

CÔNG NGHỆ XÂY DỰNG CẦU BTCT TRÊN ĐÀ GIÁO DI ĐỘNG MSS

Công nghệ thi công cầu BTCT trên đà giáo di động đã được áp dụng rất nhiều trên thế giới và đặc biệt phù hợp với các cầu cạn, cầu vượt trong thành phố do tạo được tĩnh không dưới cầu cho giao thông thủy bộ, mặt khác không chịu ảnh hưởng của điều kiện địa hình, thủy văn và địa chất khu vực xây dựng cầu.



Có hai công nghệ chính thi công trên đà giáo di động là: ***Đổ bê tông tại chỗ trên đà giáo di động và công nghệ lắp ghép cầu phân đoạn BTCT trên đà giáo di động.***

Ở Việt Nam, công nghệ thi công cầu BTCT trên đà giáo di động mới được áp dụng trong giai đoạn gần đây đã cho thấy các ưu việt của giải pháp này so với các giải pháp thi công truyền thống như đúc hẫng, đúc đẩy.... Mặc dù công nghệ lắp ghép cầu phân đoạn BTCT trên đà giáo di động có nhiều ưu điểm hơn giải pháp thi công bằng công nghệ đổ bê tông tại chỗ trên đà giáo di động như kiểm soát chất lượng tốt hơn, thời gian thi công ngắn hơn....nhưng do đặc thù ở Việt Nam thi công cầu BTCT trên đà giáo di động bằng công nghệ đổ bê tông tại chỗ vẫn là giải pháp được lựa chọn khi thi công cầu theo phương pháp này

I. CÔNG NGHỆ THI CÔNG ĐỔ BÊ TÔNG TẠI CHỖ TRÊN ĐÀ GIÁO DI ĐỘNG

1.1 ĐẶC ĐIỂM CHUNG CỦA CÔNG NGHỆ

Hệ thống đà giáo di động được phát triển từ hệ đà giáo cố định truyền thống. Đối với cầu có kết cấu nhịp dài và điều kiện địa chất, địa hình phức tạp đòi hỏi xem xét về giá thành lắp dựng, tháo lắp hệ thống đà giáo và ván khuôn kết cấu dầm thì việc áp dụng công nghệ này giúp giảm tối đa giá thành lắp dựng và thời gian chu kỳ thi công bằng việc di chuyển toàn bộ hệ thống đà giáo, ván khuôn từ một nhịp đến nhịp kế tiếp.

Công nghệ này thuộc phương pháp đổ bê tông tại chỗ. Sau khi thi công xong một nhịp, toàn bộ hệ thống ván khuôn và đà giáo được lao đẩy tới nhịp tiếp theo và bắt đầu công đoạn thi công như nhịp trước, cứ như vậy theo chiều dọc cầu

cho đến khi hoàn thành kết cấu nhịp. Với công nghệ này trong quá trình thi công ta vẫn tạo được tĩnh không dưới cầu cho giao thông thủy bộ, mặt khác không chịu ảnh hưởng của điều kiện địa hình, thủy văn và địa chất khu vực xây dựng cầu. Kết cấu nhịp cầu có thể thực hiện theo sơ đồ chịu lực là dầm giản đơn và liên tục nhiều nhịp với chiều cao dầm có thay đổi hoặc không thay đổi. Chiều dài nhịp thực hiện thuận lợi và hợp lý trong phạm vi từ 35÷60 m. Số lượng nhịp trong một cầu về nguyên tắc là không hạn chế vì chỉ cần lực đẩy dọc nhỏ và không lũy tiến qua các nhịp. Tuy nhiên các công trình phụ trợ của công nghệ này còn khá cồng kềnh: Dàn đẩy, trụ tạm, mũi dẫn... nhưng với tính chất vạn năng của công nghệ có thể cải tiến được nhược điểm này như chế tạo: dàn cứng chuyên dụng dùng cho nhiều nhịp, nhiều kết cấu, kết hợp dàn cứng với mũi dẫn, thân trụ tạm lắp ghép và di chuyển được.

Với đặc điểm trọng lượng nhẹ, dễ dàng tháo lắp trong quá trình thi công với sự trợ giúp đặc biệt của hệ thống thủy lực, hệ thống nâng hạ hoàn chỉnh. Hệ thống đà giáo di động (MSS-Movable Scaffolding System) có những tính năng nổi bật sau:

- Có khả năng sử dụng lại hệ thống thiết bị từ công trình này đến công trình khác có cùng quy mô. Tất nhiên là có sự thay đổi một phần hệ thống ván khuôn cho phù hợp với mặt cắt kết cấu nhịp.
- Dễ dàng áp dụng cho các cầu với các loại sơ đồ kết cấu nhịp và các loại mặt cắt ngang (hộp đơn, hộp kép, Double-T...). Áp dụng được cho các loại dầm với chiều dài nhịp từ 18 ÷ 80 m trong đó chiều dài áp dụng hợp lý 35 ÷ 60m.
- Chiều dài cầu thường được áp dụng từ 500 mét đến vài kilômét. Trong trường hợp chiều dài cầu lớn hơn, có thể triển khai thi công nhiều mũi bằng việc bố trí thêm nhiều hệ thống MSS.
- Thời gian chu trình thi công một nhịp thông thường: 7 ÷ 9 ngày.
- Có khả năng áp dụng cho các cầu nằm trên đường cong với bán kính nhỏ nhất $R_{\min} = 250\text{m}$.
- Độ dốc dọc lớn nhất của cầu: $i_{\max} = 5\%$.
- Độ dốc ngang lớn nhất: $i_{\max} = \pm 5\%$.
- Độ võng lớn nhất của hệ thống MSS: $y_{\max} = L/400$.

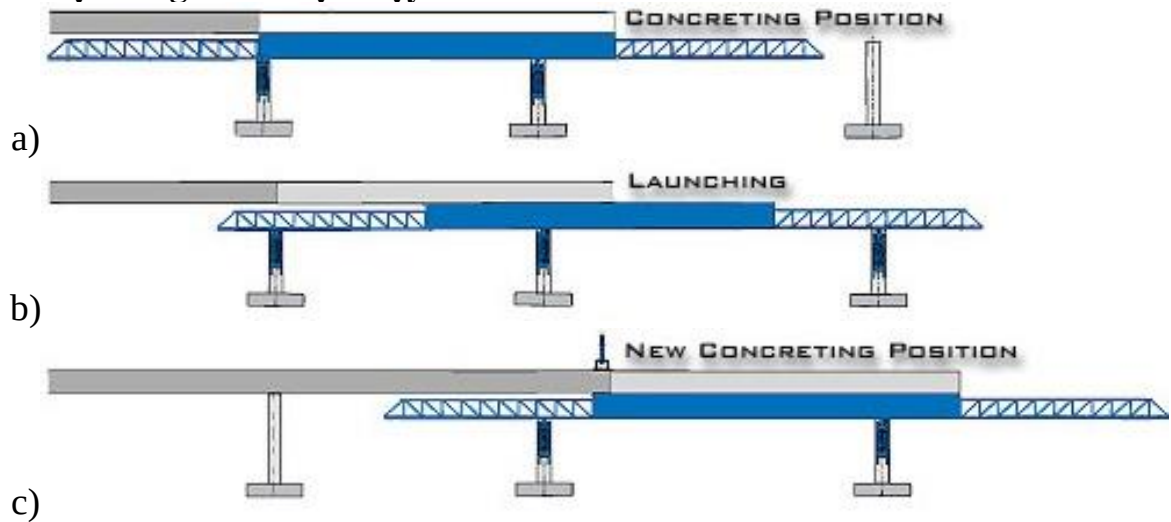
1.2 CÁC LOẠI HÌNH CỦA CÔNG NGHỆ VÀ CHU TRÌNH HOẠT ĐỘNG

