

KHẢO SÁT ĐÁNH GIÁ HƯ HỎNG CÁC BỘ PHẬN KẾT CẤU NHÀ BÊ TÔNG CỐT THÉP CHỊU TÁC ĐỘNG CỦA LỬA

TS. NGUYỄN CAO DƯƠNG, ThS. HOÀNG ANH GIANG
Viện KHCN Xây dựng

Tóm tắt: Bài này giới thiệu một số nét chung về ảnh hưởng của nhiệt độ cao trong các đám cháy đến các tính chất cơ học và vật lý của các vật liệu thành phần của kết cấu bê tông cốt thép. Dựa trên kinh nghiệm triển khai công việc trong thực tế, những bước cơ bản và những nội dung chính phục vụ công tác khảo sát thu thập số liệu và lập báo cáo đánh giá về mức độ hư hỏng các cấu kiện kết cấu chịu tác động của lửa cũng được đề cập.

1. Giới thiệu

Sự cố cháy (hỏa hoạn) xảy ra trong các công trình nhà có thể ảnh hưởng với các mức độ khác nhau đến kết cấu chịu lực và các bộ phận kiến trúc, ở mức độ nhẹ thì bị ám khói trên các bề mặt, ở mức độ lớn hơn có thể gây ra hư hỏng cục bộ vật liệu bề mặt, còn nặng thì sụp đổ toàn bộ kết cấu. Về mặt kết cấu để có thể đưa quyết định về việc sử dụng lại, cần tiến hành khảo sát và đánh giá hiện trạng hư hỏng của công trình một cách khoa học và có hệ thống.

Mức độ hư hỏng của công trình hay ảnh hưởng của đám cháy đối với nó có thể phụ thuộc vào một vài yếu tố, trong đó có: đặc điểm của tải trọng cháy; loại kết cấu chịu lực; các đặc điểm về hình học và điều kiện thông gió của căn phòng hoặc khu vực bị cháy; thời gian kéo dài của đám cháy; và sự có mặt của các giải pháp phòng cháy, chữa cháy...

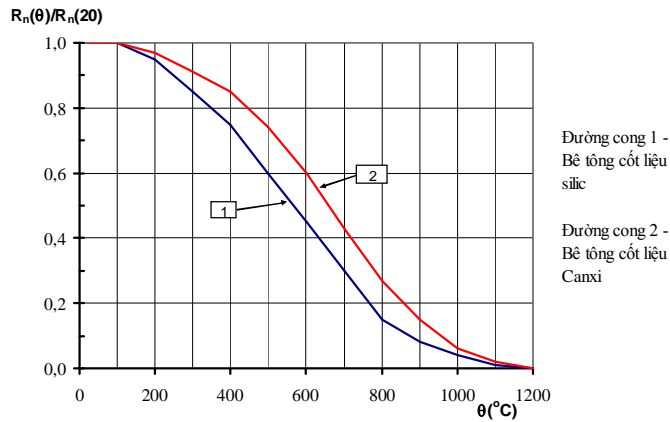
Tùy vào từng điều kiện của mỗi công trình cụ thể, công tác khảo sát sẽ có quy mô và các nội dung công việc khác nhau. Bài viết này đề cập một số vấn đề liên quan đến việc khảo sát và đánh giá hiện trạng hư hỏng của các bộ phận kết cấu công trình nhà bằng bê tông cốt thép sau khi bị cháy. Một số đặc điểm làm việc của kết cấu bê tông cốt thép khi chịu lửa được tổng hợp trong phần đầu bài viết có thể giúp hiểu rõ hơn về ảnh hưởng của lửa đối với các loại vật liệu này cũng như ứng xử của kết cấu dưới tác động của lửa. Những nội dung liên quan đến công tác khảo sát và đánh giá đều được tổng hợp từ các tài liệu kỹ thuật có liên quan cũng như được đúc rút từ kinh nghiệm triển khai công việc trong thực tế.

