



QUY TRÌNH THI CÔNG LẮP GHÉP CẤU KIỆN BÊ TÔNG NHẹ CHỐNG CHÁY CHO CỘT THÉP CHỮ H VÀ DẦM THÉP CHỮ I

Chu Thị Hải Ninh^{1*}, Nguyễn Đình Thám², Vũ Minh Đức³

Tóm tắt: Trong bài báo này, quy trình thi công lắp ghép cấu kiện bê tông nhẹ chống cháy (BNCC) cho cột thép chữ H và dầm thép chữ I đã được đề xuất, trong đó cấu kiện BNCC gồm các tấm và khối viên xây được sử dụng để bọc chống cháy cho các cấu kiện chịu lực cho công trình. BNCC được chế tạo từ xi măng pooc lăng hỗn hợp và phế thải tro bay nhiệt điện có các ưu điểm sau: khối lượng thể tích nhỏ ($\leq 800\text{kg/m}^3$), độ dẫn nhiệt thấp, khả năng làm việc ở nhiệt độ cao đến 1000°C . Việc sử dụng vật liệu BNCC có thể đem lại hiệu quả kinh tế và khả năng chống cháy cho công trình xây dựng dân dụng và công nghiệp.

Từ khóa: Bê tông nhẹ chống cháy; quy trình thi công lắp ghép.

The process of fabricated construction for insulated-fireproof lightweight concrete (BNCC) components for H steel column and I steel beam

Abstract: In this paper, a process of fabricated construction for insulated-fireproof lightweight concrete (BNCC) components for H column and I beam in steel structures was proposed, in which BNCC components include sheets and blocks used as fireproof covers for structural members of buildings. BNCC is produced from the mixed portland cement and waste additive of fly ash with the following advantages: small volume density ($\leq 800\text{kg/m}^3$), low thermal conductivity and working capability at high temperatures up to 1000°C . The use of BNCC as a fireproof material can provide an economic and effective fire-resistant solution for civil and industrial buildings.

Keywords: Insulated-fireproof lightweight concrete; process of fabricated construction.

Nhận ngày 5/12/2017; sửa xong 21/12/2017; chấp nhận đăng 28/02/2018

Received: December 5th, 2017; revised: December 21th, 2017; accepted: February 28th, 2018



1. Giới thiệu

Ở Việt Nam, kết cấu thép (KCT) được sử dụng khá phổ biến cho các công trình nhà công nghiệp để vượt nhịp lớn và có xu hướng sử dụng ngày càng tăng cho các công trình nhà dân dụng; tuy nhiên vấn đề bảo vệ chống cháy (CC) cho các công trình này vẫn chưa được quan tâm đầy đủ vì chi phí khá cao. KCT có nhiều ưu điểm nhưng lại có một nhược điểm lớn là khả năng chịu lửa kém. Ở 150°C , cường độ và môđun đàn hồi của thép giảm đáng kể và rất khó xác định được khả năng chịu lực. Tới $500 - 600^\circ\text{C}$, thép chuyển sang trạng thái dẻo, dẫn đến KCT mất khả năng chịu lực và bị sụp đổ nhanh chóng [1]. Khi không được bọc CC, chỉ sau khoảng 15 phút chịu cháy, nhiệt độ trong KCT lên đến 550°C [2]. Do vậy, KCT cần được bọc CC nhằm tăng thời gian CC, đồng thời tăng thời gian an toàn thoát hiểm cho con người, đảm bảo di chuyển tài sản và dập tắt đám cháy khi xảy ra cháy. Theo quy chuẩn [3], dựa vào niên hạn sử dụng công trình, dạng nhà, chức năng, diện tích và chiều cao chia công trình thành 5 bậc chịu lửa là I, II, III, IV và V. Công trình có bậc chịu lửa càng nhỏ thì giới hạn chịu lửa yêu cầu (GHCLYC) của cấu kiện xây dựng càng cao, tức là bậc I có yêu cầu cao nhất với GHCLYC của cấu kiện chịu lực là R150, của tường ngăn cháy là REI150; trong đó kí hiệu R là khả năng chịu lực, E là tính toàn vẹn và I là khả năng cách nhiệt. Ví dụ REI150 có nghĩa là cấu kiện cần duy trì được đồng thời cả 3 yêu cầu về khả năng chịu lực, tính toàn vẹn và cách nhiệt trong khoảng thời gian chịu tác động của lửa tối đa là 150 phút theo chế độ nhiệt tiêu chuẩn. Phương pháp thử

¹ ThS, Khoa Doanh trại, Học viện Hậu cần.