1.2.1 Các loại hệ thống MSS

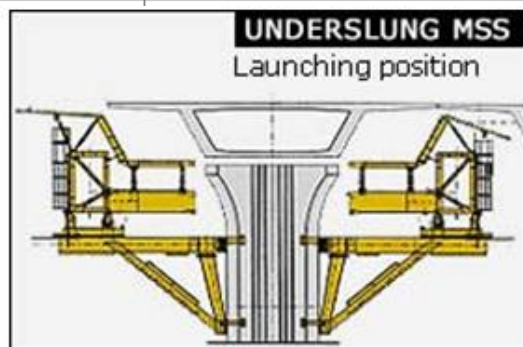
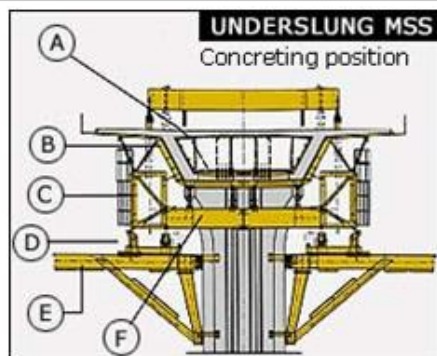
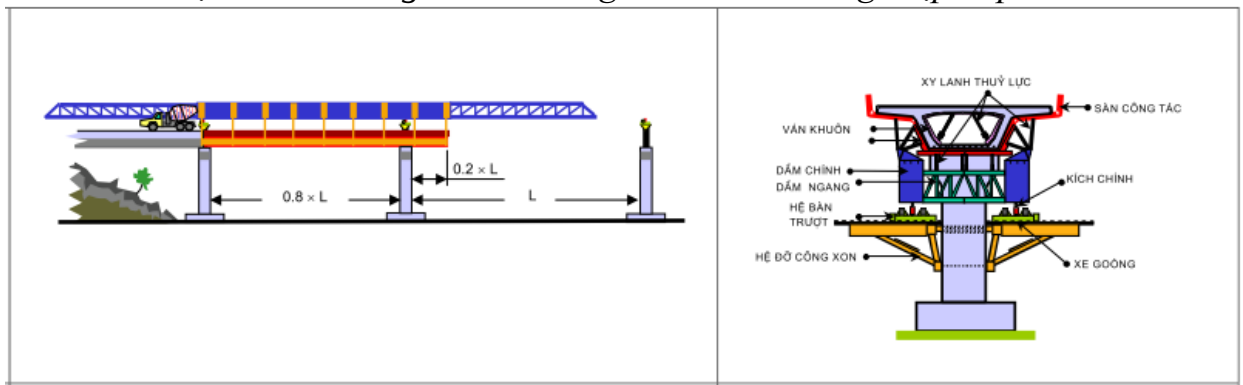
Dựa trên việc bố trí cao độ của hệ thống MSS so với cao độ kết cấu hệ ván khuôn, công nghệ được chia làm 3 loại:

- Hệ thống MSS loại chạy dưới.
- Hệ thống MSS loại chạy giữa
- Hệ thống MSS loại chạy trên.

1.2.1.1 Hệ thống MSS loại chạy dưới



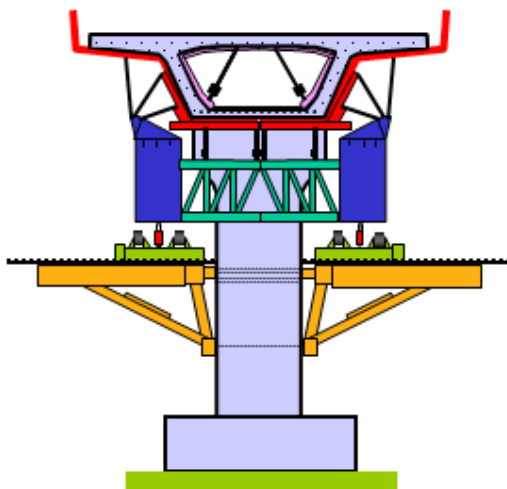
a. Vị trí đổ bê tông b. Lao đà giáo c. Đổ bê tông nhịp tiếp theo



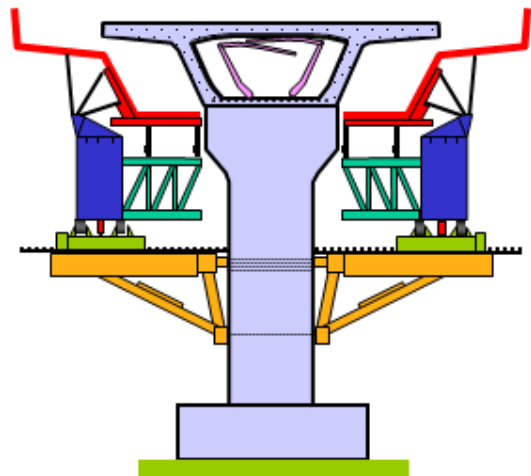
- A) VÁN KHUÔN TRONG
- B) VÁN KHUÔN NGOÀI
- C) DẦM CHÍNH
- D) HỆ BÀN TRƯỢT
- E) HỆ ĐỖ CÔNG XON
- F) DẦM NGANG
- G) KHUNG TREO



Hệ dầm chính được bố trí dưới hệ ván khuôn và các kết cấu phụ trợ của chúng. Để di chuyển hệ thống lên phía trước và hệ thống có thể qua được vị trí trụ nên hệ ván khuôn được chia thành 2 nửa (khi bề rộng đáy dầm nhỏ chia dọc theo tim kết cấu nhịp, khi bề rộng đáy dầm lớn phải chia ván khuôn đáy thành nhiều tấm, các tấm liên kết với nhau dạng khớp quay). Hai nửa này sẽ cùng di chuyển theo phương ngang cầu cùng với hệ dầm chính bằng hệ bàn trượt của hệ đỡ công xôn.

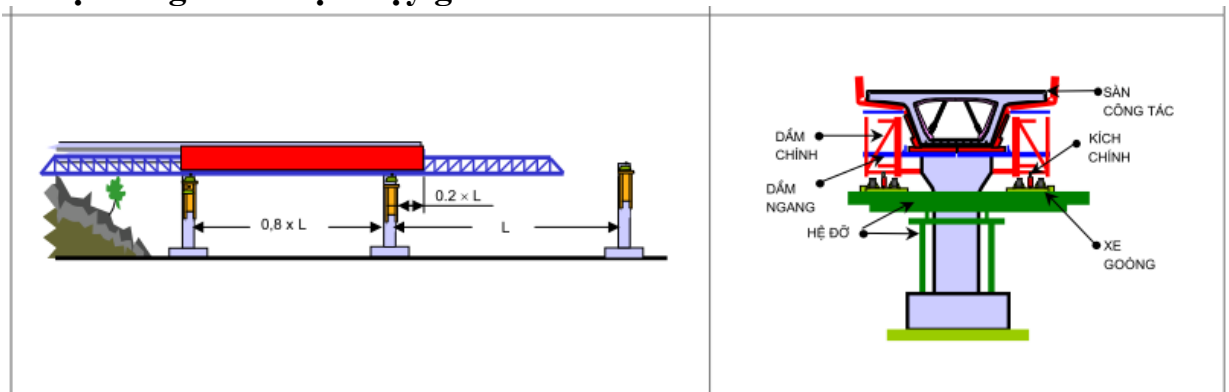


Khi đang đổ bê tông



Khi lao đà giáo

1.2.1.2 Hệ thống MSS loại chạy giữa

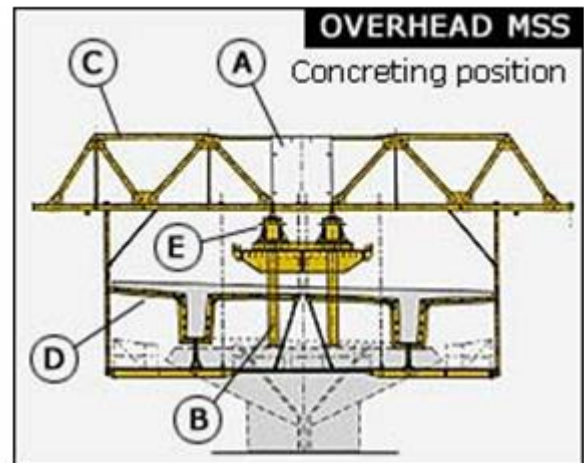
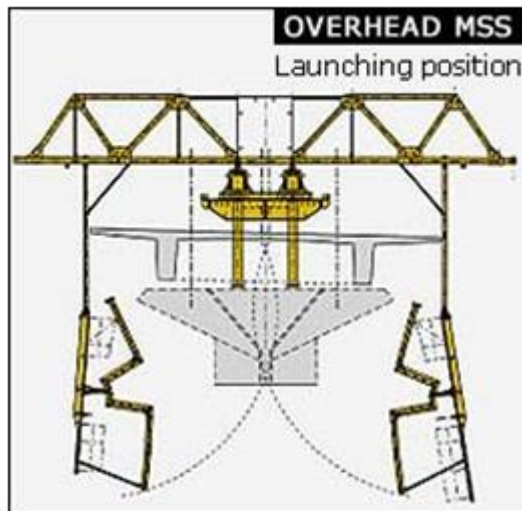
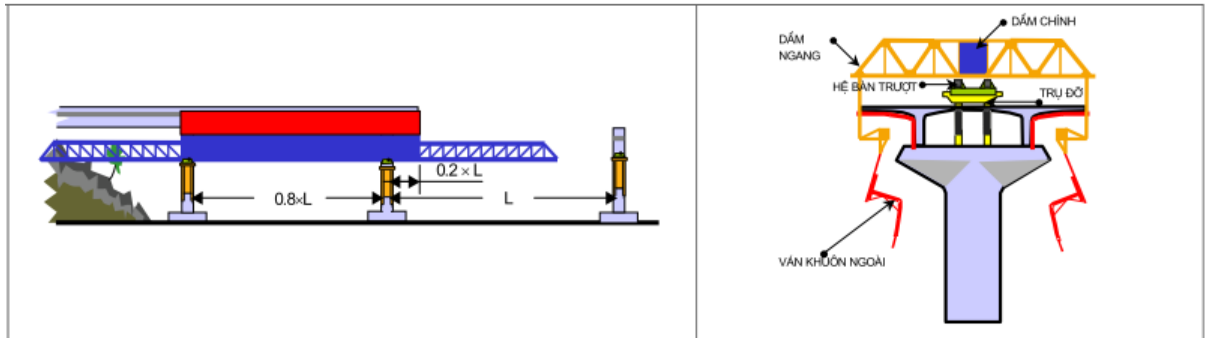