2. Đặc điểm làm việc của kết cấu bê tông cốt thép khi chịu tác động của lửa

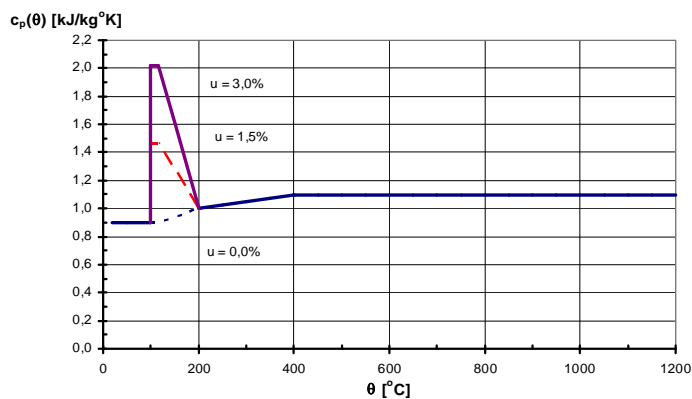
2.1. Bê tông

Bê tông có thể được xếp vào loại vật liệu không cháy. Dưới tác động của nhiệt độ cao từ đám cháy, các tính chất cơ học (cường độ, mô đun đàn hồi,...) và vật lý (hệ số dẫn nhiệt, nhiệt dung riêng,...) của bê tông đều có những biến đổi nhất định.

- Cường độ chịu kéo đặc trưng của bê tông sẽ giảm tuyến khi nhiệt độ lớn hơn 100°C và ở 600°C thì bê tông bị coi như đã mất hết cường độ chịu kéo [1].



Hình 1. Tỷ lệ giữa giá trị cường độ nén đặc trưng ở nhiệt độ θ so với ở nhiệt độ 20°C



Hình 2. Thay đổi về nhiệt dung riêng của bê tông cốt liệu gốc silic theo nhiệt độ

- Cường độ chịu nén của bê tông cũng bị giảm đi dưới tác động của nhiệt độ cao. Hình 1[1] cho thấy, loại cốt liệu bê tông cũng có ảnh hưởng đến mức độ suy giảm về cường độ nén đặc trưng. Cụ thể bê tông cốt liệu gốc silic sẽ chịu tác động nhiều hơn so với bê tông cốt liệu gốc đá vôi. Ở nhiệt độ 400°C cường độ chịu nén của bê tông cốt liệu gốc silic giảm xuống chỉ còn khoảng 75% so với cường độ chịu nén ở điều kiện 20°C , đối với bê tông cốt liệu gốc đá vôi, mức độ suy giảm này xảy ra ở nhiệt độ khoảng 500°C . Một biểu hiện rõ nét bên ngoài của những lớp bê tông bị giảm cường độ do ảnh hưởng của nhiệt độ đó là sự thay đổi về màu sắc [2].

- Mô đun đàn hồi của bê tông được coi là duy trì bằng với giá trị ở nhiệt độ bình thường trong khoảng nhiệt độ nhỏ hơn 150°C , khi nhiệt độ lớn hơn giá trị mô đun đàn hồi giảm tuyến tính và bằng 0 khi nhiệt độ đạt 700°C [3].

- Hệ số giãn nở do nhiệt của bê tông sẽ tăng dần đến một giới hạn không đổi khi nhiệt độ tăng lên. Ở cùng một mức nhiệt độ cao, bê tông cốt liệu gốc silic có xu hướng giãn nở nhiều hơn so với bê tông cốt liệu gốc đá vôi. Nhiệt độ để hệ số giãn nở nhiệt của bê tông cốt liệu silic đạt đến giá trị không đổi là khoảng 700°C , còn đối với bê tông cốt liệu đá vôi là 800°C .

- Nhiệt dung riêng của bê tông nói chung thay đổi phụ thuộc vào độ ẩm của nó. Trong phạm vi dưới 100°C nhiệt dung riêng coi như không thay đổi. Sự thay đổi lớn nhất của nhiệt dung riêng xảy ra trong phạm vi nhiệt độ từ hơn 100°C đến 200°C , trong khoảng nhiệt độ này, bê tông có độ ẩm càng cao thì nhiệt dung riêng cũng càng lớn (hình 2)[1].

- Ngoài ra, hệ số dẫn nhiệt của bê tông giảm dần khi nhiệt độ tăng lên.

- Sự duy trì cường độ chịu nén của bê tông sau khi nhiệt độ giảm về điều kiện bình thường đã được nghiên cứu [4,5,6], các kết quả cho thấy sự phục hồi cường độ chịu nén của bê tông phụ thuộc

vào loại cốt liệu thô, mức nhiệt độ cao nhất đã đạt đến và thời gian duy trì mức nhiệt độ đó. Có thể nhận thấy rằng, với bê tông cốt liệu gốc silic cũng như cốt liệu gốc đá vôi, cường độ chịu nén gần như được duy trì hoàn toàn khi nhiệt độ không vượt quá 200°C. Với mức nhiệt độ 300°C cường độ chịu nén có suy giảm nhẹ, sau 3 tiếng chịu nhiệt, cường độ có thể vẫn đạt 75% so với cường độ ban đầu. Cường độ chịu nén sẽ suy giảm đáng kể khi nhiệt độ duy trì ở mức bằng và lớn hơn 500°C.