² PGS.TS, Khoa Xây dựng DD & CN, Trường Đại học Xây dựng.

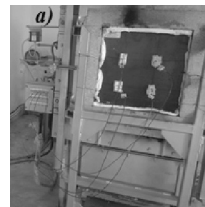
³ PGS.TS, Khoa Vật liệu Xây dựng, Trường Đại học Xây dựng

* Tác giả chính. E-mail: chuthihaininh@gmail.com.

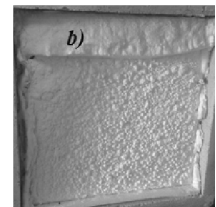
giới hạn chịu lửa (GHCL) cho mẫu vật liệu bọc bảo vệ CC cho KCT thực hiện theo các tiêu chuẩn [4-7] với kích thước mẫu thử là 480×480 mm (Hình 1): mẫu được cố định vào miệng lò thử nghiệm CC, một mặt mẫu được đốt nóng theo chế độ nhiệt tiêu chuẩn và mặt còn lại không đốt nóng được đặt các đầu đo nhiệt. Mẫu thử bị coi là mất khả năng chịu lửa khi nhiệt độ ở bề mặt không đốt nóng gia tăng trung bình tại các điểm đo lớn hơn 538°C hoặc nhiệt độ gia tăng tại bất kỳ một điểm đo nào lớn hơn 649°C .

Hiện nay, để bọc CC cho KCT thường dùng các giải pháp sau: Sơn CC; Phun vữa CC; Bọc bằng các tấm thạch cao CC. Mỗi giải pháp đều có ưu nhược điểm riêng. Tuy nhiên, các loại vật liệu CC sử dụng trong các giải pháp đó đều được sản xuất, chế tạo từ các nguyên vật liệu và nguồn tài nguyên quý nên sẽ dần cạn kiệt khi khai thác.

Các nghiên cứu [8-11] đã trình bày các kết quả về việc chế tạo vật liệu và cấu kiện BNCC; đó là loại bê tông khí không chưng áp, chế tạo từ nguồn phế thải tro bay nhiệt điện, có khả năng làm việc ở nhiệt độ cao đến 1000°C và khả năng CC cao.



a) Mặt ngoài mẫu đang thử cháy



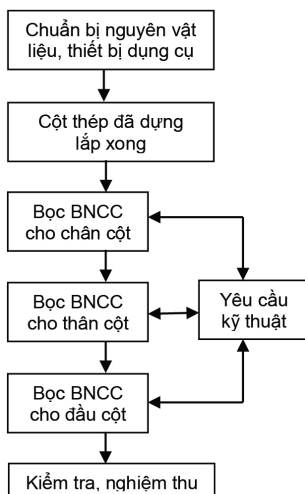
b) Mặt trong mẫu khi dừng thử cháy

Hình 1. Mẫu thử sơn CC cho thép

Tấm BNCC dày 5cm có GHCL là EI140 (tại phút thứ 140, nhiệt độ mặt không đốt nóng của tấm trung bình đạt $143,3^{\circ}\text{C}$). Tấm 7cm có GHCL là trên EI190 (tại phút thứ 190, nhiệt độ mặt không đốt nóng của tấm trung bình đạt $77,25^{\circ}\text{C}$). Tường xây từ khối BNCC dày 10cm có GHCL là EI220 (tại phút thứ 220, nhiệt độ mặt không đốt nóng của tường trung bình đạt $153,1^{\circ}\text{C}$).

Trong bài báo này, quy trình thi công lắp ghép cấu kiện BNCC bảo vệ CC cho cột thép chữ H và dầm thép chữ I đã được đề xuất. Các cấu kiện BNCC được chế tạo trước trong nhà máy hoặc tại công trường gồm các tấm và khối viên xây. Mục tiêu hướng tới là sau đám cháy, hệ kết cấu chịu lực của công trình vẫn được bảo toàn về khả năng chịu lực và nếu có hư hỏng chỉ xảy ra ở lớp BNCC bọc CC, do vậy sẽ đơn giản và ít tốn kém khi chỉ thi công thay thế mới lớp BNCC.