Hệ ván khuôn của kết cấu phần trên đ-ợc bố trí ở giữa 2 dầm chính của hệ thống MSS. Kết cấu phụ trợ đ-ợc giữ theo ph-ơng ngang bởi hệ dầm chính. Để di chuyển hệ thống MSS lên phía tr-ớc, hệ ván khuôn đ-ợc chia làm 2 nửa riêng biệt dọc theo tim kết cấu nhịp v-à đ-ợc di chuyển theo ph-ơng ngang theo h-ớng xa trụ trên dầm đỡ cùng với dầm chính.

Đối với loại hình của công nghệ n-ày, thì khoảng không gian cần thiết thực hiện công nghệ nhỏ hơn loại chạy d-ới. Trong tr-ờng hợp kết cấu dầm đặc thì mặt trong của kết cấu dầm chính có thể đồng thời đ-ợc sử dụng nh- là một phần của hệ ván khuôn.

Cũng nh- loại chạy d-ới, tr-ờng hợp cần đ-ờng vận chuyển thiết bị, vật liệu trên kết cấu dầm đã đ-ợc thi công thì khung treo đ-ợc thiết kế với chiều cao đảm bảo đủ tĩnh không cho các ph-ơng tiện vận tải.

1.2.1.3 Hệ thống MSS loại chạy trên

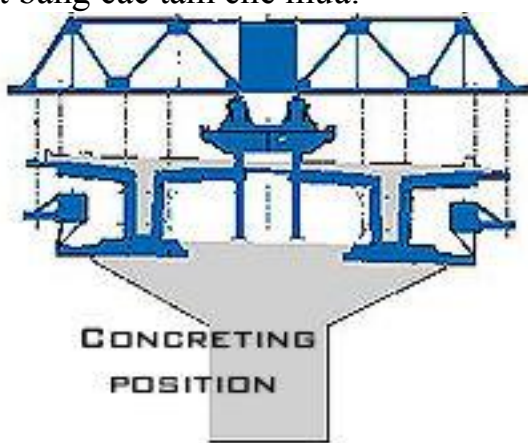


- A) DẦM CHÍNH
- B) TRỤ ĐỖ
- C) DẦM NGANG
- D) VÁN KHUÔN
- E) HỆ BÀN TRƯỢT

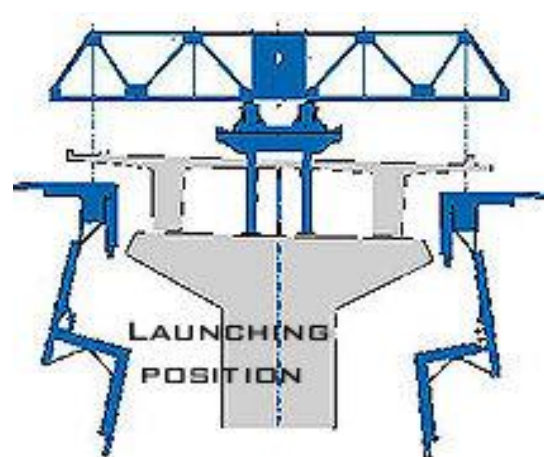


Hệ dầm chính được bố trí ở phía trên kết cấu nhịp dầm đã được xây dựng. Hệ ván khuôn được bố trí thành khung bao quanh kết cấu phần trên và kết cấu dầm chính thông qua kết cấu dầm ngang hoặc kết cấu khung.

Để có thể lao dầm qua vị trí trụ, hệ ván khuôn được chia làm 2 nửa tách rời nhau có khả năng di chuyển ra ngoài phạm vi không gian của trụ. Lúc này hệ thống MSS mới có thể bắt đầu lao bằng cách trượt (lăn), trên hệ bàn trượt đặt trên trụ đỡ được liên kết với trụ. Đối với loại hình này của công nghệ, thì yêu cầu tĩnh không dưới cầu được đáp ứng cao. Lợi thế của loại hình này là áp dụng xây dựng những cầu nằm ở vị trí sườn đồi, sườn núi hoặc các cầu nằm trên đường cong bán kính nhỏ. Mặt khác, khu vực làm việc dễ được bảo vệ khỏi ảnh hưởng thời tiết bằng các tấm che mưa.



Khi đang đổ BT



Khi đang lao đà giáo

1.2.2 Chu trình hoạt động

Bước 1: Lắp hệ thống MSS trên nhịp đầu tiên

- Lắp các trụ đỡ tại vị trí mố, trụ của nhịp đầu tiên. Trụ đỡ của phương pháp

chạy dưới và giữa thường được bố trí dạng công xon liên kết với trụ. Trụ đỡ của phương pháp chạy trên được đặt trên đỉnh mố trụ và neo chắc chắn vào mố, trụ

- Lắp hệ thống bàn trượt lên đỉnh trụ đỡ.
- Lắp các đoạn dầm hay các thanh dàn của dầm chính; lắp mũi dẫn vào hai đầu dầm chính. Cầu lắp dầm chính, mũi dẫn lên trụ đỡ.
- Lắp ráp hệ dầm-dàn ngang.
- Lắp ráp ván khuôn ngoài và hệ thống phụ trợ.
- Khung cốt thép của từng nhịp có thể được lắp tại chỗ hoặc lắp hoàn chỉnh và cẩu vào vị trí. Cốt thép dự ứng lực cũng được lắp luôn cùng với khung cốt thép
- Lắp ráp hệ ván khuôn trong.

Bước 2: Đổ bê tông nhịp đầu tiên

- Đổ bê tông, bảo dưỡng bê tông kết cấu nhịp.
- Sau khi bê tông đạt cường độ tiến hành căng kéo thép dự ứng lực.

Bước 3: Chuẩn bị lao hệ thống MSS

- Với công nghệ MSS chạy dưới và chạy giữa: Tháo dỡ liên kết giữa 2 phần dầm ngang, di chuyển ngang các dầm chính bằng xe goòng trên bệ đỡ công-son theo hướng xa kết cấu trụ, đến vị trí mà các dầm ngang có thể đi qua vị trí kết cấu trụ.
- Với công nghệ MSS chạy trên: Tháo bỏ liên kết hệ ván khuôn với thanh bar. Hạ thấp hệ thống ván khuôn, tháo bỏ liên kết giữa 2 phần của hệ và đưa hệ ván khuôn ngoài đến vị trí thấp nhất mà hệ ván khuôn có thể đi qua vị trí kết cấu trụ.

Bước 4: Lao hệ thống MSS

- Tiến hành lao các dầm chính đến vị trí đổ bê tông của nhịp tiếp theo bằng hệ thống mô tơ thủy lực hoặc hệ thống kích thủy lực. Hai dầm chính có thể được di chuyển độc lập hoặc đồng thời đến nhịp tiếp theo. Riêng với công nghệ MSS chạy trên tại thời điểm nhịp đã lao tới vị trí nhịp mới không có trụ đỡ nào tại vị trí đầu dầm chính phía sau, do đó phải lắp dựng khung treo tại vị trí phía trước mỗi nôi thi công (đầu dầm chính phía sau).

Bước 5: Sàng hệ thống MSS vào vị trí thi công

- Hai dầm chính được di chuyển theo phương ngang theo hướng gần trụ bằng xe goòng trên bệ đỡ công xon, liên kết các hệ thống dầm ngang.
- Lắp dựng khung treo tại vị trí phía trước mỗi nôi thi công, hệ dầm chính được

nâng lên bằng các kích chính đặt tại vị trí hệ đỡ công xôn phía trước (truyền lực xuống kết cấu móng trụ) và hệ treo phía sau của nhịp dầm chuẩn bị được thi công (truyền lực vào sườn của kết cấu dầm).

