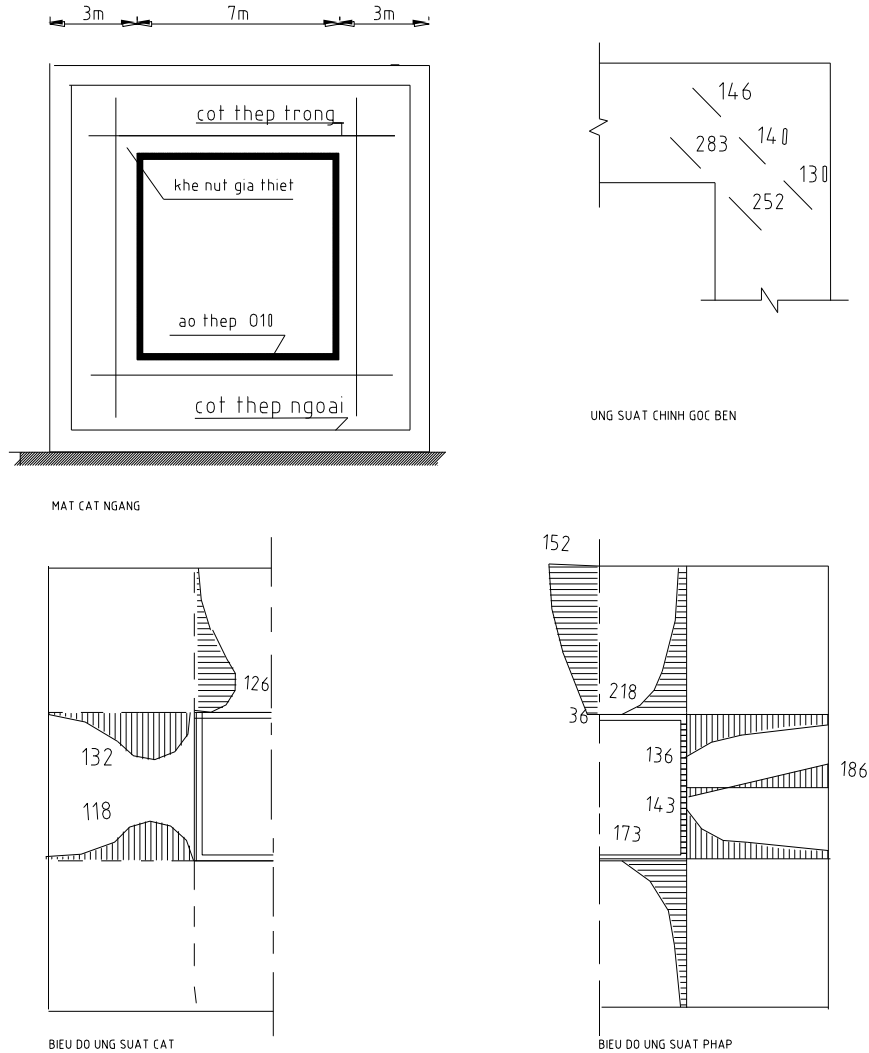
- Dưới tác dụng của áp lực nước, trên khắp tiết diện ngang của đường ống hầu như suất hiện ứng suất kéo, ở nhiều vị trí ứng suất kéo vượt quá giá trị ứng suất kéo tính toán của bê tông ($8,8 \text{ daN/cm}^2 = 88 \text{ T/m}^2$ đối với bê tông mác 250). Như vậy bê tông sẽ bị nứt ở nhiều chỗ.

- Ứng suất kéo chính tại các góc đều có giá trị lớn (đạt 283 T/m^2) và nghiêng so với phương nằm ngang góc xấp xỉ 45° , sẽ tạo thành vết nứt xiên. Như vậy cần thiết phải bố trí cốt thép xiên, ở các góc để chịu ứng suất kéo chính.

