



(12) **BẢN MÔ TẢ GIẢI PHÁP HỮU ÍCH THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN
GIẢI PHÁP HỮU ÍCH**

(19) **Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ**

(11)



2-0004272

(51) **E01D 22/00**
2022.01

(13) **Y**

(21) 2-2023-00289

(22) 02/06/2023

(45) 25/08/2025 449

(43) 25/07/2023 424A

(73) Trường Đại học Giao thông vận tải (VN)

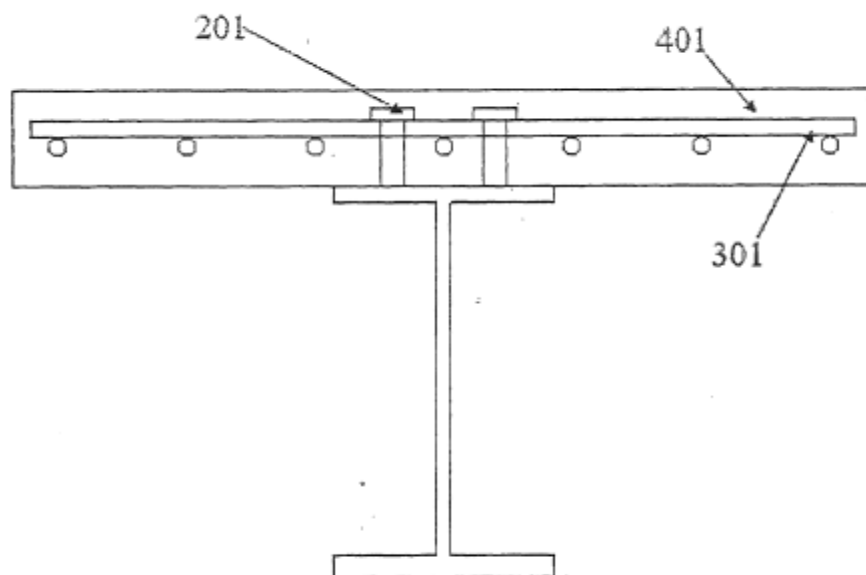
Số 3 đường Cầu Giấy, phường Láng Thượng, quận Đống Đa, thành phố Hà Nội

(72) Ngô Văn Minh (VN); Nguyễn Ngọc Long (VN); Nguyễn Xuân Tùng (VN).

(54) **PHƯƠNG PHÁP SỬA CHỮA VÀ TĂNG CƯỜNG KHẢ NĂNG CHỐNG CẮT
CHO DÀM THÉP TRONG CÔNG TRÌNH CẦU**

(21) 2-2023-00289

(57) Giải pháp hữu ích đề xuất phương pháp sửa chữa và tăng cường khả năng chống cắt cho dầm thép trong công trình cầu bao gồm các bước: chuẩn bị bề mặt thi công bề mặt được làm nhám (SA 2.5) làm sạch tất cả bụi bẩn, dầu, mỡ và các hạt bê tông mịn; hàn đặt neo, vị trí hàn định được đánh dấu, khoảng cách giữa các neo từ 100 mm đến 150 mm, cách mép dầm tối thiểu là 75 mm, neo chống cắt được hàn bằng công nghệ plasma; lắp đặt ván khuôn, ván khuôn được gắn chặt vào bản bụng dầm dầm thép, ván khuôn được lắp đặt kín nước; bê tông siêu tính năng được đổ trực tiếp thông qua lỗ phía trên được tạo từ phía trên cần với bản cách chịu nén; tháo ván khuôn ván khuôn được dỡ bỏ sau khi bê tông siêu tính năng đạt 75% cường độ.



Hình 8

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Giải pháp hữu ích đề cập đến phương pháp sửa chữa và tăng cường khả năng chống cắt cho kết cấu nhịp cầu dầm thép và dầm thép liên hợp, cụ thể là trong kết cấu nhịp cầu dầm thép/dầm thép liên hợp, giải pháp hữu ích đề xuất phương pháp sửa chữa, tăng cường đầu dầm thép, vị trí thường xuất hiện các hư hỏng do ăn mòn và do chịu lực cắt cục bộ, sử dụng bê tông siêu tính năng.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Trong các kết cấu nhịp cầu dầm thép và dầm thép liên hợp giữa bản mặt cầu bằng bê tông và dầm thép, vị trí đầu dầm thép là nơi phải chịu lực cắt lớn, xảy ra lặp đi lặp lại, đồng thời do vị trí nằm dưới khe co giãn trên cầu nên dễ dàng bị các tác nhân ăn mòn như hơi ẩm, nước mưa tác động gây gỉ. Hiện tượng gỉ xảy ra chủ yếu tại bản bụng và bản cánh dưới, do khu vực này là vùng bị động bụi, nước và các tác nhân ăn mòn khác. Đầu dầm bị gỉ sẽ suy giảm khả năng chịu lực cắt và khả năng ổn định cục bộ, do đó tiềm ẩn khả năng bị phá hoại do cắt hoặc do mất ổn định.