Bước 6: Đổ bê tông nhịp tiếp theo

- Lắp ráp, điều chỉnh hệ ván khuôn ngoài đúng vị trí yêu cầu. Bố trí, lắp dựng cốt thép thường và ống ghen kể cả cáp dự ứng lực.
- Di chuyển từng phân đoạn ván khuôn trong vào vị trí bằng xe goòng và điều chỉnh hệ ván khuôn bằng các xylanh thuỷ lực.
- Đổ bê tông nhịp tiếp theo
- Các nhịp tiếp theo được thi công lặp lại chu trình trên.

1.2.3 Các bộ phận cơ bản của hệ thống đà giáo MSS

Các bộ phận cơ bản của hệ thống MSS bao gồm:

1. Dầm chính - Girders.
2. Mũi dẫn - Nose.
3. Trụ đỡ - Pier Support.
4. Dầm ngang - Transverse beam.
5. Ván khuôn ngoài – External Formwork
6. Ván khuôn trong – Internal Formwork
7. Hệ thống bàn trượt lao dầm - Launching Wagons.
8. Khung treo - Suspension Gallows.
9. Sàn công tác – Platform.
10. Thiết bị lao, thiết bị thuỷ lực -Launching Equipment/Hydraulic Equipment

1.2.3.1 Dầm chính

Kết cấu dầm chính có 2 loại:

- Hệ dầm thép hình, thép bản tổ hợp.
- Hệ dàn thép.

a) Hệ dầm thép hình, thép bản tổ hợp

Hệ dầm chính được cấu tạo theo kiểu dầm thép hình, thép bản tổ hợp và được chia thành các đoạn có kích thước thích hợp để vận chuyển, được liên kết với nhau bằng bulông cường độ cao.

Cấu tạo kết cấu dầm bao gồm: 2 dầm sườn được liên kết với nhau bằng các thanh giằng, dầm ngang và thanh giằng có cấu tạo tấm phẳng để cấu tạo thành dầm chính có mặt cắt hình hộp hở hoặc hình hộp hở có hệ thanh giằng chống xoắn. Các thanh giằng có cấu tạo tấm phẳng ngoài tác dụng về mặt kết cấu còn có tác dụng làm đường công tác. Tại hai đầu dầm có bộ nối kiểu chốt để liên kết

mũi dẫn với dầm chính.

Trọng lượng một đơn vị kết cấu lớn nhất là 1,5 tấn, nhờ đó dầm chính có thể được lắp dựng thủ công bằng các cần cầu quay bình thường. Bề rộng đường bao của kết cấu dầm lớn nhất là 2,5 m, do vậy hệ thống cho lắp sẵn để vận chuyển đến công trường từng phân đoạn của kết cấu dầm. Dầm sườn được cấu tạo từ dầm dọc cánh trên, dưới và các tấm sườn được chế tạo sẵn với chiều dài tiêu chuẩn 2m, 4m và 6m, từ đó có thể lắp ráp thành dầm chính có chiều dài yêu cầu.

Hệ dầm chính gồm 2 dầm. Bản cánh dưới dầm hộp được gắn các ray, khi lao hệ thống MSS các ray này được đỡ trên bàn trượt lao dầm.

Trong quá trình đổ bê tông hệ thống MSS được đỡ trên bốn kích được đặt tại vị trí khung treo và hệ thống bàn trượt lao dầm trước, sau nhịp dầm cầu đang thi công. Dầm chính mang theo hệ ván khuôn ngoài và các xylanh thủy lực để đảm bảo thuận tiện cao nhất cho việc tháo, lắp và điều chỉnh ván khuôn.



b) Kết cấu dầm chính kiểu dàn thép

Kiểu kết cấu dàn thép cho dầm chính là hệ đà giáo chuyên dụng phục vụ thi công các nhịp từ 20m đến 30m được chấp thuận và sử dụng ở CHLB Đức, được công ty Thyssenkrupp áp dụng làm dầm chính trong công nghệ đà giáo đẩy có tên gọi là: *Heavy Duty Truss 50*.

Kết cấu dầm chính được tổ hợp từ các phân đoạn dàn thép tam giác chế tạo sẵn, trong đó các phân đoạn đầu dầm dài 2,5m, 3,0m và các phân đoạn giữa có chiều dài 4,0m, 6,0m, mặt khác tùy theo cấu tạo dầm mà đầu dàn được lắp các thanh chống.

Sự tổ hợp các phân đoạn, các thanh gia cường phụ thuộc vào chiều dài và sơ đồ kết cấu mà kết cấu dầm là giản đơn, liên tục hay nút thừa để lắp thêm các thanh tăng cường ở thanh mạt trên và mạt dưới kết hợp với thanh chống đầu dầm

Kết cấu dàn bao gồm các thanh giằng ngang được liên kết với dàn chủ bằng bulông cường độ cao tại vị trí chốt với khoảng cách 2m ở trên mặt thượng, mặt hạ.



1.2.3.2 Mũi dẫn

Phần kéo dài của kết cấu dầm chính là phần mũi dẫn ở hai đầu. Mũi dẫn gồm 2 phần. Phần đầu của mũi dẫn sẽ được uốn cong theo chiều đứng tạo góc theo phương ngang $4^\circ \div 5^\circ$. Mặt khác khả năng quay theo phương ngang của bàn trượt lao dầm có tác dụng định hướng hệ thống MSS.

Mũi dẫn được liên kết với dầm chủ bằng bulông cường độ cao tại hiện trường. Khớp nối giữa dầm chính và mũi dẫn sẽ cho phép điều chỉnh phương ngang, khi khớp nối theo phương đứng giữa mũi dẫn phần I và II được sử dụng cho điều chỉnh dốc dọc của hệ thống đà giáo.

Kích thước chiều cao, bề rộng của mũi dẫn bằng kích thước của dầm chính. Mũi dẫn được thiết kế như là dàn thép với mặt cắt chữ H hoặc tam giác - và các thanh xiên; hoặc dạng dầm. Mũi dẫn được lắp với ray đặt tại thanh mặt dưới phía trong.



Hệ mũi dẫn cho loại chạy dưới



Hệ mũi dẫn cho loại chạy trên

1.2.3.3 Trụ đỡ

Trụ đỡ có nhiệm vụ đỡ hệ thống MSS khi di chuyển cũng như khi đổ bê tông dầm. Có hai loại :

a) Trụ đỡ của hệ thống MSS chạy dưới và chạy giữa

Loại này thường được bố trí ở hai mặt bên của trụ, ngoài hai cặp của hệ đỡ công xôn thì cặp thứ 3 rất cần thiết được bố trí ở vị trí trụ đỡ tiếp theo khi lao dầm.



Trụ đỡ bao gồm các dầm hẫng thép hình đặt theo phương ngang cầu và được đỡ bởi các thanh chống xiên. Một thanh kéo thẳng đứng truyền một phần lực thanh kéo lên dầm hẫng thép hình ở gần vị trí thân trụ. Thanh ngang của hệ đỡ được đặt sâu vào trong thân trụ thông qua hốc trống để chờ sẵn và thanh kéo bằng thép cường độ cao dùng để liên kết chặt hai hệ đỡ công-xôn với nhau. Từ đó hệ đỡ công-xôn sẽ truyền lực thẳng đứng vào trụ.

Đối với hệ đỡ công-xôn có kích thước ngang lớn thì hệ còn được liên kết với hệ thanh treo lên đỉnh trụ.

b) Trụ đỡ của hệ thống MSS chạy trên



Đối với hệ thống MSS loại chạy trên, trụ đỡ được đặt trên đỉnh mố, trụ. Trụ đỡ thường được thiết kế bằng kết cấu thép hình và thép bản liên hợp và được liên kết với trụ cầu bằng các thanh thép dự ứng lực nhằm đảm bảo an toàn trong quá trình lao hệ thống MSS. Trên trụ đỡ được liên kết hệ bàn trượt, kích thủy lực có tác dụng định hướng, lao hệ thống đến vị trí quy định.

Trụ đỡ tại vị trí trụ phía cuối nhịp dầm đã được đổ bê tông trong quá trình đổ bê tông nhịp tiếp theo không có tác dụng lực. Lúc này khung treo dưới dầm ngang

đầu tiên tại vị trí cuối nhịp trước cùng với trụ đỡ cuối nhịp mới sẽ có tác dụng chịu toàn bộ tải trọng trong quá trình thi công đổ bê tông kết cấu nhịp. Giai đoạn này trụ đỡ trên sẽ được di chuyển, lắp dựng tại vị trí trụ đầu tiên của chu trình mới.