Nguyên nhân quan trọng nhất là lỗi trong bố trí cốt thép. Mặc dù ống có độ dốc nhưng cốt thép vẫn được bố trí tại 2 mặt bên của tiết diện theo phương thẳng đứng. Hàm lượng thép đủ lớn nhưng cốt thép không tạo được sự làm việc liên tục khi chịu áp lực ngang của nước. Tại những tiết diện có độ dốc, cốt thép chịu lực không liên tục. Căn cứ vào trạng thái ứng suất của đường ống, tính toán lại nhu cầu về lượng cốt thép và bố trí cốt thép tại các tiết diện có độ dốc, thép chịu áp lực đã không đủ.

- Ở giữa của nắp ống thiếu 40%.
- Ở góc của nắp ống thiếu 60%.
- Ở đỉnh của thành ống thiếu 30%.

Ngoài ra thiếu cốt xiên đặt ở góc để chịu ứng suất chính hoặc cốt thép để chịu lực cắt cũng là một thiếu sót trong giải pháp thiết kế.



Hình 5. Đường ống áp lực

(iv) Giảm kích thước của cấu kiện BTCT:

Trong cấu kiện BTCT, khi tính toán chịu lực cắt thì phần bê tông chịu là chủ yếu, vì lý do nào đó tiết diện bê tông tại những vùng có lực cắt lớn phải giảm bớt tiết diện, sẽ làm giảm khả năng chịu lực cắt của cấu kiện. Khi giảm bớt tiết diện của bê tông, nhà thiết kế không kiểm tra đã dẫn đến cấu kiện bị nứt và xảy ra sự cố công trình.

(v) Tính toán và cấu tạo kháng chấn không thoả mãn yêu cầu chịu lực của công trình. Sau khi có tiêu chuẩn thiết kế công trình chịu tác động của động đất (TCVN 375-2006), khá nhiều cơ quan tư vấn thiết kế chưa nắm được cách tính kháng chấn và cấu tạo kháng chấn, trong khi tiêu chuẩn yêu cầu những địa danh có mức gia tốc nền $> 0,04g$ phải kiểm tra và sử dụng các biện pháp kháng chấn giảm nhẹ hoặc trên $0,08g$ thì công trình bắt buộc phải tính toán kháng chấn. Tình trạng này dẫn đến công trình không có khả năng chống lại rung động khi có động đất.

3.4. Sai sót do không coi trọng giải pháp cấu tạo

3.4.1. Không am hiểu vai trò giải pháp cấu tạo và bài toán kết cấu

Với một số các cấu kiện không lớn đa phần người thiết kế không tính toán mà bố trí cốt thép với mục đích cấu tạo.

Một số người thiết kế khi lựa chọn các yêu cầu về cấu tạo cho công trình lại chọn giải pháp cấu tạo lớn hơn quá nhiều so với yêu cầu trong tiêu chuẩn hoặc các quy định. Ví dụ lớp bê tông bảo vệ cốt thép cho dầm trong trường hợp ngoài nhà (gần nơi ẩm thấp) là 25mm và đường kính cốt thép lớn nhất nhưng do người thiết muốn an toàn cho kết cấu lại chọn lớp bảo vệ lớn hơn yêu cầu vô tình đã làm giảm chiều cao làm việc của cấu kiện dẫn đến làm giảm khả năng làm việc của cấu kiện.

Trong trường hợp khác, khi tính toán kết cấu bê tông cốt thép có những loại tải trọng và tác động chúng ta không kể đến trong quá trình tính toán như: hiện tượng co ngót, từ biến, lún lệch... mà được giải quyết bằng các giải pháp cấu tạo như: bố trí khe nhiệt, khe lún, thép cấu tạo... Điều đó cho thấy việc các giải pháp cấu tạo là rất quan trọng, nếu các kết cấu không có các giải pháp cấu tạo có thể dẫn đến những hư hỏng cho kết cấu (Hình 5,6).