Phương pháp thông thường để sửa chữa những dầm thép này là giữ ổn định kết cấu nhịp bằng kết cấu đỡ tạm, tiến hành làm sạch gỉ (bằng cách phun gang, phun cát), cắt bỏ phần thép bị ăn mòn nặng sau đó hàn tấp thép mới vào vị trí đã bị hư hỏng rồi tiến hành sơn bảo vệ.

Phương pháp thông thường này được sử dụng tương đối phổ biến tuy nhiên cũng có rất nhiều nhược điểm, đó là kinh phí có thể lớn do phải chuẩn bị hệ thống chống đỡ tạm lớn – đặc biệt khi sửa chữa tại các vị trí trụ cầu vượt sông, đồng thời do việc sửa chữa tác động đến khả năng chịu lực của kết cấu nên phải cấm cầu (ngừng giao thông trên cầu) trong suốt quá trình sửa chữa, tăng cường. Khi bề dày của sườn dầm và bản đáy mỏng, việc hàn tấp hoặc liên kết bu-lông để liên kết phần thép mới với phần thép cũ đôi khi không thực hiện được. Đồng thời, việc

bảo vệ mặt thép bằng sơn không có tuổi thọ lâu dài, do khu vực này vẫn là nơi hội tụ các tác nhân ăn mòn như trước khi sửa chữa. Cuối cùng, việc hàn bổ sung bản tấp vào sườn dầm tuy giúp tăng cường sườn dầm về khả năng chịu cắt, nhưng không tăng đáng kể về ổn định cục bộ tại đầu dầm.

Từ hiện trạng kỹ thuật như được nêu ra trên đây, các tác giả nhận thấy cần phải có giải pháp cải tiến tốt hơn nữa đối với phương pháp sửa chữa hư hỏng về cắt tại dầm thép trong công trình cầu đáp ứng được về nhân công, chi phí và độ an toàn của dầm cầu bị hỏng.

Bản chất kỹ thuật của giải pháp hữu ích

Mục đích của giải pháp hữu ích là đề xuất giải pháp sửa chữa, tăng cường khả năng chịu cắt tại đầu dầm thép trong công trình cầu, khắc phục một số tồn tại nêu trên.

Cụ thể, giải pháp hữu ích đề xuất phương pháp sửa chữa và tăng cường khả năng chống cắt cho dầm thép trong công trình cầu bao gồm các bước:

Chuẩn bị bề mặt: phun cát làm sạch bề mặt đến chỉ số SA2.5 để loại bỏ các lớp sơn cũ, gỉ sét và bụi bẩn hiện lên màu thép gốc, các vết gỉ ở dạng vết hoặc sợi mảnh được làm sạch bằng không khí khô nén hoặc bàn chải sạch;

Hàn đính neo chống cắt lên sườn dầm: vị trí hàn đính được đánh dấu, khoảng cách giữa các neo khoảng 100mm đến 150 mm, cách mép dầm tối thiểu là 75 mm, cốt thép có đường kính D8 đến D10, được bố trí với bước tương ứng với bước của đính neo 201 từ 100 – 150mm, ở giữa bề dày lớp bê tông siêu tính năng để tăng cường khả năng chịu lực cho lớp bê tông siêu tính năng;

Lắp đặt ván khuôn: ván khuôn được gắn chặt vào bản bụng đầu dầm thép, quá trình lắp đặt ván khuôn được thực hiện kín nước để đảm bảo rằng không có nước hoặc độ ẩm có thể xâm nhập vào vùng sửa chữa và gây ảnh hưởng tiêu cực đến quá trình và kết quả sửa chữa;

Đổ bê tông siêu tính năng: bề dày bê tông lớn hơn chiều cao của đỉnh (sau khi đã hàn) tối thiểu 15mm, phạm vi đổ bê tông từ đầu dầm đến mặt cắt cách tìm gối từ $1,0D$ đến $1,25D$, với D là chiều cao của sườn dầm;

Tháo ván khuôn ván khuôn sau khi bê tông đạt cường độ và nhiệt độ bê tông đã về xấp xỉ nhiệt độ môi trường.