Bên cạnh sự thay đổi các tính chất vật liệu, một số hiện tượng thường gặp đối với bê tông có ảnh hưởng lớn đến khả năng làm việc của kết cấu đó là: bong bê tông (spalling) và vôi hóa.

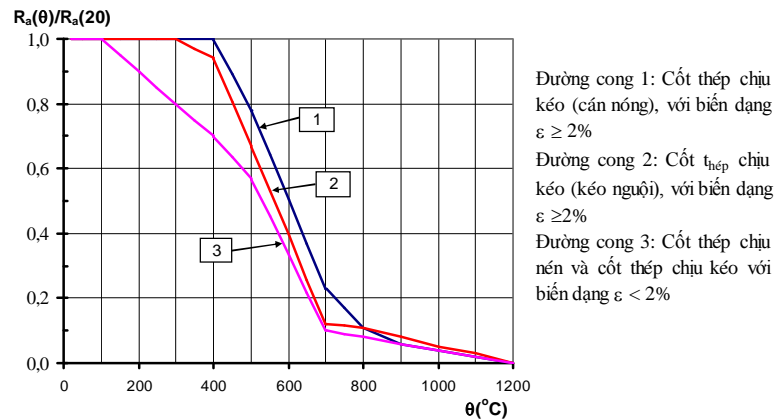
- Bong bê tông là hiện tượng bê tông lớp ngoài tiếp xúc trực tiếp với lửa bị nứt tách hoặc rơi ra khỏi bề mặt ngoài của tiết diện cấu kiện. Trên thế giới cũng đã có nhiều nghiên cứu được tiến hành để tìm hiểu về hiện tượng này [7,8,9]. Có 6 dạng bong bê tông cơ bản là: Bong nổ (Explosive spalling); Bong bề mặt (Surface spalling); Vỡ cốt liệu (Aggregate splitting); Nứt tách góc (Corner separation); Om bê tông (Sloughing off); và Bong sau nguội (Post cooling spalling). Tùy thuộc vào một số yếu tố như vị trí của cấu kiện và mức nội lực trong cấu kiện, loại bê tông, loại cốt liệu,... mà có thể xảy ra hiện tượng bong bê tông nhất định.

Trong điều kiện chịu lửa, bong bê tông (đặc biệt trong trường hợp bong nổ) gây ra sự suy giảm nhanh về kích thước tiết diện và làm cho cốt thép sớm phải chịu tác động của nhiệt độ cao. Điều này có thể dẫn đến sự sập đổ nhanh của kết cấu khi chịu lực và chịu lửa đồng thời. Các kết quả nghiên cứu [10] cho thấy, khi chịu lửa, bê tông cường độ cao thường bị bong nhiều hơn và nhanh hơn so với bê tông cường độ thông thường. Nếu không gây ra sự sập đổ kết cấu trong đám cháy thì bong bê tông cũng để lại hệ quả rõ nét là làm giảm yếu tiết diện, điều này có ảnh hưởng xấu tới khả năng chịu lực còn lại của kết cấu sau khi chịu tác động của đám cháy. Chính vì vậy đây được coi là một trong những yếu tố cơ bản cần được ghi nhận để xem xét, đánh giá mức độ hư hỏng của kết cấu công trình sau khi cháy.