Hình 5. Nứt sàn từ mép vách cứng



Hình 6. Cốt thép chịu lực sàn

3.4.2. Cấu tạo sai cho công trình trong vùng chịu ảnh hưởng của khí hậu ven biển.

- Quy định sai về chiều dày lớp bảo vệ.
- Sử dụng mác bê tông thấp không đảm bảo hàm lượng xi măng tối thiểu.
- Kết cấu xuất hiện vết nứt $> 0,1$ mm.
- Không quy định hàm lượng ion Cl^- tối đa có trong vật liệu.
- Không sử dụng các biện pháp cần thiết để tăng khả năng chống ăn mòn cho kết cấu.
- Các nhà thiết kế không quy định tỷ lệ N/X, các yêu cầu về chất lượng bê tông.
- Các nhà thiết kế không quy định cụ thể loại xi măng, các loại cốt liệu chịu được ăn mòn của các hoá chất, của môi trường đối với công trình bê tông cốt thép.
- Các nhà thiết kế không cho sử dụng các loại phụ gia chống ăn mòn.
- Các nhà thiết kế không sử dụng biện pháp tạo màng không tan phủ bề mặt thép chống ăn mòn.
- Các nhà thiết kế không cho bao phủ bề mặt kết cấu bê tông các lớp sơn, phủ chống lại tác dụng của axit, urê.

Những thiếu sót về cấu tạo trong thiết kế được đề cập đến ở trên, sẽ tạo điều kiện để các hoá chất ăn mòn có trong môi trường không khí, nước thải, nước sinh hoạt phá huỷ lớp bê tông bảo vệ, làm gỉ và ăn mòn cốt thép, thấm sâu vào trong lòng kết cấu bê tông làm giảm tiết diện chịu lực của cấu kiện bê tông. Cuối cùng cấu kiện bê tông bị phá huỷ dẫn đến sự cố của công trình xây dựng.

3.4.3. Các trường hợp khác:

- Khi tính toán tác giả có một số quan niệm không thích hợp với điều kiện thực tế thi công, nhưng không chú thích rõ ràng đầy đủ ý nghĩa và yêu cầu của các giả pháp cấu tạo trong bản vẽ chi tiết, để người thi công thực hiện.
- Không có biện pháp cấu tạo, để công trình chịu sự thay đổi của nhiệt độ, khi nhiệt độ thay đổi làm kết cấu bị co giãn, công trình bị nứt ở kết cấu chịu tác động của nhiệt, tạo điều kiện cho các tác nhân khác ăn mòn kết cấu dẫn đến kết cấu bị hư hỏng.

3.5. Sai sót do chỉ định vật liệu thiết kế không phù hợp

Vật liệu sử dụng trong kết cấu bê tông cốt thép chủ yếu chỉ gồm 2 phần chính là bê tông và cốt thép :

- (i) Với vật liệu bê tông nếu cường độ không đủ ngoài làm ảnh hưởng đến khả năng chịu lực của kết cấu còn làm giảm tính chống thấm, độ bền của kết cấu.

Biểu hiện của việc giảm khả năng chịu lực của kết cấu do khả năng chịu lực không đủ gây nên giảm cường độ của kết cấu, giảm khả năng chống nứt mà biểu hiện của nó là xuất hiện sớm những vết nứt quá rộng và số lượng vết nứt nhiều, hay độ cứng của cấu kiện kém dẫn đến biến dạng quá lớn ảnh hưởng đến điều kiện sử dụng bình thường.

Thông thường nguyên nhân chủ yếu dẫn đến chỉ định cường độ bê tông không đủ do nguyên nhân thiết kế là :

- Chỉ định tỉ lệ cấp phối bê tông không tốt trong khi nó là một nhân tố quan trọng quyết định chất lượng của bê tông trong đó tỉ nước – xi, cũng như lượng nước dùng, tỉ lệ cát, sỏi...

- Chất lượng vật liệu được thiết kế cho cấp phối bê tông không đảm bảo chất lượng.