Theo một phương án của giải pháp hữu ích, đỉnh neo chống cắt được hàn bằng công nghệ hàn Plasma tốc độ nhanh, tỏa nhiệt thấp để giảm thiểu ảnh hưởng đến thép cơ bản, đỉnh neo sử dụng là đỉnh neo chống cắt M13 theo tiêu chuẩn ISO 13918-2018 hoặc tương đương.

Theo một phương án khác của giải pháp hữu ích, theo phương đứng đổ bê tông đến hết chiều cao sườn, bê tông siêu tính năng có độ linh động cao được rót thông qua lỗ thi công ở phần ván khuôn tiếp xúc với cánh trên, ván khuôn là loại ván khuôn gỗ để dễ vận chuyển, lắp đặt, đồng thời tránh giảm nhiệt nhanh và thoát hơi nước nhanh.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Hình 1 thể hiện bố trí của đỉnh neo chống cắt tại vị trí sửa chữa, gia cường theo phương án ưu tiên của giải pháp hữu ích,

Hình 2 thể hiện bố trí của cốt thép thường sau khi hàn đỉnh neo chống cắt theo phương án ưu tiên của giải pháp hữu ích và chiều cao bản bụng, D , của dầm.

Hình 3 thể hiện vùng tăng cường sau khi đổ bê tông siêu tính năng theo phương án ưu tiên của giải pháp hữu ích, và chiều cao bản bụng, D , của dầm.

Hình 4 là mặt cắt ngang dầm tại vị trí sửa chữa, gia cường theo phương án ưu tiên của giải pháp hữu ích,

Hình 5 là mặt cắt ngang dầm tại vị trí sửa chữa, gia cường sau khi thi công siêu tính năng theo phương án ưu tiên của giải pháp hữu ích,

Hình 6 thể hiện bố trí mặt cắt dọc dầm sau khi sửa chữa, gia cường bằng bê tông siêu tính năng theo phương án ưu tiên của giải pháp hữu ích,

Hình 7 thể hiện chi tiết cấu tạo đỉnh neo chống cắt theo phương án ưu tiên của giải pháp hữu ích,

Hình 8 thể hiện mặt cắt ngang dầm thép liên hợp,

Hình 9 thể hiện chiều dài dầm theo liên hợp theo phương dọc.

Mô tả chi tiết giải pháp hữu ích

Dưới đây, các ưu điểm, hiệu quả và bản chất của giải pháp hữu ích có thể được hiểu rõ hơn thông qua việc mô tả chi tiết các phương án ưu tiên thực hiện có dựa vào các hình vẽ kèm theo. Trên các hình vẽ, các số chỉ dẫn giống nhau được dự định để biểu thị các thành phần hoặc chi tiết giống nhau hoặc tương đương và được sử dụng thống nhất trong toàn bộ mô tả, do vậy trên một số các hình vẽ hoặc một số phần trên hình vẽ có thể không xuất hiện một hoặc một số các số chỉ dẫn nhằm mục đích làm cho hình vẽ trở nên đơn giản và thuận tiện trong việc thể hiện các thành phần cấu tạo hoặc nguyên lý hoạt động khác nhau của giải pháp hữu ích, trong trường hợp như vậy, mối tương quan giữa các thành phần hoặc chi tiết cụ thể với các số chỉ dẫn biểu thị nó có thể được minh họa rõ khi tham chiếu tới các hình vẽ khác hoặc các phần khác trên hình vẽ. Bên cạnh đó, các thành phần và chi tiết được thể hiện trên hình vẽ là không theo kích thước và hình dạng thực tế, một số thành phần hoặc chi tiết sẽ được phóng đại lên và có thể được biểu thị bởi các khối giản lược nhằm mục đích minh họa và thuận tiện cho việc mô tả. Vì vậy, cần hiểu rằng các phương án được mô tả trong phần mô tả chỉ với mục đích làm ví dụ giúp cho việc hiểu rõ hơn về bản chất và các ưu điểm của giải pháp hữu ích, mà không giới hạn phạm vi của giải pháp hữu ích theo các phương án được mô tả này.