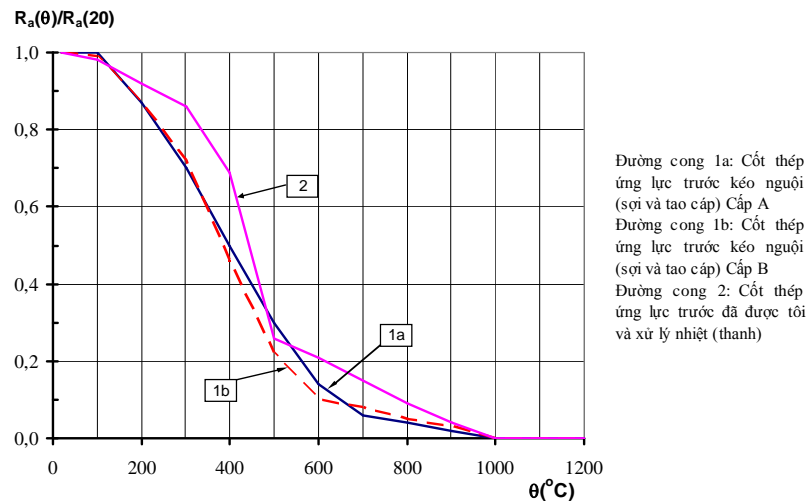
- Hiện tượng vôi hóa (Carbonation) xảy ra đối với bê tông cốt liệu đá vôi khi nhiệt độ của bê tông đạt từ 500°C trở lên. Các hạt cốt liệu lớn bị vôi hóa đồng nghĩa với việc cường độ chịu nén của bê tông bị giảm đi đáng kể và những phần xảy ra hiện tượng vôi hóa sẽ không thể phục hồi lại được cường độ ban đầu. Trong một số tiêu chuẩn về thiết kế chịu lửa cho kết cấu bê tông cốt thép cũng coi giới hạn 500°C là nhiệt độ, mà khi đạt đến đó thì bê tông bị coi là mất hết cường độ và không được kể đến khi tính toán khả năng chịu lực của tiết diện. Bên cạnh đó, phần cốt liệu bị vôi hóa này có thể là một tác nhân làm giảm khả năng bảo vệ chống ăn mòn cốt thép của bê tông sau này.

2.2. Cốt thép

Cũng như bê tông, cốt thép là vật liệu không cháy nhưng các tính chất cơ học cũng như vật lý đều bị thay đổi khi ở điều kiện nhiệt độ cao, thậm chí những thay đổi đó còn diễn ra với tốc độ nhanh hơn và ở mức nhiệt độ thấp hơn tùy theo loại thép và điều kiện làm việc (hình 3) [1]. Cường độ chịu kéo của các loại cốt thép cán nóng hoặc kéo nguội thông thường có thể được duy trì ở mức nhiệt độ đến 400°C, khi vượt qua mức nhiệt độ này cốt thép bị giảm cường độ rất nhanh và đến khoảng 500°C thì cường độ chịu kéo chỉ còn khoảng trên dưới 75% so với ở nhiệt độ thường. Mô đun đàn hồi của cốt thép cũng giảm rất nhanh và bắt đầu giảm ở mức nhiệt độ thấp hơn (khoảng 200°C).



Hình 3. Tỷ lệ giữa giá trị cường độ chịu kéo của một số loại cốt thép ở nhiệt độ cao so với ở nhiệt độ 20°C



Hình 4. Tỷ lệ giữa giá trị cường độ chịu kéo ở nhiệt độ cao so với nhiệt độ 20°C của một số loại cốt thép ứng lực trước

Đối với cốt thép ứng lực trước, hiện tượng giảm cường độ xảy ra ở mức nhiệt độ thấp hơn và tốc độ suy giảm cũng nhanh hơn so với cốt thép thường (hình 4)[1].

Hệ số giãn nở nhiệt của cốt thép cũng tăng dần theo nhiệt độ, tốc độ tăng chậm hơn so với của bê tông và không có giá trị không đổi.

Dưới tác động của nhiệt độ cao trong đám cháy cường độ của cốt thép bị suy giảm tạm thời, kết hợp các yếu tố khác như sự bong bê tông hay đứt các nút nối buộc cố định cốt thép giữa các lớp, các thanh cốt thép có thể bị chùn hoặc oằn cục bộ so với trục thanh ban đầu. Tuy nhiên cốt thép có thể hồi phục gần như hoàn toàn các tính chất cơ học khi nhiệt độ hạ dần xuống đến nhiệt độ bình thường và do vậy có thể tiếp tục sử dụng nếu được nắn chỉnh lại và có biện pháp bảo vệ để phòng ăn mòn.

2.3. Ứng xử kết cấu khi chịu lửa

Sự kết hợp giữa bê tông và cốt thép không chỉ tạo ra cho kết cấu bê tông cốt thép khả năng chịu lực tốt trong điều kiện thường mà ngay cả trong điều kiện chịu lửa dạng kết cấu này cũng có nhiều lợi thế. Ngoài việc bảo vệ cốt thép khỏi các tác nhân ăn mòn trong điều kiện bình thường, nhờ có hệ số dẫn nhiệt thấp, bê tông còn đóng vai trò như lớp bảo vệ cách nhiệt cho cốt thép trong điều kiện chịu lửa.

Trong một công trình, đám cháy có thể xảy ra trên toàn bộ hoặc một phần mặt bằng, nhờ khả năng cách nhiệt tốt nên những vùng kết cấu bên ngoài đám cháy có thể vẫn giữ được nhiệt độ ở mức thấp, tạo ra sự ngăn cản về biến dạng cũng như chuyển vị đối với những khu vực bị cháy nằm

bên trong, đặc biệt đối với các kết cấu nhiều nhịp. Yếu tố này cũng giúp tăng thêm mức độ ổn định cho tổng thể kết cấu.