Ví dụ chất lượng xi măng không tốt, xi măng có cường độ thấp làm cho chất lượng bê tông không đủ như mức thiết kế. Hoặc hình dáng chất lượng của cốt liệu (cát, đá không tốt) cũng làm cho chất lượng của bê tông giảm do đá bị vỡ vụn khi chịu lực khi chưa đạt yêu cầu chịu lực của bê tông điều này làm giảm khả năng chịu lực của bê tông.

(ii) Đối với cốt thép cũng là một thành phần hết sức quan trọng trong kết cấu bê tông cốt thép nên những sai sót trong lựa chọn cốt thép cũng ảnh hưởng rất nhiều đến chất lượng của kết cấu. Việc lựa chọn, chỉ định cốt thép phải phù hợp với mỗi loại cấu kiện và phải phù hợp với từng điều kiện làm việc của cấu kiện đó.

Ví dụ trong dầm là cấu kiện chịu uốn hàm lượng cốt thép khi tính toán thiết kế người thiết kế phải tính toán thiết kế sao cho chúng chỉ được xảy ra phá hoại dẻo. Tức là

hàm lượng cốt thép $\mu = \frac{A_s}{b.h_0}$ phải nhỏ hơn hàm lượng cực đại $\mu_{max} = \frac{A_{s,max}}{b.h_0} = \xi_R \frac{R_b}{R_s}$.

Nhưng sau khi tính toán xong đến lúc lựa chọn cốt thép cho tiết diện thì hầu hết người thiết kế lại lựa chọn cốt thép tăng lên để tăng hệ số an toàn nên trong một số trường hợp hàm lượng cốt thép thực tế được bố trí lại vượt quá hàm lượng giới hạn hay nói cách khác nếu xảy ra phá hoại là phá hoại giòn làm nguy hiểm cho kết cấu.

3.6. Sai sót của công tác phục vụ thiết kế

Công tác phục vụ thiết kế chủ yếu bao gồm các công tác cung cấp số liệu đầu vào cho người thiết kế.

Trong bước thiết kế kỹ thuật việc tính toán thiết kế kết cấu thường được phân ra để thiết kế. Tuy nhiên, đối với công trình có quy mô lớn công việc này được phân ra thành các nhóm kỹ sư chuyên ngành hẹp, các nhóm này tiến hành thiết kế một cách độc lập, các phần việc chuyên ngành này chỉ được giáp nối khi các nhóm đã cơ bản hoàn thành xong

phần việc của mình. Vấn đề bất cập ở chỗ khi các phần việc được giáp nối thông qua các bản vẽ không chính thức, hoặc các bản vẽ nhỏ, khó đọc. Chính những điều này đã gây ra những nhầm lẫn đáng tiếc trong tính toán thiết kế kết cấu công trình.

Nguyên nhân của sai sót này là do sự phối hợp giữa các nhóm thiết kế không chặt chẽ, khâu kiểm bản vẽ không được gây lên nhầm lẫn đáng tiếc xảy ra trong việc tính toán thiết kế kết cấu công trình. Cùng với sai sót đó là thiếu sự quan sát tổng thể của người thiết kế trong việc kiểm soát chất lượng công trình.

3.6. Nguyên nhân về năng lực và quy trình thực hiện thiết kế

3.6.1. Năng lực của người thiết kế không phù hợp

Do trình độ của người thiết kế cũng còn nhiều khiếm khuyết, chưa đáp ứng được đối với các yêu cầu đặt ra của công trình. Những lỗi sơ đẳng như: quan niệm sai về sự làm việc của các kết cấu chính và phụ, quan niệm về sự làm việc thực tế của kết cấu chịu nén và kết cấu chịu uốn, giải pháp kết cấu, giải pháp cấu tạo...là các dấu hiệu rõ nhất về năng lực thông qua kiến thức chuyên môn và kinh nghiệm thực tiễn. Do ít kinh nghiệm, người thiết kế không lường trước được các tác động mang tính đặc thù của Việt Nam tới chất lượng công trình xây dựng: tác động của khí hậu nóng ẩm đối với quá trình làm việc của kết cấu bê tông và bê tông cốt thép, tác động xâm thực và ăn mòn của môi trường.