Giải pháp hữu ích đề xuất phương pháp sửa chữa và tăng cường khả năng chống cắt cho dầm thép trong công trình cầu bao gồm các bước:

Bước 1: chuẩn bị bề mặt thi công, bề mặt được làm nhám bằng phun cát đến chỉ số đạt tiêu chuẩn ISO SA2.5 để loại bỏ các lớp sơn cũ, gỉ sét và bụi bẩn hiện lên màu thép gốc, các vết gỉ ở dạng vết hoặc sợi mảnh được làm sạch bằng không

khí khô nén hoặc bàn chải sạch. Bề mặt thép được làm nhám tạo ra một diện tích tiếp xúc lớn hơn với các vật liệu khác, giúp tăng cường khả năng chịu lực cắt và tăng độ bám dính của lớp phủ bảo vệ hoặc vật liệu sửa chữa,

Bước 2: hàn đính neo, vị trí hàn đính neo 201 được đánh dấu, như được thể hiện trên Hình 1, Hình 2, Hình 4 và Hình 7 vị trí của các đính neo 201 được đánh dấu theo thiết kế của kích thước vách dầm, khoảng cách giữa các đính neo 201 được duy trì từ 100mm đến 150mm, cách mép dầm tối thiểu là 75 mm đảm bảo sự phân bố đều và tăng khả năng chống cắt của dầm thép, cốt thép 301 có đường kính D8 đến D10, được bố trí với bước tương ứng với bước của đính neo 201 từ 100 – 150mm, ở giữa bề dày lớp bê tông siêu tính năng 401 để tăng cường khả năng chịu lực cho lớp bê tông siêu tính năng 401.

Bước 3: lắp đặt ván khuôn, ván khuôn được gắn chặt vào bản bụng đầu dầm thép, quá trình lắp đặt ván khuôn được thực hiện kín nước để đảm bảo không có nước hoặc độ ẩm có thể xâm nhập vào vùng sửa chữa và gây ảnh hưởng tiêu cực đến quá trình và kết quả sửa chữa, việc lắp đặt kín nước cũng giúp bảo vệ vùng sửa chữa khỏi các yếu tố môi trường bên ngoài như mưa, ẩm ướt, hoặc các chất lỏng gây ảnh hưởng đến quá trình sửa chữa.

Bước 4: đổ bê tông siêu tính năng, bê tông siêu tính năng 401 được đổ trực tiếp thông qua lỗ phía trên được tạo từ phía trên gần với bản cánh chịu nén, bề dày bê tông siêu tính năng 401 lớn hơn chiều cao của đính neo 201 (sau khi đã hàn) tối thiểu 15mm, phạm vi đổ bê tông từ đầu dầm đến mặt cắt cách tim gối từ 1,0D đến 1,25D, với D là chiều cao của sườn dầm như được thể hiện trên Hình 3.

Bước 5: tháo ván khuôn, ván khuôn được dỡ bỏ sau khi bê tông siêu tính năng 401 đạt 75% cường độ. Hoạt tải sẽ hoàn toàn quay trở lại lực tác dụng lên cầu kiện sau khi bê tông siêu tính năng đạt được các đặc tính cơ học theo yêu cầu của thiết kế kết cấu.

Theo một phương án của giải pháp hữu ích, đính neo chống cắt 201 được hàn bằng công nghệ hàn Plasma tốc độ nhanh, tỏa nhiệt thấp để giảm thiểu ảnh hưởng đến thép cơ bản, đính neo chống cắt 201 sử dụng là đính neo chống cắt M13 theo tiêu chuẩn ISO 13918-2018 hoặc tương đương.

Theo một phương án của giải pháp hữu ích, theo phương đứng đỡ bê tông 401 đến hết chiều cao sườn, bê tông siêu tính năng 401 có độ linh động cao được rót thông qua lỗ thi công ở phần ván khuôn tiếp xúc với cánh trên, ván khuôn là loại ván khuôn gỗ để dễ vận chuyển, lắp đặt, đồng thời tránh giảm nhiệt nhanh và thoát hơi nước nhanh.