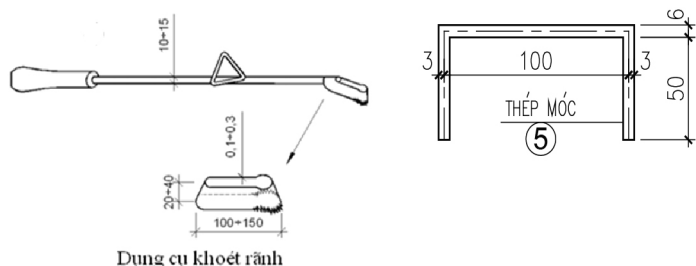
2. Quy trình thi công lắp ghép tấm BNCC bảo vệ chống cháy cho cột thép chữ H (Hình 2)



Hình 2. Trình tự thi công lắp ghép tấm BNCC bảo vệ CC cho cột thép chữ H

2.1 Chuẩn bị nguyên vật liệu, thiết bị dụng cụ

Ngoài các nguyên vật liệu, thiết bị dụng cụ thi công lắp dựng cột thép chữ H như thông thường, chuẩn bị thêm các tấm BNCC kích thước phù hợp, khối viên xây BNCC, thép móc chịu nhiệt $\phi 6$, dụng cụ khoét rãnh thủ công (Hình 3) và các nguyên vật liệu chế tạo vữa chịu nhiệt, các nguyên vật liệu để đổ BNCC tại chỗ.



Dụng cụ khoét rãnh

Hình 3. Thép móc chịu nhiệt $\phi 6$ và dụng cụ khoét rãnh thủ công

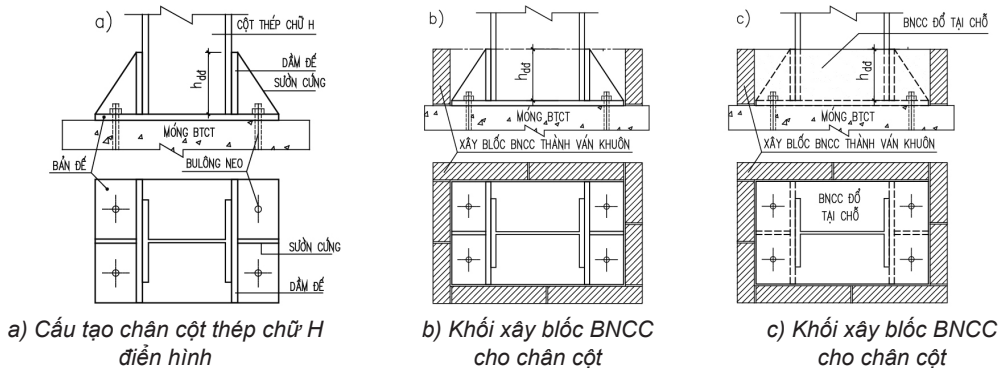
2.2 Trình tự thi công

Tiến hành sau khi cột thép đã dựng lắp xong trên công trường. Sau đây là trình tự thi công BNCC bọc CC cho cột thép chữ H trong phạm vi tầng 1. Các tầng trên thi công tương tự.

2.2.1 Bọc BNCC cho chân cột

Chân cột thép điển hình có cấu tạo như Hình 4a, chọn phương pháp thi công BNCC bảo vệ CC cho chân cột là lắp ghép kết hợp đổ BNCC tại chỗ, cụ thể như sau: Bước 1, xây khối BNCC bao quanh chu vi