1.2.3.4 Dầm ngang

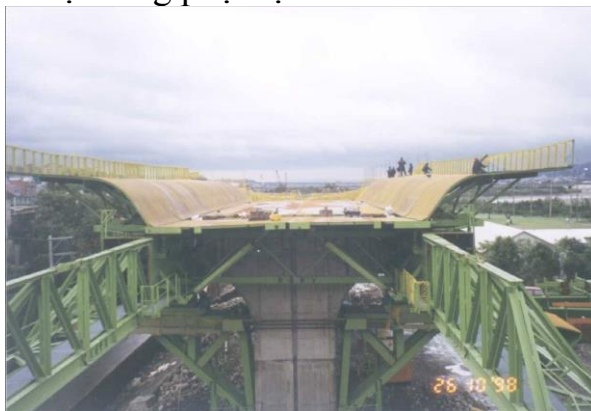


Hệ thống dầm ngang để đỡ hoặc treo ván khuôn đáy. Các dầm ngang được làm bằng thép hình hoặc dầm I, trên các dầm ngang có đặt các kích để điều chỉnh cao độ ván khuôn đáy. Các dầm ngang cũng được cắt rời tại vị trí cắt dọc của ván khuôn đáy. Khi di chuyển các dầm ngang di chuyển cùng với ván khuôn ngoài của dầm.

1.2.3.5 Ván khuôn ngoài

Hệ ván khuôn ngoài bao gồm:

- Ván khuôn sườn (kể cả ván khuôn bản đỡ bản cánh).
- Ván khuôn đáy.
- Hệ thống phụ trợ.



Hệ ván khuôn được chia thành các phân đoạn riêng biệt theo phương ngang cầu và dọc theo tim của kết cấu nhịp, chiều dài phân đoạn khoảng 6m trừ phạm vi trụ. Các phân đoạn được liên kết với dầm chính của hệ thống MSS và di chuyển theo khi lao dầm. Khi lao dầm đến vị trí nhịp đổ bê tông, việc đưa hệ ván khuôn vào vị trí được thực hiện bởi việc sàng ngang kết cấu dầm chính bằng

hệ thống bàn trượt lao dầm. Mỗi phân đoạn ván khuôn sườn được liên kết với hệ thống dầm chính bằng các xylanh thuỷ lực và các xà đỡ chịu lực. Hệ thống xylanh có tác dụng điều chỉnh vị trí và cao độ ván khuôn sườn theo yêu cầu thiết kế.

1.2.3.6 Ván khuôn trong

Hệ ván khuôn trong bao gồm:

- Ván khuôn trần.
- Ván khuôn thành bên.
- Hệ thống phụ trợ.



Hệ ván khuôn được chia thành các phân đoạn riêng biệt theo phương ngang cầu dọc theo tim của kết cấu nhịp, chiều dài phân đoạn khoảng 6m. Mỗi phân đoạn các tấm ván khuôn trần, ván khuôn thành và các kết cấu phụ trợ như: xà đỡ chịu lực, xylanh thuỷ lực... được liên kết với xe goòng chạy bằng mô tơ thuỷ lực.

Hệ thống đường ray phục vụ sự di chuyển của xe goòng được đặt trên các con kê bê tông đúc sẵn với tổng chiều dài bằng 1,5 lần chiều dài nhịp đúc và được luân chuyển trong quá trình đúc kết cấu từ nhịp này đến nhịp tiếp theo.

Trong quá trình di chuyển xe goòng các tấm ván khuôn thành, ván khuôn trần và kết cấu phụ trợ được gấp lại, thu vào nhờ hệ thống các xylanh thuỷ lực, sao cho đường bao của các phân đoạn có kích thước nhỏ nhất có thể dịch chuyển qua các vị trí vách ngăn tại đỉnh trụ của kết cấu nhịp dầm.

1.2.3.7 Hệ thống bàn trượt lao dầm

Hệ thống bàn trượt lao dầm là hệ thống đỡ định hướng cho hệ thống đà giáo di động (MSS) và là phần cốt yếu của hệ thống. Hệ bàn trượt được đặt trên trụ đỡ.



Lắp đặt bàn trượt



Cấu tạo bàn trượt

Hệ thống bàn trượt lao dầm chính sẽ đỡ hệ thống MSS trong quá trình lao. Khi đổ bê tông kết cấu nhịp cầu, dầm chính sẽ được đỡ bằng hệ thống kích thủy lực. Đối với MSS loại chạy dưới, hệ bàn trượt lao dầm được sàng ngang nhờ các xylanh thủy lực và đưa dầm chính vào vị trí đổ bê tông kết cấu nhịp. Nhờ giá đỡ hệ bàn trượt có khả năng xoay theo phương ngang do vậy việc chỉnh hướng lao của dầm chính được thực hiện dễ dàng.

Có 2 loại hệ bàn trượt: Hệ bàn trượt với hệ thống lao bằng mô tơ thủy lực và hệ bàn trượt với hệ thống lao thủy lực. Đối với hệ bàn trượt thứ nhất, mô tơ thủy lực truyền động vào bánh xe chủ động có tác dụng định hướng và đẩy dầm và chức năng của các bánh xe bị động phía ngoài có tác dụng chống lại sự lệch của dầm chính nhằm đảm bảo an toàn. Bánh xe này sẽ không có lực tác dụng khi hoạt động bình thường.

Với hệ bàn trượt thứ hai xylanh thủy lực truyền lực đẩy vào tim trục dầm chính, dầm được định hướng và lao trượt trên các tấm Teflon hoặc lăn trên các bánh xe chủ. Trong đó bánh xe chủ có tác dụng chịu lực chính và bánh xe phụ có tác dụng như bánh xe bị động của hệ bàn trượt thứ nhất.

Đối với MSS chạy dưới các kích thủy lực của hệ thống bàn trượt cùng với các thanh kéo của khung treo và với MSS chạy trên các kích thủy lực là các vật đỡ hệ thống MSS chủ yếu khi đổ bê tông. Kinh nghiệm cho thấy, đối với kết cấu nhịp cầu 50m thì tải trọng trên một kích vào khoảng 600 tấn phía trước/400 tấn phía sau.

Khi dầm chính vào vị trí, tất cả các kích thủy lực được đặt dưới điểm kích của dầm chính, là điểm kê trên cho kích của hệ đỡ công xôn. Áp lực dầu bắt đầu nâng trục đẩy của kích. Sau khi trục đẩy của kích chuyển động khoảng 50mm, trục đẩy của kích tiếp xúc mặt đế dưới của điểm kích và kích bắt đầu nâng hệ thống MSS.

Khi đạt cao độ khởi đầu, nút an toàn của kích được vận chặt và áp lực dầu

được giảm.

1.2.3.8 Khung treo



Khung treo hệ MSS chạy dưới

Khung treo hệ MSS chạy trên

Đối với hệ thống MSS loại chạy dưới, khung treo bao gồm khung chịu lực bằng thép và các thanh treo bằng thép cường độ cao, nó được dùng cho tất cả các nhịp dầm, trừ các vị trí nhịp dầm đầu tiên và nhịp dầm có khe co giãn. Khi đổ bê tông phần sau của dầm chính được treo bởi hệ thống khung treo và truyền lực xuống phần kết cấu dầm cầu bê tông đã đủ khả năng chịu lực.

Khung chịu lực bằng thép hình được đỡ trực tiếp tại các vị trí của sườn dầm kết cấu cầu. Hệ khung này đảm bảo các bộ thanh treo đi qua lỗ chừa sẵn trên bản mặt cầu, bắc qua kết cấu nhịp dầm. Khung treo được đỡ trên 2 kích thủy lực cùng loại với kích trên hệ thống bàn trượt lao dầm nhưng khả năng nâng thấp hơn (khoảng 400 tấn). Chiều cao của khung treo tùy thuộc vào sự cần thiết tĩnh không cho xe tải phục vụ thi công hay không.

Đối với hệ thống MSS loại chạy trên, giá treo cũng có kết cấu tương tự như hệ thống MSS loại chạy dưới. Được liên kết với dầm ngang tại vị trí đầu dầm kết cấu nhịp cầu và truyền lực phản lực kích vào dầm ngang.

Khi đổ bê tông kết cấu nhịp hệ 2 kích dưới giá treo kết hợp với 2 kích trên trụ đỡ có tác dụng chịu toàn bộ tĩnh tải kết cấu và thiết bị thi công.

Nói chung giá treo của các loại hệ thống MSS có tác dụng truyền tĩnh tải thi công vào kết cấu nhịp dầm bê tông đã đủ khả năng chịu lực, để tiết kiệm vật liệu cho kết cấu nhịp chính và sơ đồ chịu lực của kết cấu nhịp dầm cầu trong thi công tương ứng với giai đoạn khai thác.