Theo một phương án của giải pháp hữu ích, bê tông siêu tính năng có cường độ $f_{cu} = 150 MPa$ cường độ chịu kéo $f_k = 7 MPa$.

Để kiểm chứng hiệu quả của giải pháp tăng cường dầm thép liên hợp bằng bê tông siêu tính năng 401 đề xuất ở trên, tiến hành phân tích sức kháng cắt của dầm liên hợp có kích thước như ở hình 8 và hình 9.

Như được thể hiện trên Hình 8 và Hình 9, một dầm thép liên hợp có chiều dài 2m, chiều cao phần dầm thép là 225mm, trong đó sườn dầm cao 203mm, bản đáy dưới dày 12mm, bản cánh trên dày 10mm, liên hợp với bản bê tông cốt thép dày 55mm, tại vị trí gối có sườn tăng cường dày 8mm cao hết chiều cao của sườn. Thép sử dụng là loại thép cường độ cao, có cường độ chảy $F_y = 418 MPa$, cường độ kéo đứt $F_u = 540 MPa$, biến dạng kéo đứt $\varepsilon_u = 0,2$, biến dạng chảy $\varepsilon_y = 0,02$. Bê tông bản mặt cầu sử dụng bê tông C40, có cường độ chịu nén $f_c = 40 MPa$, cường độ chịu kéo 3,16 MPa.

Để tăng cường khả năng chịu cắt của dầm, tiến hành gia cường bằng bê tông siêu tính năng 401 liên hợp với sườn dầm thông qua chín đỉnh neo 201 liên hợp (3×3), trong phạm vi hết chiều cao sườn, chiều rộng theo phương dọc dầm bằng chiều cao sườn dầm (203mm). Bê tông siêu tính năng 401 sử dụng loại có cường độ $f_{cu} = 150 MPa$ cường độ chịu kéo $f_k = 7 MPa$.

Để xác định lực cắt tới hạn của dầm, chuyển vị cưỡng bức được đặt tại các vị trí trên đỉnh bản bê tông cốt thép liên hợp, cách đầu dầm mỗi bên 600mm để tạo ra lực cắt cục bộ tại sườn dầm tại vị trí gối cầu. Giá trị chuyển vị cưỡng bức tăng dần đến khi dầm bị phá hoại, tốc độ tăng chuyển vị theo thời gian rất nhỏ để không gây ra hiệu ứng động trên dầm.

Kết quả phân tích cho thấy hiệu quả rất rõ ràng về mặt tăng cường sức chịu

lực của dầm thép khi chịu cắt. Sức chịu tải phá hoại của dầm tăng 67% (72kN so với 43kN), độ cứng chung tổng thể của dầm tăng lên đáng kể, đặc biệt là ở các giá trị chuyển vị lớn. Bên cạnh hiệu quả tăng cường về mặt tải trọng, giải pháp tăng cường bằng vật liệu bê tông siêu tính năng cũng cho thấy hiệu quả lâu dài của giải pháp tăng cường, theo đó bản thân bê tông siêu tính năng là lớp bảo vệ rất tốt cho đầu dầm khỏi các tác nhân ăn mòn.

Hiệu quả đạt được của sáng giải pháp hữu ích

Mặc dù các mô tả nêu trên chứa nhiều chi tiết cụ thể, chúng không được coi là giới hạn về phương án thực thi sáng chế, mà chỉ nhằm mục đích minh họa một số phương án thực thi được ưu tiên.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp sửa chữa và tăng cường khả năng chống cắt cho dầm thép trong công trình cầu bao gồm các bước:

Bước 1: chuẩn bị bề mặt thi công, bề mặt được làm nhám bằng phun cát đến chỉ số đạt tiêu chuẩn ISO SA2.5 để loại bỏ các lớp sơn cũ, gỉ sét và bụi bẩn hiện lên màu thép gốc, các vết gỉ ở dạng vết hoặc sợi mảnh được làm sạch bằng không khí khô nén hoặc bàn chải sạch,

Bước 2: hàn đính neo, vị trí hàn đính neo (201) được đánh dấu, vị trí của các đính neo (201) được đánh dấu theo thiết kế của kích thước vách dầm, khoảng cách giữa các đính neo (201) được duy trì từ 100mm đến 150mm, cách mép dầm tối thiểu là 75 mm đảm bảo sự phân bố đều và tăng khả năng chống cắt của dầm thép, cốt thép (301) có đường kính D8 đến D10, được bố trí với bước tương ứng với bước của đính neo (201) từ 100 – 150mm, ở giữa bề dày lớp bê tông siêu tính năng (401) để tăng cường khả năng chịu lực cho lớp bê tông siêu tính năng (401),