Một thử nghiệm gần đây[11] được tiến hành trên mô hình kết cấu công trình bằng bê tông cốt thép có kích thước thực với 7 tầng, 3 nhịp, 4 bước cột (khoảng cách 7,5m) có chất tải tĩnh trên toàn diện tích sàn, đã cho thấy dưới tác động của một đám cháy tiêu chuẩn hình thành cục bộ bên trong mặt bằng, hệ kết cấu công trình vẫn có thể đứng vững trong suốt thời gian thử nghiệm 60 phút mặc dù có những hư hỏng nặng của bề mặt dưới sàn do bê tông bị bong và thậm chí nhiều sợi cốt thép chịu lực của sàn đã bị đứt hẳn một đầu (không còn được neo trong bê tông). Khả năng chịu lửa và chịu lực đồng thời bộ phận sàn của kết cấu mô hình được lý giải là nhờ vào hiệu ứng nén tấm mỏng (compressive membrane action) khi các vùng kết cấu xung quanh với nhiệt độ không bị tăng cao đóng vai trò như một hệ thống cản giữ sự giãn nở nhiệt. Thử nghiệm này cũng cho thấy các đầu phía trên của hàng cột biên có xuất hiện chuyển dịch ngang đáng kể và không hồi phục được. Những chuyển dịch không hồi phục của các cấu kiện bê tông cốt thép còn được bộc lộ rõ nét ở các vị trí mà các cấu kiện này gối lên tường hoặc vùng tiếp giáp giữa kết cấu xây với kết cấu bê tông cốt thép, điều này có thể gây nứt hoặc mất ổn định đối với các cấu kiện kết cấu xây.

Như vậy, xét về ứng xử tổng thể của kết cấu bê tông cốt thép khi chịu lửa, có thể thấy yếu tố chuyển vị của các bộ phận cấu kiện là rất quan trọng và cần được tập trung khảo sát kỹ.

3. Các bước triển khai và nội dung khảo sát chính

Theo nghiên cứu và kinh nghiệm [12], việc khảo sát kết cấu công trình bê tông cốt thép cần có thời gian chờ sau khi cháy để các biểu hiện hư hỏng xuất hiện. Việc khảo sát có thể thực hiện lần lượt theo nhiều bước khác nhau tùy theo từng trường hợp cụ thể. Từ những đặc điểm của vật liệu cũng như sự làm việc của kết cấu dưới điều kiện tác động của nhiệt độ cao như trình bày ở trên, có thể đưa ra các nội dung công việc khảo sát phù hợp trong từng bước nhằm thu thập đủ số liệu phục vụ cho việc đánh giá hiện trạng hư hỏng [13]. Có thể tóm lược những bước triển khai cơ bản như sau:

- Khảo sát sơ bộ hiện trường và thu thập thông tin ban đầu. Những thông tin ban đầu sẽ giúp lập ra một đề cương khảo sát chi tiết hơn cho bước tiếp theo.

- Khảo sát thu thập số liệu chi tiết áp dụng các phương pháp như:

- + Ghi chép trực quan các biểu hiện hư hỏng cũng như những biểu hiện bên ngoài của bề mặt cấu kiện;

- + Kiểm tra kích thước hình học tổng thể công trình bằng trắc đạc;

- + Kiểm tra không phá hủy để đánh giá ảnh hưởng của nhiệt độ cao đến bê tông;

- + Thu thập mẫu vật liệu trên hiện trường để kiểm tra về các đặc trưng cơ, lý, hóa;

- + Thực hiện thí nghiệm trong phòng có liên quan.

- Phân tích các tác động nhiệt học lên cấu kiện kết cấu để dự đoán mức nhiệt độ tối đa mà kết cấu đã phải trải qua. Công tác này được trình bày chi tiết hơn trong mục 5 dưới đây.

- Tổng hợp số liệu và lập báo cáo đánh giá. Giai đoạn này bên cạnh việc tập hợp được đầy đủ thông tin, số liệu phục vụ phân tích đánh giá, người phân tích số liệu cần phải có những kiến thức nhất định không chỉ về mặt kết cấu công trình mà còn cả về ứng xử lửa của vật liệu cũng như sự làm việc của kết cấu trong điều kiện chịu lửa. Các kiến thức và khả năng phân tích về truyền nhiệt trong tiết diện cấu kiện kết cấu cũng sẽ giúp người phân tích có được cái nhìn chi tiết hơn, dự đoán chính xác hơn về mức độ hư hỏng đã xảy ra đối với kết cấu.