Một vấn đề khác cũng dẫn đến hư hỏng trong thiết kế kết cấu bê tông và bê tông cốt thép là người thiết kế không có hướng dẫn và cảnh báo về các nguy cơ có thể gây tác hại nghiêm trọng của công trình nếu quá trình thi công và đưa công trình vào sử dụng không tuân thủ theo đúng qui trình.

3.6.2. Không tuân thủ quy trình thiết kế và tính liên tục của đội ngũ thiết kế

(i) Trình tự thiết kế kết cấu một công trình tuần tự như sau:

- Lập mặt bằng kết cấu và xác định sơ bộ tiết diện các cấu kiện.
- Xác định sơ đồ kết cấu.
- Xác định tải trọng và tác động lên kết cấu
- Tính toán nội lực trong từng cấu kiện và tổ hợp nội lực.
- Tính toán thiết kế chi tiết cho từng tiết diện
- Thể hiện bản vẽ chi tiết cho từng cấu kiện.

Trong quá trình thiết kế một công trình thông thường sẽ có nhiều người cùng tham gia vào công việc thiết kế đồng thời để đảm bảo tiến độ của công việc như người thiết kế

móng, người thiết kế cột - vách, người thiết kế dầm sàn..... Do làm việc đồng thời nên người thiết kế có thể không kiểm soát hết được tác động của các bộ phận kết cấu với nhau cũng như các chi tiết liên kết giữa các bộ phận với nhau dẫn đến sai sót cho hệ kết cấu.

(ii) Thay đổi nhân lực tham gia thiết kế: Một công trình lớn thì khi thiết kế có thể được chia làm nhiều bước nhỏ với một thời gian kéo dài có thể đến vài năm, thậm chí chỉ ở một giai đoạn thiết kế thời gian cũng có thể đến vài tháng. Và việc thay đổi người thiết kế trong quá trình này là điều hoàn toàn có thể xảy ra. Nhưng người làm thiết kế sau gặp rất nhiều khó khăn trong việc nắm bắt phần thiết kế do người trước đã làm cũng như việc thiết kế tiếp tục để phù hợp với phần thiết kế trước.

(iii) Thiếu người chủ trì thiết kế có năng lực: Trong bước thiết kế kỹ thuật việc tính toán thiết kế kết cấu thường được phân ra để thiết kế, như phần móng, phần thân và phần mái. Thông thường các phần này được cùng một nhóm kỹ sư kết cấu thiết kế. Tuy nhiên, đối với công trình có quy mô lớn công việc này được phân ra thành nhóm kỹ sư chuyên ngành hẹp, các nhóm này tiến hành thiết kế một cách độc lập, các phần việc chuyên ngành này chỉ được giáp nối khi các nhóm đã cơ bản hoàn thành xong phần việc của mình. Vấn đề bất cập ở chỗ khi các phần việc được ráp nối thông qua các bản vẽ không chính thức, hoặc các bản vẽ nhỏ, khó đọc. Chính những điều này đã gây ra những nhầm lẫn đáng tiếc trong tính toán thiết kế kết cấu công trình.

Nguyên nhân của sai sót này là do sự phối hợp giữa các nhóm thiết kế không chặt chẽ, khâu kiểm bản vẽ không được gây lên nhầm lẫn đáng tiếc xảy ra trong việc tính toán thiết kế kết cấu công trình. Cùng với sai sót đó là thiếu sự quan sát tổng thể của người thiết kế trong việc kiểm soát chất lượng công trình.