1.2.3.9 Sàn công tác

Sàn công tác là nơi để thi công, đường di chuyển của công nhân và các máy móc thiết bị nhỏ. Là sàn để thi công các công tác như đổ bê tông, kích đẩy dầm, tháo lắp các bộ phận, căng cáp dự ứng lực....

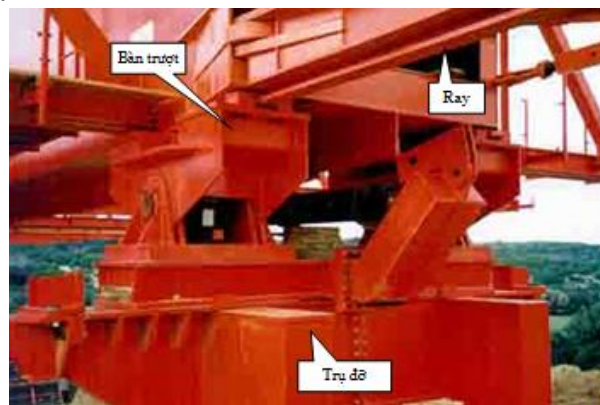


Sàn công tác ở mũi dẫn

1.2.3.10 Thiết bị lao, thiết bị thủy lực

Trong quá trình đổ bê tông, hệ thống MSS được đỡ trên bốn kích chủ yếu. Chúng được đặt tại hệ đỡ công xôn trước và sau nhịp chuẩn bị đúc (và trên mặt cầu, bên dưới khung treo). Kích được trang bị ốc hãm để chịu lực một cách an toàn và khớp khuyên yên ngựa.

Sau lao hệ thống MSS bốn kích bắt đầu hoạt động. Dầm chính được nâng lên khoảng 200mm phía trên kích. Khi đạt tới cao độ khởi đầu, ốc hãm an toàn được vặn chặt và áp lực dầu được giảm xuống.



1.3 MỘT SỐ VẤN ĐỀ LIÊN QUAN ĐẾN CÔNG NGHỆ

1.3.1 Môi nối thi công dầm

Đối với cầu BTCT DUL liên tục nhiều nhịp, công nghệ thi công đổ bê tông trên đà giáo di động cũng như phần lớn các công nghệ thi công khác đều đòi hỏi mỗi nối trong quá trình thi công kết cấu dầm. Mỗi nối thi công một mặt cho phép thi công từng đoạn một liên tiếp một cách hiệu quả nhưng mặt khác chúng là điểm yếu trong kết cấu công trình.

Hầu như tất cả các biện pháp thi công đều dự kiến đặt neo, nối các bó cáp dự ứng lực tại mỗi nối thi công và mặt cắt bê tông tiếp tục giảm yếu gây ra bởi hệ thống neo. Chính vì vậy trong phạm vi này cốt thép thường được bố trí đặc biệt cẩn thận. Để bù lại sự giảm cường độ chịu kéo tại mỗi nối thi công thì cốt thép

được đặt như cốt thép nối.



Mối nối thi công



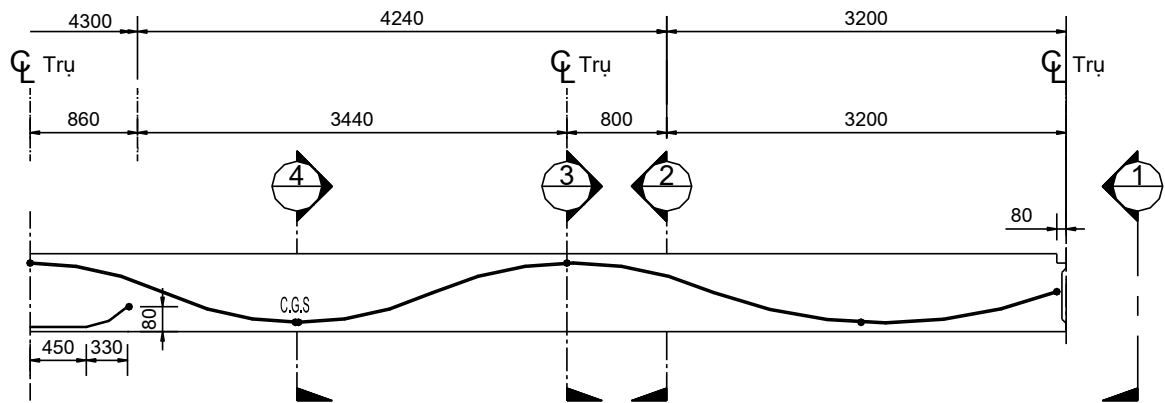
Căng cáp DU'L ở mũi dẫn

Trong đoạn mới đổ bê tông, cốt thép được yêu cầu đặt song song cho mỗi nối để chịu ứng suất kéo sinh ra do co ngót. Ứng suất kéo sinh ra do nhiệt độ của quá trình Hydrat hoá, đặc biệt với các bộ phận kết cấu dày hơn có thể giữ ở giá trị nhỏ thông qua theo dõi để giữ nhiệt độ ở giới hạn hợp lý.

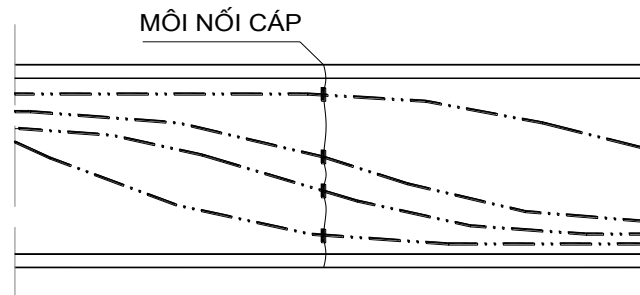
Nếu các cáp dự ứng lực được neo tại mỗi nối thi công, bê tông của các đoạn lân cận tiếp theo bị hạn chế ra khỏi ảnh hưởng của biến dạng do từ biến của đoạn trước vì ứng suất nén lớn đằng sau neo. Ứng suất kéo vì thế phát sinh ở các vị trí gần và sau neo, có thể dẫn tới nứt bê tông nếu các ứng suất này không được cân bằng bởi tạo ứng suất trước liên tục. Ứng suất nén cũng phát sinh vì những lý do tương tự, nhưng ở chừng mực nào đó chúng đã được mất khỏi phạm vi neo. Chính vì vậy cốt thép thường phải được bố trí gần neo để đem lại vết nứt nhỏ.

1.3.2 Mối nối cáp dự ứng lực

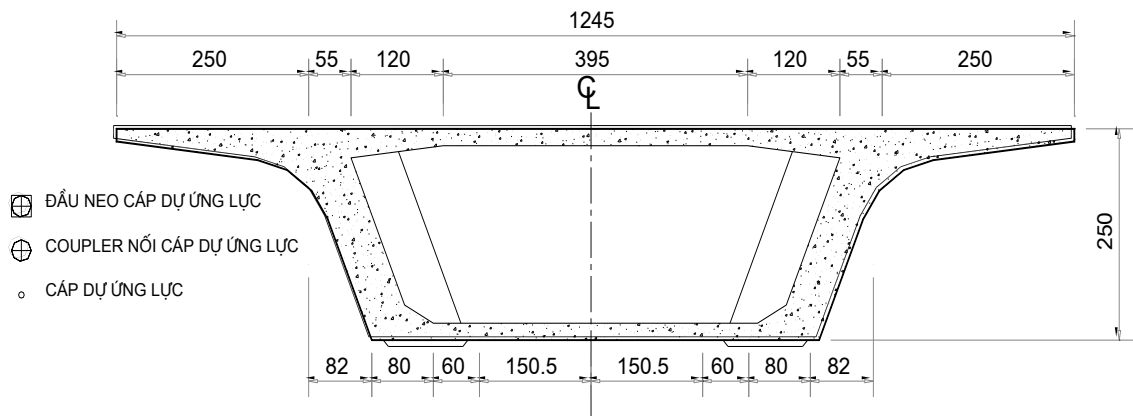
Mối nối cáp trước khi tạo dự ứng lực cho bó cáp đã được nối (The Coupled Tendon) có cơ cấu làm việc như mối nối thi công với một bó cáp đã neo. Sau khi tạo DU'L cho bó cáp thì cơ cấu làm việc cũng như vậy nhưng với điều kiện ngược lại. Gần các bó cáp hiện tượng tăng ứng suất nén xảy ra và chỉ trong phạm vi ứng suất kéo phát sinh cần bố trí cốt thép thường. Những ứng suất kéo này còn lại vô cùng nhỏ nếu các bộ nối (The Couplers) được phân bố xa nhau bằng tấm đệm ở đoạn đổ bê tông tiếp theo. Toàn bộ DU'L được truyền vào bê tông thông qua mối nối cáp. Tất nhiên tốt nhất là nên tránh bố trí vị trí nối cáp trên cùng một mặt cắt.