4. Các chỉ tiêu cơ bản và tiêu chí đánh giá

Các số liệu khảo sát nên được xử lý và tổng hợp một cách định lượng để căn cứ vào đó xếp hạng về mức độ hư hỏng của các cấu kiện, vùng cấu kiện. Một số chỉ tiêu như cường độ vật liệu, hàm lượng của các tác nhân ăn mòn cốt thép trong bê tông hay mức độ chuyển dịch các bộ phận kết cấu có thể được đánh giá dựa vào các định mức quy định trong tiêu chuẩn kỹ thuật chuyên ngành như [14,15,16]. Một số biểu hiện hư hỏng bề mặt và hư hỏng kết cấu (bong bê tông, lộ cốt thép, màu sắc

bê tông,...) có thể được xếp hạng dựa vào giá trị định lượng hoặc định tính như hướng dẫn trong các tài liệu [17,18]. Ví dụ về cách phân hạng hư hỏng được đưa ra trong [19].

Song song với việc tổng hợp và phân hạng những khuyết tật bề mặt thì vị trí cụ thể của các khuyết tật này trên từng cấu kiện cũng cần được ghi nhận một cách tương đối chính xác. Điều này giúp cho việc đánh giá khả năng chịu lực còn lại của các cấu kiện được sát với thực tế hơn.

Căn cứ vào tình trạng hư hỏng về tính chất vật liệu và mức độ suy giảm của tiết diện, có thể tính toán khả năng chịu lực còn lại của các cấu kiện kết cấu bằng cách sử dụng các phương pháp tính toán tiết diện như trong điều kiện nhiệt độ thường. Các cấu kiện chịu lực cũng có thể được phân hạng hư hỏng căn cứ vào kết quả dự đoán khả năng chịu lực còn lại để từ đó đưa ra các giải pháp về sửa chữa, gia cường tương ứng.

5. Phân tích về nhiệt

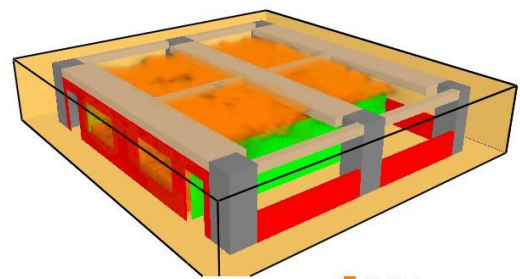
Để có được cơ sở chắc chắn về mức nhiệt độ mà các bộ phận kết cấu công trình đã phải trải qua trong đám cháy, có thể áp dụng một trong số các phần mềm mô phỏng cháy và phân tích truyền nhiệt được nêu trong [19].

Trong số các phần mềm được khảo sát ở [19] có một số phần mềm thuộc dạng mô phỏng đám cháy được sử dụng để tái tạo lại diễn biến của đám cháy dựa vào các thông số về hình học của khoang cháy, tải trọng cháy và các điều kiện thông gió cũng như trang thiết bị phòng cháy chữa cháy khác. Kết quả đầu ra của các phần mềm này có thể bao gồm nhiều dạng mô phỏng khác nhau nhưng quan trọng nhất đó là sự gia tăng nhiệt độ của lớp khí sát bề mặt của cấu kiện cần xem xét đánh giá. Với kết quả này, cần tiến hành một bước tiếp theo đó là sử dụng các phần mềm phân tích truyền nhiệt trong môi trường chất rắn. Đó có thể là phân tích truyền nhiệt 1 phương hoặc phân tích truyền nhiệt 2 hoặc 3 phương. Qua việc phân tích truyền nhiệt trong bản thân cấu kiện cho phép xây dựng lên sự phân bố của các đường đẳng nhiệt trên tiết diện ngang tại các thời điểm khác nhau hoặc sự phát triển của nhiệt độ ở một chiều sâu nhất định tính từ bề mặt ngoài trong suốt thời gian chịu tác động của lửa. Hay nói một cách khác là có thể xác định được môi trường nhiệt độ mà mỗi cấu kiện kết cấu đã phải trải qua trong đám cháy.