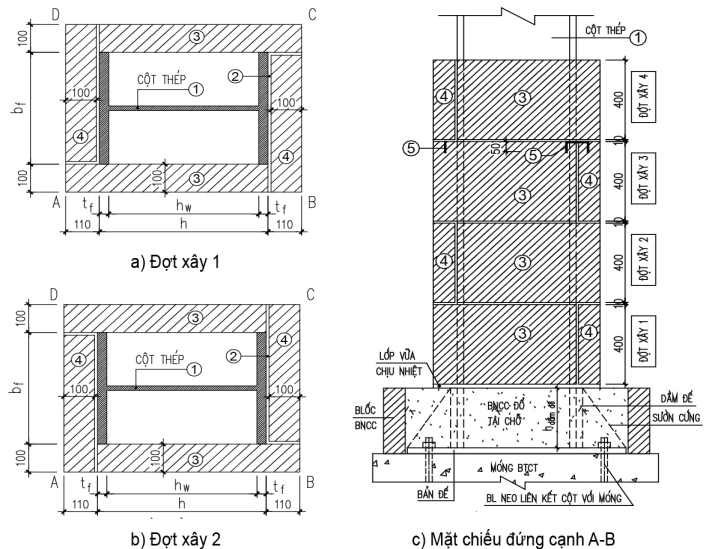
chân cột, xây với chiều cao tối thiểu bằng chiều cao chân cột, bằng vữa chịu nhiệt, mạch vữa dày 10mm (Hình 4b). Bước 2, sau khi xây khối BNCC ≥ 24 giờ, thi công đổ BNCC tại chỗ cho phần trong khối xây để bảo vệ CC các chi tiết liên kết của phần chân cột (Hình 4c). Nên tính toán khối lượng mẻ trộn sao cho sau khi bê tông nở phồng đạt chiều cao thiết kế để không cần cắt mặt bê tông nở thừa. Bề mặt bê tông sẽ có dạng cong hơi phồng ở giữa nên ở 4 góc khuôn, bê tông sẽ có cao độ mặt trên thấp hơn vùng giữa khuôn trong phạm vi khoảng 5÷10 mm, điều này không ảnh hưởng gì đến chiều dày lớp BNCC cần thiết để bảo vệ CC các chi tiết liên kết của chân cột. Bước 3, bảo dưỡng bê tông vữa đổ trong 7 ngày.



Hình 4. Thi công BNCC cho chân cột thép chữ H

2.2.2 Xây khối BNCC bọc cho thân cột

Trong phạm vi 1 tầng nhà, thân cột thép thường có tiết diện không đổi, giải pháp xây khối BNCC bọc cho thân cột là đơn giản nhất (Hình 5 và 6). Bảo dưỡng xong phần BNCC đổ tại chỗ cho phần chân cột, tiến hành xây khối BNCC cho phần thân cột bằng vữa chịu nhiệt, với một số lưu ý: Xây xong đợt dưới chuyển đến xây đợt trên (một vòng xây quanh chu vi cột gọi là 1 đợt xây, một đợt xây có chiều cao tốt nhất trong phạm vi 410 mm); Rải 10÷20 mm vữa chịu nhiệt làm phẳng bề mặt khối BNCC vùng chân cột. Đợt xây 1 (Hình 5a) là đợt đầu tiên, khối xây liên kết với phần chân cột bằng lớp vữa chịu nhiệt vừa rải. Đợt xây gồm các viên số 3 và 4 bố trí so le để khe vữa không xuyên suốt khối xây.



Hình 5. Xây khối BNCC bảo vệ CC cho thân cột

1. Cột thép; 2. Vữa chịu nhiệt; 3, 4. Khối BNCC số 3, 4;
5. Móc thép chịu nhiệt

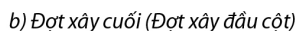
Đợt xây 2 (Hình 5b), tương tự đợt xây 1, chỉ khác ở vị trí tương đối của các viên khối BNCC số 3 và 4 so với đợt 1. Đợt xây 3 (Hình 6): xây các viên khối xây BNCC số 3 và 4 có vị trí tương tự như đợt 1. Để tăng cường liên kết giữa 2 phương của khối xây với nhau, cứ 3 đợt xây tiến hành giăng mặt khối xây bằng các móc thép chịu nhiệt, như sau: tại mặt trên của đợt xây 3, xác định các vị trí cài móc thép chịu nhiệt, đánh dấu các vị trí lỗ khoan để cài chân của móc thép, sau đó khoan lỗ và tạo rãnh với vị trí và kích thước như trên Hình a, Chi tiết A, Mặt cắt 1-1, Mặt cắt 2-2 trong Hình 6. Làm sạch lỗ khoan và rãnh khoan. Cài các móc thép chịu nhiệt vào lỗ khoan và rãnh khoan như trên Hình b, Chi tiết B, Mặt cắt 3-3, Mặt cắt 4-4 trong Hình 6, hoàn thành đợt xây 3. Các đợt xây tiếp theo: Làm theo nguyên tắc xây như 3 đợt đầu, thực hiện cho hết chiều dài thân cột (Hình 5c).