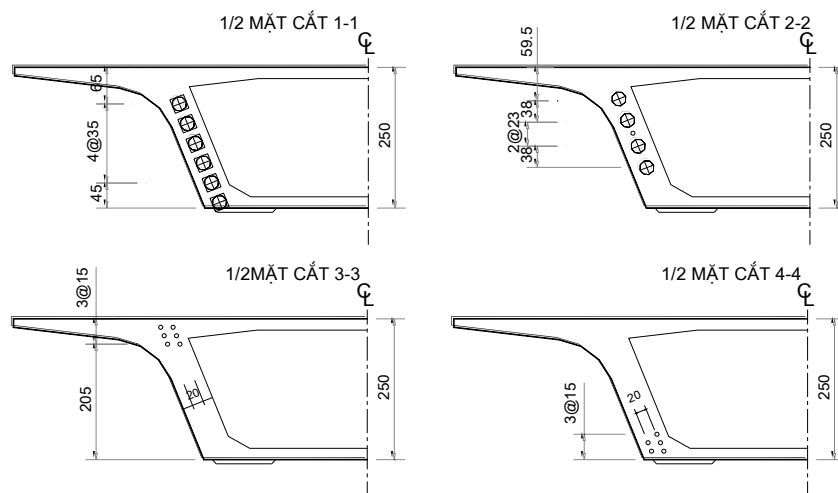
Bố trí cốt thép dọc cầu



Mối nối cáp suốt chiều dài dầm trong sườn hộp



Mặt cắt ngang điển hình bố trí cáp dự ứng lực



Mặt cắt ngang bố trí cáp dự ứng lực

II. CÔNG NGHỆ THI CÔNG LẮP GHÉP CẦU BTCT PHÂN ĐOẠN TRÊN ĐÀ GIÁO DI ĐỘNG

2.1 TÍNH NĂNG CƠ BẢN VÀ NGUYÊN LÝ HOẠT ĐỘNG CỦA CÔNG NGHỆ

2.1.1 Các tính năng cơ bản của công nghệ

Với đặc điểm trọng lượng hệ thống đà giáo nhẹ, dễ dàng tháo lắp trong quá trình thi công cùng với sự trợ giúp đặc biệt của hệ thống thủy lực, hệ thống nâng hạ, lao đẩy hoàn chỉnh, công nghệ lắp ghép phân đoạn dầm dưới hệ thống đà giáo di động có những tính năng nổi bật sau:

Có khả năng sử dụng lại hệ thống thiết bị cho từng nhịp với chu trình công nghệ lắp đi lắp lại tạo sự vận hành thuận thực của nhân lực, thiết bị. Do vậy đem lại sự chuẩn xác trong công nghệ, hiệu quả về kinh tế, đáp ứng năng suất và tiến độ công trình rất cao.

Hệ thống đà giáo di động được lắp đặt trên các mô trụ đã thi công xong và cứ tuần tự lắp xong từng nhịp lại lao lắp các nhịp tiếp theo. Công nghệ này đảm bảo được khoảng không bên dưới cho các phương tiện lưu thông thủy, bộ đặc biệt là trong các thành phố lớn với mặt bằng thi công chật hẹp, phương tiện giao thông đông đúc, yêu cầu về môi trường đô thị cao.

Dễ dàng áp dụng cho các cầu với các loại sơ đồ kết cấu nhịp giản đơn hay liên tục, các loại mặt cắt ngang hộp đơn hay hộp kép và các loại khẩu độ nhịp thông thường với chiều dài nhịp từ 35÷60 m. Chiều dài cầu thường được áp dụng từ 500 mét đến vài kilômét, công nghệ này đạt được hiệu quả kinh tế cao khi cầu có tối thiểu 600÷800 đốt. Trong trường hợp chiều dài cầu lớn, có thể triển khai thi công nhiều mũi bằng việc bố trí thêm nhiều hệ thống đà giáo di động.

Với đặc điểm thi công các phân đoạn dầm đúc sẵn được lao lắp dưới đà giáo vào vị trí, sau đó căng cáp DUL liên kết các phân đoạn với nhau tạo thành kết cấu nhịp, do vậy thời gian thi công rất nhanh, chu trình thi công một nhịp trong thực tế thông thường đạt được là 2 ÷ 3 ngày/1 nhịp.

Hệ đà giáo có cấu tạo các chốt đặc biệt có khả năng thi công các cầu nằm trên đường cong với bán kính nhỏ nhất có thể áp dụng: $R_{\min} = 75m$.

Độ võng lớn nhất của hệ dầm chính: $f_{\max} = L/500$

Trọng lượng lớn nhất của 1 phân đoạn dầm: $S_{\max} = 80T$

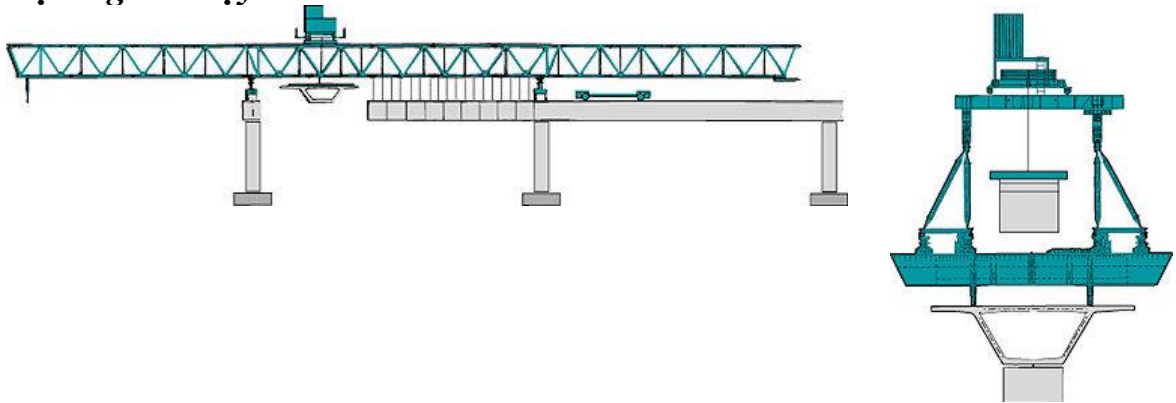
2.1.2 Nguyên lý hoạt động của công nghệ

Hệ đà giáo di động dùng lao lắp các đốt dầm được phân thành hai loại dựa trên mối tương quan giữa cao độ hệ đà giáo và cao độ kết cấu nhịp:

- Hệ đà giáo chạy trên (Overhead).

- Hệ đà giáo chạy dưới (Underslung).

a) Hệ đà giáo chạy trên



Hệ đà giáo chạy trên là hệ đà giáo đặt cao bên trên kết cấu nhịp và truyền tải trọng của hệ đà giáo trực tiếp xuống kết cấu nhịp và đỉnh trụ. Điểm đặc trưng của loại hình này là hệ giàn chính và mũi dẫn lao trên 2 dầm đỡ chính: dầm đỡ sau đặt trên mặt cắt nhịp đã lắp phía trên đỉnh trụ, dầm đỡ trước đặt trực tiếp trên đỉnh trụ hoặc cũng đặt trên phân đoạn dầm đã lắp trước trên đỉnh trụ. Các đốt dầm khi lắp sẽ được treo dưới đà giáo bằng các thanh bar cường độ cao cho đến khi căng cáp DUL liên tục các đốt dầm.

Do hệ giàn chính và mũi dẫn chạy cao bên trên kết cấu nhịp nên ở hai đầu mũi dẫn trước và sau được cấu tạo các hệ kích chống đặc biệt xuống đỉnh trụ và kết cấu nhịp để phục vụ trong quá trình lao dọc đà giáo. Với loại hình này, tĩnh không dưới cầu hoàn toàn được đảm bảo trong quá trình thi công.