(a)

Smokeyview 5.4.6 - Oct 22 2009



(b)

Hình 5. Hình ảnh thực tế của phần công trình bị cháy được khảo sát (a) và kết quả mô phỏng khu vực đó bằng FDS (b)

Một số phần mềm mô phỏng do Viện Quốc gia về Tiêu chuẩn và Công nghệ Hoa Kỳ (NIST) phát triển như CFAST[20], FDS[21] và SMOKEVIEW, được cung cấp hoàn toàn miễn phí. Những phần mềm này thường xuyên được nâng cấp và đều được xây dựng dựa trên những cơ sở lý thuyết vững chắc và được kiểm chứng bởi các số liệu thử nghiệm thực tế. Hiện những phần mềm này cũng đang

được khai thác ứng dụng tại Phòng Nghiên cứu Phòng chống cháy – Viện KHCN Xây dựng. Ví dụ về kết quả tính toán mô phỏng sự cố cháy ở một công trình cụ thể được thể hiện trong hình 5.

6. Báo cáo đánh giá

Ngoài những thông tin liên quan đến kết cấu công trình và sự cố cháy, báo cáo tổng hợp và đánh giá hiện trạng hư hỏng cần cung cấp được một số vấn đề cơ bản sau:

- Sự phân bố của các biểu hiện hư hỏng bề mặt cũng như kết cấu trên mặt bằng tổng thể công trình;
- Chi tiết về kích thước và vị trí của các biểu hiện hư hỏng trên từng cấu kiện hoặc bộ phận công trình;
- Tổng hợp về định lượng của các biểu hiện hư hỏng đó đối với từng cấu kiện có thể kèm theo sự phân hạng tương ứng của các cấu kiện về mức độ hư hỏng;
- Tổng hợp về khả năng chịu lực còn lại của các cấu kiện chịu lực, bên cạnh đó nên thể hiện lại hình ảnh tổng thể về phân bố các cấu kiện hư hỏng theo từng mức khác nhau, trên mặt bằng công trình;
- Khuyến cáo về khả năng sử dụng lại của các cấu kiện hay bộ phận công trình, đồng thời đề cập những hướng chung về các giải pháp sửa chữa gia cường.

7. Kết luận

Đánh giá hiện trạng hư hỏng do sự cố cháy gây ra đối với kết cấu công trình nhà nói chung và công trình nhà bằng bê tông cốt thép nói riêng là một quá trình tổng hợp của nhiều kỹ thuật khảo sát, nhiều dạng thí nghiệm khác nhau. Cần phải tiến hành ghi nhận số liệu và thông tin càng chi tiết càng tốt về công trình và về sự cố cháy. Các số liệu khảo sát phải được xử lý và trình bày sao cho có thể định lượng được những hư hỏng của cấu kiện hoặc bộ phận công trình. Bên cạnh các số liệu khảo sát tốt thì để có được đánh giá sát thực về tình trạng hư hỏng của kết cấu công trình nên có thêm các phần mềm hỗ trợ cho việc phân tích sự phát triển của đám cháy và sự truyền nhiệt trong các bộ phận kết cấu công trình. Ngoài ra, người phân tích số liệu khảo sát để đưa ra đánh giá về hư hỏng cũng cần có những kiến thức chung về một số lĩnh vực như: kết cấu công trình, thí nghiệm kiểm tra không phá hủy, đặc điểm của vật liệu và ứng xử của kết cấu khi làm việc trong điều kiện chịu lửa.

Nội dung bài viết đã phần nào giới thiệu một cách ngắn gọn và chung nhất về những vấn đề liên quan đến công tác khảo sát đánh giá hư hỏng của kết cấu nhà bê tông cốt thép sau hỏa hoạn. Trong thời gian vừa qua, áp dụng những kiến thức đã nêu ở trên, công tác khảo sát, đánh giá đã được triển khai thành công trên một số công trình gặp sự cố cháy. Các dạng công trình đã được khảo sát, đánh giá gồm nhà sản xuất, nhà văn phòng, nhà chung cư hoặc nhà công cộng có tập trung đông người (hội trường). Trong triển khai công việc khảo sát thực tế, nhóm tác giả cũng đã đề xuất ra phương án đánh giá và phân hạng hư hỏng các bộ phận kết cấu công trình sau khi chịu tác động của lửa [22,23].

Các phương pháp kiểm tra và thí nghiệm, đặc biệt là phục vụ việc dự đoán chiều sâu lớp bê tông bị ảnh hưởng xấu bởi nhiệt độ cao vẫn cần được nghiên cứu và phát triển thêm để có thể áp dụng thuận tiện và rộng rãi trên toàn mặt bằng khu vực chịu tác động của lửa đồng thời đưa ra được kết quả với độ chính xác cao hơn.