2.2.3 Xây khối BNCC bọc cho đầu cột

Đầu cột thường là vị trí liên kết với dầm theo 2 phương (xem Hình 7a), là liên kết điển hình giữa cột thép chữ H với dầm thép chữ I, dùng để minh họa.



1. Cột thép; 2. Vữa chịu nhiệt; 3, 4. Bloc BNCC số 3, 4; 5. Móc thép chịu nhiệt $\phi 6$; 6. Rãnh chứa móc thép; 7. Lỗ khoan $\phi 8$.



c) Mặt chiếu đứng cạnh A-B

1. **Cột thép**; 2. **Vữa chịu nhiệt**; 3, 4', 4'': **Biển BNCC**; 8 và 9. **Tấm sườn đỡ và Bùn gổ đỡ**
(là chi tiết liên kết dầm thép với cột thép).

TẠP CHÍ KHOA HỌC CÔNG NGHỆ

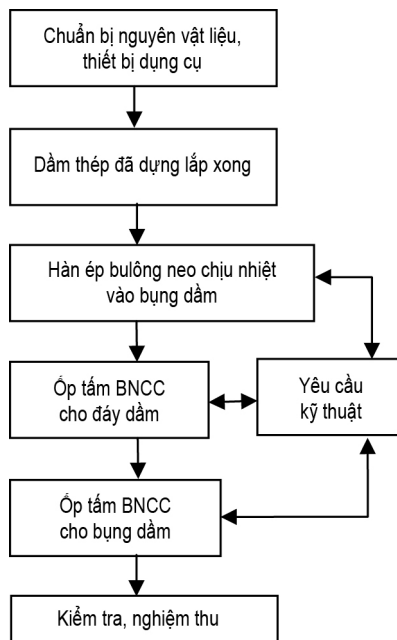
2.3 Yêu cầu kỹ thuật

Khi tính toán thiết kế phải kể đến các tải trọng liên quan do lớp BNCC gây ra; Cần tính toán và xác định hợp lý vị trí các cấu kiện BNCC sao cho số lượng cốt là nhỏ nhất; Quá trình thi công tránh làm nứt vỡ cấu kiện BNCC; Đảm bảo các yêu cầu kỹ thuật khác liên quan đến vữa xây chịu nhiệt, blocks BNCC và thi công đổ BNCC tại chỗ.

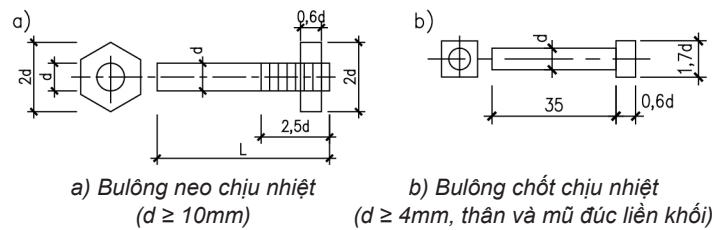
2.4 Kiểm tra và nghiệm thu

Công tác kiểm tra chất lượng xây, đổ tại chỗ, ốp BNCC tiến hành theo trình tự thi công; Công tác nghiệm thu liên quan đến thi công BNCC được tiến hành tại hiện trường, hồ sơ nghiệm thu đề xuất theo tiêu chuẩn [12].

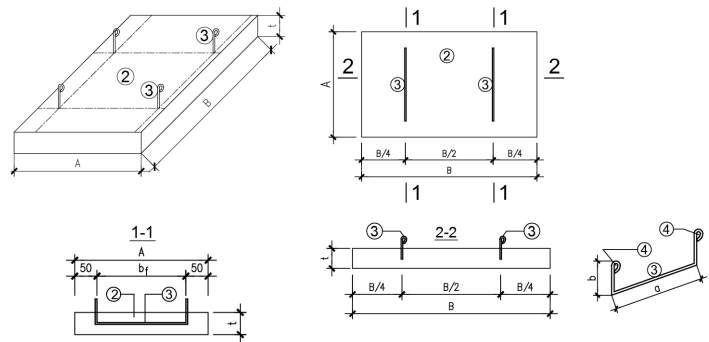
3. Quy trình thi công lắp ghép tấm BNCC bảo vệ chống cháy cho dầm thép chữ I (Hình 8)