Trong đó: đính neo chống cắt (201) được hàn bằng công nghệ hàn Plasma tốc độ nhanh, tỏa nhiệt thấp để giảm thiểu ảnh hưởng đến thép cơ bản, đính neo chống cắt (201) sử dụng là đính neo chống cắt M13 theo tiêu chuẩn ISO 13918-2018 hoặc tương đương,

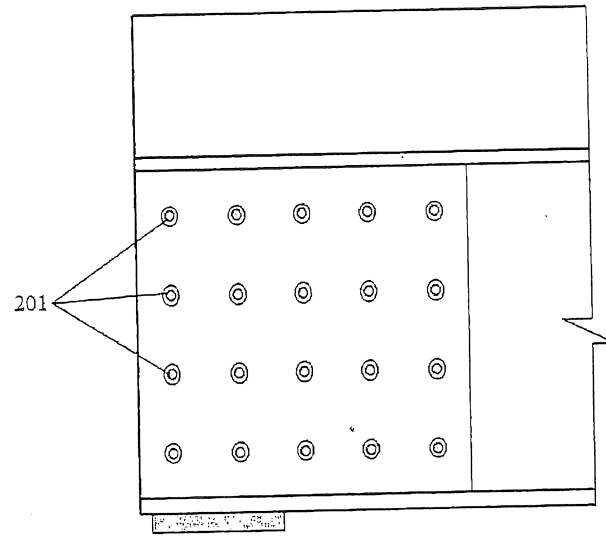
Bước 3: lắp đặt ván khuôn, ván khuôn được gắn chặt vào bản bụng đầu dầm thép, quá trình lắp đặt ván khuôn được thực hiện kín nước để đảm bảo không có nước hoặc độ ẩm có thể xâm nhập vào vùng sửa chữa,

Bước 4: đổ bê tông siêu tính năng, bê tông siêu tính năng (401) được đổ trực tiếp thông qua lỗ phía trên được tạo từ phía trên cần với bản cách chịu nén, bề dày bê tông siêu tính năng (401) lớn hơn chiều cao của đính neo 201 (sau khi đã hàn) tối thiểu 15mm, phạm vi đổ bê tông từ đầu dầm đến mặt cắt cách tim gối từ 1,0D đến 1,25D, với D là chiều cao của sườn dầm,

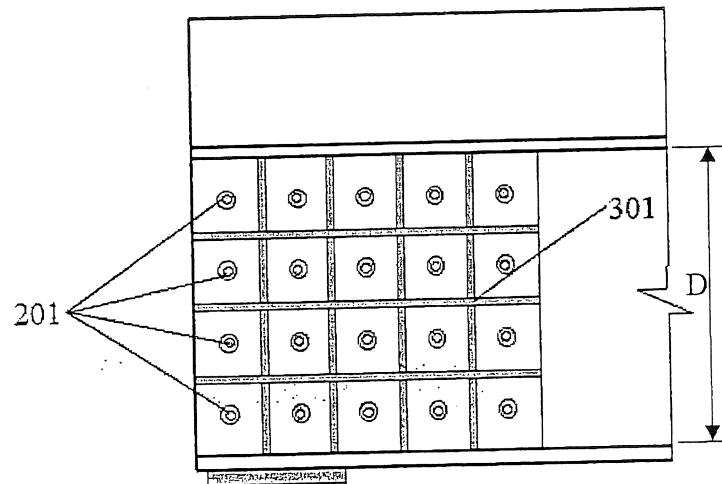
Trong đó: đổ bê tông (401) đến hết chiều cao sườn, bê tông siêu tính năng (401) có độ linh động cao được rót thông qua lỗ thi công ở phần ván khuôn tiếp xúc với cánh trên, ván khuôn là loại ván khuôn gỗ để dễ vận chuyển, lắp đặt, đồng

thời tránh giảm nhiệt nhanh và thoát hơi nước nhanh, bê tông siêu tính năng có cường độ $f'_{cu} = 150MPa$ cường độ chịu kéo $f_k = 7 MPa$,