Bên cạnh đó, cũng cần có nghiên cứu sâu hơn nữa và đưa ra hướng dẫn hoặc định mức chung, phù hợp với các yêu cầu cụ thể của Việt Nam, về phân hạng hư hỏng các cấu kiện kết cấu sau khi chịu tác động của lửa dựa vào những tiêu chí và biểu hiện hư hỏng bề mặt cũng như kết cấu.

Tài liệu tham khảo

1. BS EN 1992-1-2 : 2004 Design of concrete structures. Part 1-2 General rules – Structural fire design.

2. Bruce A. Suprenant. Evaluating Fire-damaged concrete. *Publication # 970020, Aberdeen Group, 1996.*
3. A. H. Buchanan. Structural Design for Fire Safety. *John Wiley & Sons, 421 trang, 2001.*
4. Leslie Smith and Francis Placido. Thermoluminescence: A comparison with the residual strength of various concrete. SP 80-12, Fire safety of concrete structures, *ACI Publication SP-80, trang 293-304, 1983.*
5. K. D. Hertz. Residual properties of concrete heated rapidly. SP 92-8. Evaluation and Repair fire damage to concrete. *ACI Publication SP-92, trang 143-152, 1986.*
6. T. T. Lie, T. J. Rowe và T. D. Lin. Residual strength of fire-exposed reinforced concrete columns. SP 92-9. Evaluation and Repair fire damage to concrete. *ACI Publication SP-92, trang 153-174, 1986.*
7. W. J. Copier. The spalling of normal weight and lightweight concrete exposed to fire, SP 80-7, Fire safety of concrete structures, *ACI Publication SP-80, trang 219 – 236, 1983.*
8. Phan Thanh Long. Fire performance of highstrength concrete: a report of the state - of - the - art. NISTIR 5934. *Nation Institute of Standard and Technology, 1996.*
9. Arupt Fire. Fire resistance of concrete enclosures. *Report of workpackage 1 and 2, 30 trang, October 2005.*
10. Robert Jansson. Thermal stress cause spalling. *Branpostend No 33, 2006, trang 24, 25.*
11. Colin Bailey. Holistic behaviour of Concrete in fire. Proceeding of the Institution of Civil Engineers, *Structures and Building 152, August 2002, Issue 3, trang 199 – 212.*
12. Paul Beckmann. Structural aspects of building conservation. *McGraw-Hill Book Company. 286 trang, 1994.*
13. Paolo Cioni, Pietro Croce, Walter Salvatore. Assessing fire damage to reinforced concrete elements. *Fire safety Journal 36, trang 181-199, 2001.*
14. TCXDVN 318:2005 Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép. Hướng dẫn công tác bảo trì.
15. TCXDVN 373:2006. Chỉ dẫn đánh giá mức độ hư hỏng của kết cấu nhà.
16. ACI 318M-08 Building Code requirements for structural concrete and commentary.
17. A. K. Tovey. Assessment and repaire of fire – damaged concrete structures – an uptodate. SP 92-4. Evaluation and Repair fire damage to concrete. *ACI Publication SP-92, trang 47-62, 1986.*
18. Assessing condition and repair alternatives of fire – exposed concrete and masonry members. Fire protection planing report. National code and standard council of the concrete and masonry industry. *August 1984, 15 trang.*
19. Friedman, Raymond. An International Survey of Computer Models for Fire and Smoke. *SFPE Journal of Fire Protection Engineering, 4 (3), 1992, p. 81-92.*
20. Walter W. Jones, Richard D. Peacock, Glenn P. Forney, Paul A. Reneke. NIST Special Publication 1026. CFAST – Consolidated Model of Fire Growth and Smoke Transport (Version 6) Technical Reference Guide, *126 trang, 2005.*
21. Kevin McGrattan, Simo Hostikka, Jason Floyd, Howard Baum, Ronald Rehm, William Mell, Randall McDermott. NIST Special Publication 1018-5. *Fire Dynamics Simulator (Version 5) Technical Reference Guide, 94 trang, 2007.*
22. HOÀNG ANH GIANG và ctv. Báo cáo số 006.09.KS.NCPCC. Báo cáo kết quả khảo sát, đánh giá hiện trạng kết cấu công trình sau hỏa hoạn, *150 trang, 2009.*
23. HOÀNG ANH GIANG và cộng tác viên. Báo cáo số 012.09.KS.NCPCC. Báo cáo kết quả khảo sát, đánh giá hiện trạng kết cấu công trình sau hỏa hoạn, *19 Trang, 2009.*