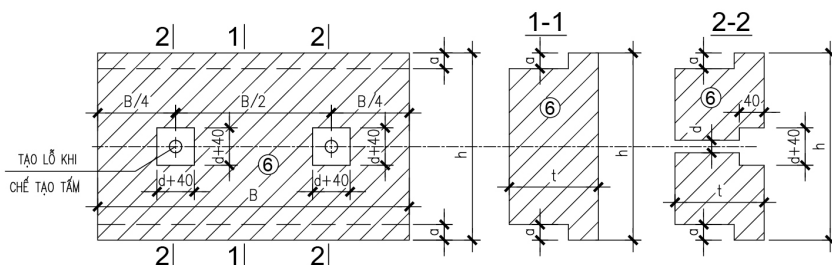
Hình 8. Trình tự thi công lắp ghép tấm BNCC bảo vệ CC cho dầm thép chữ I



Hình 9. Cấu tạo bulông chịu nhiệt



Hình 10. Cấu tạo tấm BNCC ốp đáy dầm
2. Tấm BNCC; 3. Móc treo bằng thép chịu nhiệt $\phi 4$;
4. Lỗ để cài bu lông chốt.



Hình 11. Cấu tạo tấm BNCC ốp bụng dầm
(ghi chú: đường kính lỗ d lấy = đường kính thân bulông neo chịu nhiệt + $2 \div 3\text{mm}$)

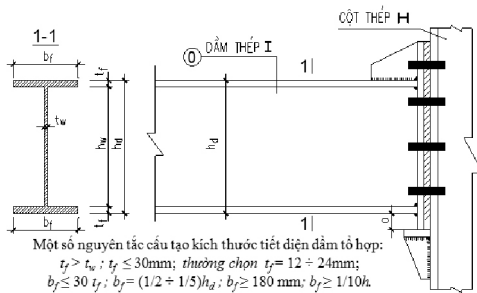
3.1 Chuẩn bị nguyên vật liệu, thiết bị dụng cụ

Chuẩn bị bu lông chốt chịu nhiệt và bu lông neo chịu nhiệt như Hình 9; Các tấm BNCC được đúc sẵn trong nhà máy gồm: tấm số 2 ốp đáy dầm như Hình 10 và tấm số 6 ốp bụng dầm như Hình 11. Kích thước chính xác của các tấm ốp BNCC phụ thuộc vào kích thước dầm thép cần bảo vệ chống cháy; Dụng cụ khoét rãnh thủ công và máy hàn; Các nguyên vật liệu để chế tạo vữa chịu nhiệt.

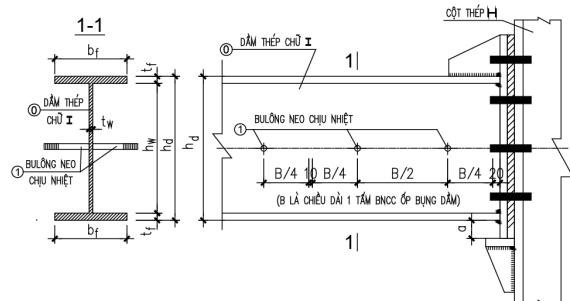
3.2 Trình tự thi công

Hình 12 là cấu tạo dầm thép chữ I điển hình dùng để minh họa. Tấm BNCC được sản xuất trong nhà máy, mang đến công trường, số lượng tấm đã được tính toán trước. Các nguyên vật liệu khác được tính toán về số lượng và tập kết sẵn sàng.

- Đánh dấu vị trí cần hàn của các bulông neo chịu nhiệt số 1 dọc theo 2 bên bụng dầm rồi hàn lần lượt từng bulông cho đến hết dọc theo 2 bên bụng dầm theo phương pháp hàn ép [13], xem Hình 13.



Hình 12. Cấu tạo dầm thép I điển hình



Hình 13. Hàn bulông neo chịu nhiệt vào bụng dầm

- Tiến hành ốp các tấm BNCC cho đáy dầm (bản cánh dưới) trước, như sau: Nâng tấm BNCC (số 2) dùng ốp đáy dầm vào vị trí, dùng bulông chốt (số 5) luồn qua lỗ (số 4) của móc treo (số 3) để cài bulông chốt vào mặt trên của cánh dưới dầm, mỗi tấm BNCC được treo bằng 4 bulông chốt, xem Hình 14.