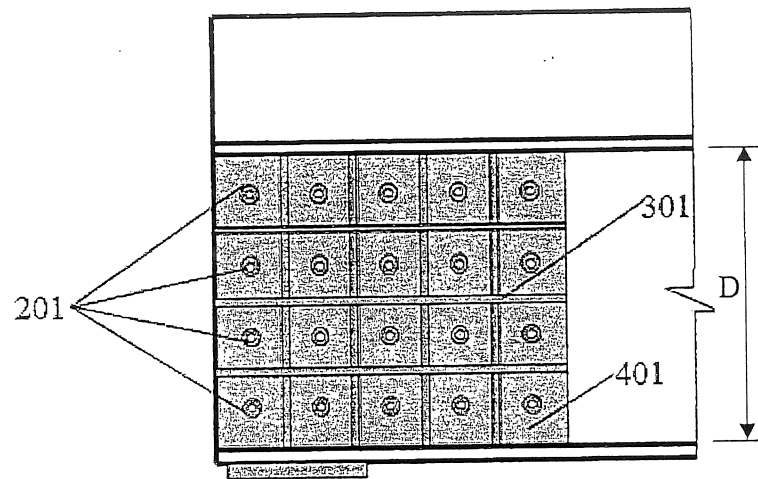
Bước 5: tháo ván khuôn, ván khuôn được dỡ bỏ sau khi bê tông siêu tính năng (401) đạt 75% cường độ.