3.6.3. Công tác kiểm soát thiết kế (của nội bộ tổ chức thiết kế) không hiệu quả

Sau khi thiết kế, sản phẩm thiết kế thường được người kỹ sư có kinh nghiệm về thiết kế thực hiện soát xét kiểm tra. Nhưng thông thường người kiểm tra cũng chỉ dừng lại ở mức kiểm tra bản vẽ, xem các lỗi ở trên bản vẽ chứ thường không đi chi tiết vào tính toán chi thiết. Nên thường cũng không thể phát hiện ra hết những sai sót trong sản phẩm thiết kế đó.

Người kiểm soát thông thường cũng không lường được hết những sai sót do việc không khớp giữa phần kết cấu bê tông cốt thép với các bộ môn khác như kiến trúc...

3.7. Quản lý và đánh giá chất lượng thiết kế trong giai đoạn sử dụng

Trong quá trình sử dụng, những hư hỏng xảy ra thường do sự thay đổi điều kiện sử dụng, điều kiện môi trường, thiếu duy tu bảo dưỡng thường xuyên... Những hư hỏng trong

quá trình sử dụng liên quan đến khả năng chịu lực phổ biến nhất ở nước ta là các hư hỏng biểu hiện qua các dấu hiệu: lún, nghiêng, nứt. Các hư hỏng này là do cấu kiện chịu quá tải, do lún không đều của công trình, do môi... Người thiết kế có kinh nghiệm cũng cần kiểm soát được các tác động, thay đổi trong giai đoạn sử dụng để có những giải pháp bổ sung trong thiết kế để phòng tránh dẫn những hư hỏng đáng tiếc. Những vấn đề này đang còn mới mẻ đối với đội ngũ những người thiết kế nước ta. Nội dung này liên qua đến triết lý “bảo trì phòng ngừa” được tác giả bài viết này nghiên cứu suốt nhiều năm qua và mong muốn được thảo luận sâu hơn ở một cơ hội khác.

4. Kết luận

Những công trình bê tông cốt thép kém chất lượng có nguyên nhân từ thiết kế thường có nguy cơ rất lớn khi xảy ra các hư hỏng, gây hậu quả nghiêm trọng về người và tài sản. Nếu như không xảy ra sự cố sụp đổ thì những hư hỏng có nguyên nhân từ thiết kế sửa chữa rất khó.

Qua những phân tích trên ta thấy những nguyên nhân gây ra hư hỏng cho công trình sử dụng kết cấu bê tông cốt thép là rất đa dạng và cũng phổ biến. Yêu cầu hoàn thiện công tác quản lý chất lượng thiết kế trước hết đối với kết cấu bê tông cốt thép đang là một đòi hỏi chính đáng của xã hội đối với đội ngũ những kỹ sư xây dựng nước ta. Nhằm chủ động loại bỏ các lỗi xuất hiện ở giai đoạn thiết kế, nâng cao năng lực, sự hiểu biết và đạo đức người làm nghề là phương pháp phòng ngừa hiệu quả mang lại sự phát triển bền vững cho đất nước./.

Tài liệu tham khảo

1. Trần Chung, Nguyễn Quốc Việt (2004), Rủi ro trong thiết kế kết cấu bê tông cốt thép, Tạp chí Xây dựng số 4/2004, Hà Nội ;
2. Trần Chung (2009), Sự cố công trình và bài học, Hội nghị khoa học Toàn quốc về Sự cố công trình xây dựng, Tổng Hội Xây dựng Việt Nam, 2009, Hà Nội ;
3. Trần Chung (2008) : Bảo đảm xây dựng các công trình phải an toàn. Báo cáo khoa học tại Hội nghị th- ờng niên Mạng kiểm định chất l- ượng công trình xây dựng Việt nam lần thứ V, Đắc Lắc 02-2008;
4. Nguyễn Văn Hùng, Trần Chung và CTV (2006), Phân tích, đánh giá sự cố các công trình xây dựng dân dụng và công nghiệp Việt nam. Đề tài cấp Bộ mã số RD 65, Hà nội , 2006.