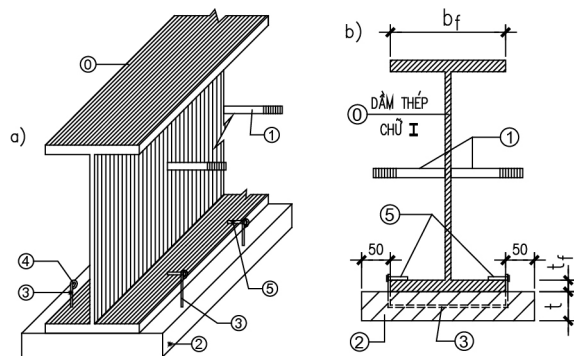
- Tiếp theo, ốp các tấm BNCC cho bụng dầm, như sau (xem Hình 15):

Trộn vữa chịu nhiệt. Rải 1 lớp vữa dày 15÷20mm lên mặt trên của cánh dưới dầm; Tấm BNCC (số 6) ốp bụng dầm được đưa vào vị trí, điều chỉnh tấm sao cho 2 lỗ chờ ở mỗi tấm BNCC được luồn vào 2 bulông neo chịu nhiệt (số 1), căn chỉnh tấm ngay ngắn xong, đưa đai ốc vào bulông và vặn chặt sao cho tấm BNCC được liên kết với cánh dưới của dầm qua lớp vữa chịu nhiệt và được neo vào bụng dầm qua bulông neo chịu nhiệt; Hai tấm BNCC cạnh nhau đặt cách nhau 1 khe co giãn rộng 10 mm.

Lưu ý, tấm BNCC đầu tiên tiếp giáp với bản sườn gia cường liên kết vào cột sẽ có 1 cạnh bị vướng bởi đầu các bulông liên kết cột với dầm, xử lý như sau: khoan hoặc khoét tạo lỗ ở cạnh tấm BNCC đủ rộng để đầu bulông sẽ nằm trọn trong tấm BNCC ở các lỗ khoan, đặt tấm BNCC cách mặt bản sườn gia cường một khoảng 20mm; Lấp đầy đầu bulông neo bằng vữa chịu nhiệt với chiều dày lớp vữa bảo vệ $a \geq 20\text{mm}$ và lấp đầy các khe co giãn bằng vữa chịu nhiệt.

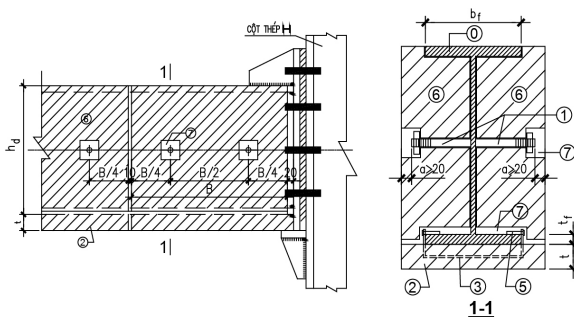
3.3 Yêu cầu kĩ thuật

Tương tự mục 2.3, ngoài ra lưu ý thêm: thiết kế tiết diện và kích thước các tấm BNCC phù hợp với dầm thép cần bảo vệ CC, đặt hàng nhà máy sản xuất các tấm BNCC theo kích thước thiết kế để hạn chế việc đục, khoét, gia công tấm ngoài hiện trường; Đảm bảo chất lượng hàn ép bulông neo chịu nhiệt vào



Hình 14. Ốp tấm BNCC cho đáy dầm

0. Dầm thép chữ I; 1. Bulông neo chịu nhiệt;
2. Tấm BNCC ốp đáy dầm; 3. Móc treo bằng thép chịu nhiệt $\phi 4$; 4. Lỗ để cài bulông chốt;
5. Bulông chốt chịu nhiệt.



Hình 15. Ốp tấm BNCC cho bụng dầm

0. Dầm thép chữ I; 1. Bulông neo chịu nhiệt;
2. Tấm BNCC ốp đáy dầm; 3. Móc treo bằng thép chịu nhiệt $\phi 4$; 5. Bulông chốt chịu nhiệt;
6. Tấm BNCC ốp bụng dầm; 7. Vữa chịu nhiệt

bụng dầm; Không nên dùng tấm BNCC có kích thước cạnh lớn hơn 1m vì không có lợi khi làm việc ở nhiệt độ cao (dễ gây nứt tấm và độ co dãn của tấm BNCC lớn).