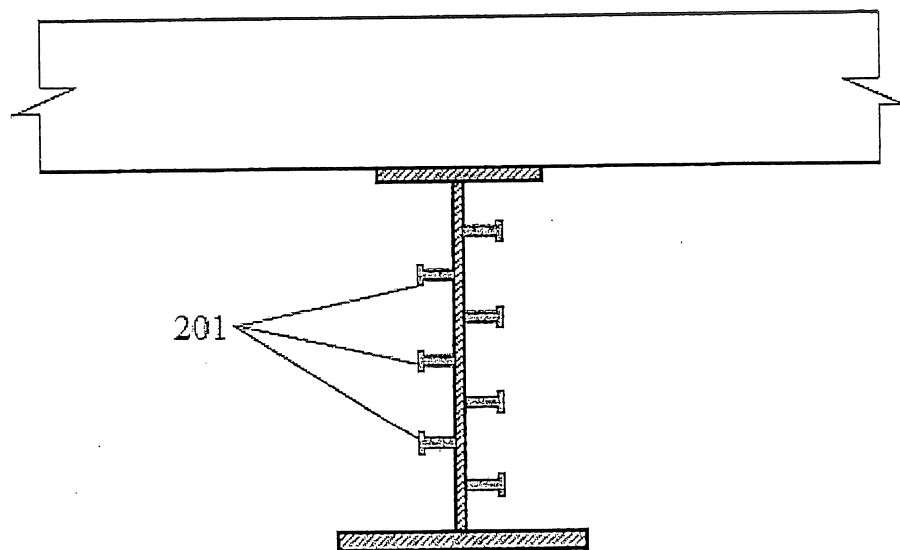
Hình 1



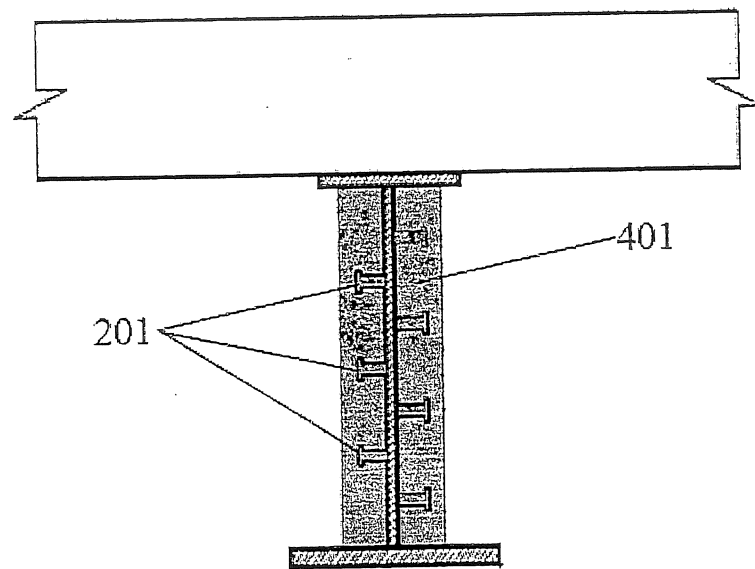
Hình 2



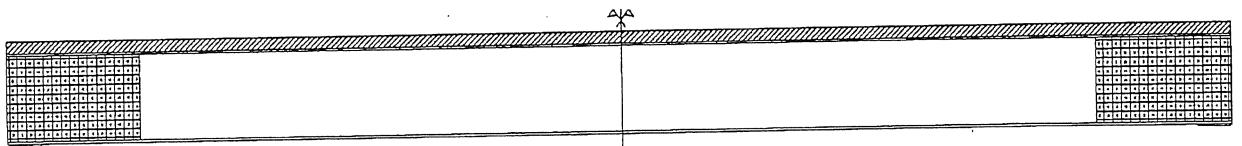
Hình 3



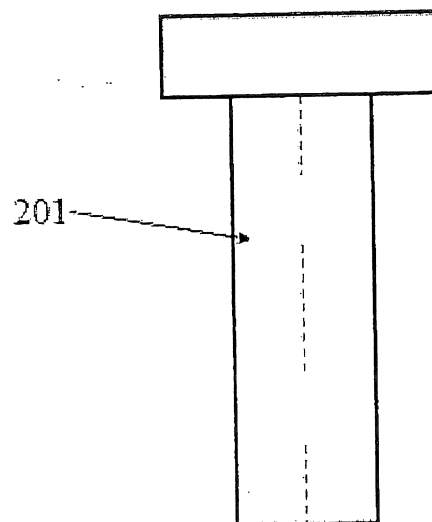
Hình 4



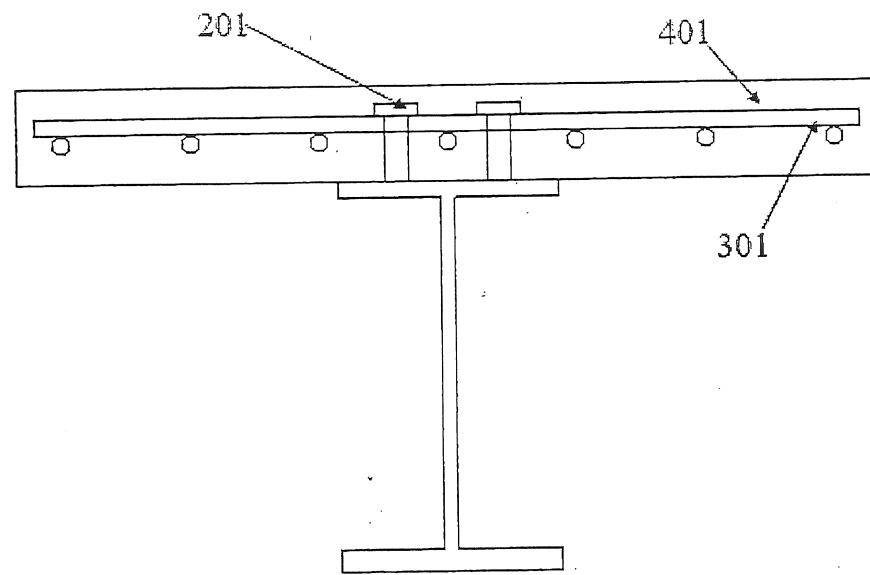
Hình 5



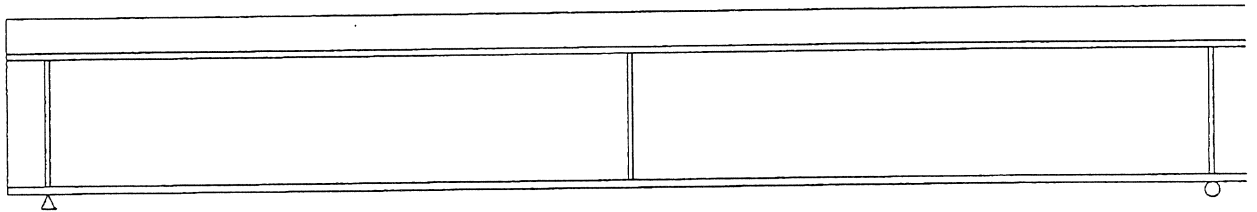
Hình 6



Hình 7



Hình 8



Hình 9