3.4 Kiểm tra và nghiệm thu

Công tác kiểm tra chất lượng lắp ghép tấm BNCC tiến hành theo trình tự thi công; Công tác nghiệm thu được tiến hành tại hiện trường, hồ sơ nghiệm thu đề xuất theo tiêu chuẩn [12].



4. Kết luận

Bài báo này đã đưa ra được quy trình thi công lắp ghép cấu kiện BNCC cho cột thép chữ H và dầm thép chữ I trong công trình KCT nhằm bảo vệ CC cho cột và dầm thép. Cột và dầm thép được bọc bởi lớp BNCC sẽ thỏa mãn các tiêu chuẩn, quy chuẩn yêu cầu về an toàn cháy hiện hành thậm chí có thể đạt đến mức không suy giảm khả năng chịu lực sau đám cháy khi không may công trình xảy ra hỏa hoạn. Với việc sử dụng các máy móc, thiết bị, dụng cụ thi công có sẵn trên thị trường hứa hẹn khả năng ứng dụng BNCC vào công trình xây dựng là khả thi./.

Tài liệu tham khảo

1. Phạm Văn Hội (2009), *Kết cấu thép cấu kiện cơ bản*, NXB Khoa học và kỹ thuật, Hà Nội.
2. Chu Thị Bình, Phạm Thanh Hùng (2017), "Thiết kế kết cấu thép theo điều kiện an toàn cháy", *Hội thảo toàn quốc lần thứ 30 về kết cấu và công nghệ xây dựng 2017*, Hội Kết cấu và Công nghệ xây dựng Việt Nam, 123-132.
3. QCVN 06:2010/BXD, *An toàn cháy cho nhà và công trình*.
4. TCVN 9311-1:2012 (ISO 834-1), *Thử nghiệm chịu lửa - Các bộ phận công trình xây dựng*.
5. ASTM E 119, *Standard Test Methods for Fire Test of Building Construction and Materials*.
6. BS 476 Part 20, *Fire Resistance Test to Building Material - Standard*.
7. BS 476 Part 22, *Fire Resistance Test to Building Material - Non-loadbearing elements*.
8. Chu Thị Hải Ninh (2017), "Nghiên cứu khả năng chống cháy của bê tông nhẹ cách nhiệt - chống cháy", *Tạp chí Xây dựng Việt Nam*, 23-26.
9. Chu Thị Hải Ninh, Vũ Minh Đức (2017), "Nghiên cứu chế tạo bê tông nhẹ cách nhiệt - chống cháy dùng xi măng pooc lăng hỗn hợp PCB30 Hoàng Thạch với phụ gia phế thải tro bay nhiệt điện Cẩm Phả", *Tạp chí Xây dựng Việt Nam*, 51-55.
10. Chu Thị Hải Ninh, Nguyễn Đình Thám và Vũ Minh Đức (2017), "Quy trình kỹ thuật chế tạo cấu kiện bê tông nhẹ cách nhiệt - chống cháy", *Tạp chí Khoa học công nghệ Xây dựng*, 11(3):36-41.
11. Chu Thị Hải Ninh, Vũ Minh Đức (2016), "Manufacture of lightweight fireproof-insulating concrete using Hoang Thach PCB 30 portland cement and Pha Lai fly ash", *Proceedings of the international conference on SDCE (Sustainable Development in Civil Engineering 2016)*, Construction Publishing House, 97-105.
12. TCVN 9377-3:2012, *Công tác hoàn thiện trong xây dựng - Thi công và nghiệm thu - Phần 3: Công tác ốp trong xây dựng*.
13. Phạm Văn Hội, Nguyễn Đình Thám (2005), *Nghiên cứu ứng dụng kết cấu liên hợp bê tông cốt cứng để xây dựng nhà cao tầng trên địa bàn thành phố Hà Nội*, Viện Khoa học Công nghệ Xây dựng Hà Nội, Đề tài nghiên cứu khoa học cấp thành phố, Mã số: 01C - 04/03 - 2004 - 2.