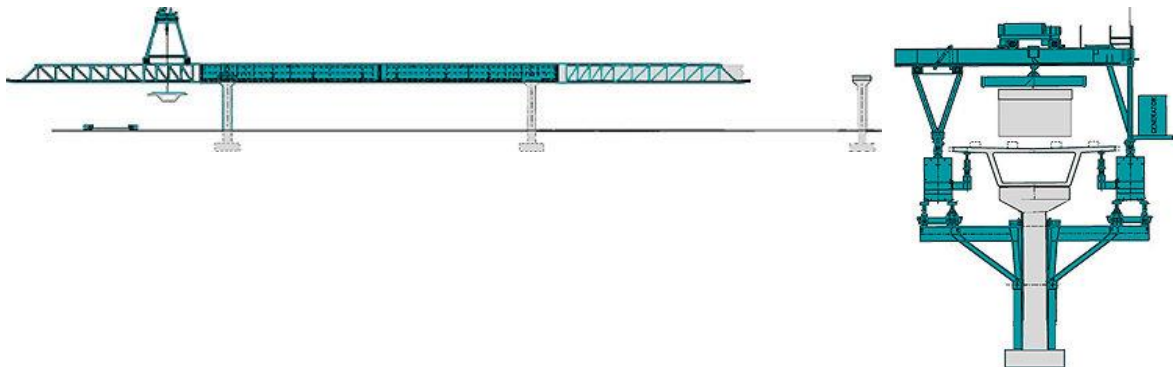


Đà giáo kiểu chạy trên kê lên đỉnh trụ và kê lên phân nhịp đã lắp

b) Hệ đà giáo chạy dưới

Hệ đà giáo chạy dưới là hệ đà giáo tựa trên các giá đỡ công-son được mở rộng từ thân trụ, do vậy cao độ của hệ đà giáo có thể ngang bằng hoặc thấp hơn cao độ kết cấu nhịp. Điểm đặc trưng của loại hình này là phải thi công các giá đỡ công xôn mở rộng từ thân trụ làm điểm tựa cho hệ dầm chính và mũi dẫn lao phía trên. Dầm chính có cấu tạo các tay đỡ tạo điểm tựa giữ các phân đoạn dầm khi lắp. Các điểm tựa này có thể điều chỉnh vị trí và cao độ bằng kích và các

tấm đệm để đảm bảo vị trí yêu cầu khi lao lắp và căng cáp DUL liên tục các đốt dầm.



Đối với hệ đà giáo chạy dưới, hệ dầm chính và mũi dẫn lao trực tiếp trên các bàn lăn đặt trên giá đỡ công xôn nên mũi dẫn phía trước có cấu tạo uốn cong lên theo chiều đứng từ $7^\circ \div 10^\circ$ để thuận tiện trong quá trình lao dọc khi mũi dẫn tiếp xúc vào bàn lăn. Với loại hình này, tĩnh không dưới cầu bị hạn chế một phần do kết cấu giá đỡ công xôn mở rộng trụ và hệ đà giáo chạy dưới.

2.1.3 Chu trình công nghệ

Quá trình thực hiện công nghệ thi công dầm BTCT phân đoạn lắp ghép trên đà giáo di động dù là loại hình chạy trên hay chạy dưới đều phải tuân thủ nguyên tắc chung về chu trình thực hiện công nghệ như sau:

Bước 1: Lắp đặt hệ đà giáo trên nhịp đầu tiên

- Hệ đà giáo được lắp ráp trên nhịp đầu tiên bằng cầu và có thể sử dụng hệ trụ đỡ tạm.

Bước 2: Tiến hành lao lắp các phân đoạn dầm

- Các phân đoạn dầm đúc sẵn được vận chuyển ra công trường theo hướng lên từ phía sau mố hoặc theo đường chui dưới cầu hoặc sông. Cổng trục chạy bên trên hệ đà giáo nhấc các đốt dầm vào vị trí và treo giữ trên đà giáo.

Bước 3: Căng cáp DUL liên kết các phân đoạn dầm

- Sau khi lao lắp toàn bộ các đốt dầm vào vị trí, tiến hành căng các bó cáp DUL liên kết các phân đoạn dầm thành nhịp cầu đầu tiên.

Bước 4. Lao dọc đà giáo đến nhịp tiếp theo

- Sau khi đã căng kéo DUL nhịp đầu tiên xong, giải phóng các thanh treo hoặc kích đỡ đốt dầm và di chuyển hệ đà giáo tới thi công nhịp tiếp theo với chu trình tương tự.

2.2 CÁC PHẦN CƠ BẢN CỦA HỆ ĐÀ GIÁO

Cấu tạo của hệ thống đà giáo gồm có các bộ phận cơ bản sau:

- Hệ giàn chính, dầm chính (Main truss, Main girder).

- Mũi dẫn (Nose truss).
- Cổng trục lao lắp đốt dầm (Crane).
- Hệ dầm đỡ, giá đỡ công xôn (Support beam, Bracket).
- Hệ thống kích đẩy lao dọc đà giáo (Launching system).

2.2.1 Hệ giàn chính, dầm chính

Với yêu cầu giàn chính hay dầm chính phải đảm bảo độ cứng để chịu tĩnh tải các phân đoạn dầm, có thể lao đẩy dọc giàn trên các trục lăn và tự nó phải làm đường lăn cho cầu cổng di chuyển bên trên, do vậy có thể cấu tạo chúng ở dạng giàn thanh không gian (đối với hệ đà giáo chạy trên) hay dạng dầm hộp thép (đối với hệ đà giáo chạy dưới). Thông thường hệ giàn thanh không gian có biên cứng song song được sử dụng phổ biến để làm giàn chính vì những ưu điểm như: trọng lượng nhẹ, dễ thao tác thi công, dễ lắp dựng tại hiện trường... Hệ gồm có 2 giàn chạy 2 bên, mỗi giàn phải tự đứng thẳng ổn định nên trên mặt cắt ngang, giàn có cấu tạo mở rộng chân thành hình tam giác với hai thanh mạ hạ.

Tùy theo yêu cầu về khẩu độ nhịp, bề rộng mặt cầu, các yếu tố này sinh ra tải trọng lên hệ đà giáo lớn hay nhỏ, từ đó hệ giàn chính có cấu tạo phù hợp, phải đạt các chỉ tiêu kỹ thuật về chiều dài, độ cứng...



Dầm-dàn chính lắp hẫng kiểu chạy dưới

Dầm-dàn chính lắp hẫng kiểu chạy trên

2.2.2 Mũi dẫn

Hai đầu dầm chính được nối với hệ mũi dẫn gồm có:

- Mũi dẫn trước (Front nose truss).
- Mũi dẫn sau (Rear nose truss).

Mũi dẫn thường được cấu tạo dạng giàn thanh không gian có biên cứng song song. Với đặc điểm tương đồng về quy trình thi công và sơ đồ chịu lực, cấu tạo chung mũi dẫn của hệ đà giáo chạy trên và hệ đà giáo chạy dưới hoàn toàn giống nhau. Riêng ở đầu mũi dẫn có cấu tạo khác biệt giữa hai loại hình chạy trên và chạy dưới để phù hợp cho công tác lao dọc hệ đà giáo.

a) Mũi dẫn hệ đà giáo chạy trên

Do hệ giàn chính và mũi dẫn chạy cao bên trên kết cấu nhịp nên ở hai đầu mũi dẫn trước và sau được cấu tạo các hệ kích chống đặc biệt xuống đỉnh trụ hoặc kết cấu nhịp để phục vụ trong quá trình lao dọc đà giáo.

b) Mũi dẫn hệ đà giáo chạy dưới

Đối với hệ đà giáo chạy dưới, hệ giàn chính và mũi dẫn lao trực tiếp trên các bàn lăn đặt trên giá đỡ công xôn nên mũi dẫn phía trước có cấu tạo uốn cong lên theo chiều đứng từ $7^\circ \div 10^\circ$ để thuận tiện trong quá trình lao dọc khi mũi dẫn tiếp xúc vào bàn lăn.

2.2.3 Hệ dầm đỡ, giá đỡ công xôn

a) Hệ dầm đỡ đà giáo chạy trên

Hệ dầm đỡ thường có cấu tạo dạng dầm hộp thép, tùy theo đặc điểm chi tiết của công nghệ, hệ dầm đỡ gồm có dầm đỡ trước và dầm đỡ sau.

Các dầm đỡ được đặt trên đỉnh trụ hoặc trên mặt cầu phía trên đỉnh trụ thông qua các ụ chống, kích thủy lực và các tấm đệm để điều chỉnh đảm bảo mặt dầm đỡ luôn nằm ngang.



Dầm đỡ kê lên dầm chủ



Dầm đỡ kê trực tiếp lên đỉnh xà mũi trụ

Với trường hợp thi công bằng đà giáo chạy trên, khi dầm đỡ trước kê lên đoạn dầm đặt trên đỉnh trụ thì hai dầm đỡ có cấu tạo tương tự nhau. Còn trường hợp dầm đỡ trước kê trực tiếp lên đỉnh trụ thì lúc này dầm đỡ trước cao hơn dầm đỡ sau, khi đó dầm đỡ trước được giữ trên đỉnh trụ bằng 4 kích thủy lực 600T tại hai điểm kê, mỗi điểm có 2 kích đối xứng qua tim dầm đỡ.

Dầm đỡ sau tựa trên mặt cầu đã thi công. Tùy theo bề rộng mặt cầu mà có thể bố trí thêm các điểm kê dầm ngoài hai điểm kê chính.

Tại hai điểm kê chính ở hai đầu ngoài cùng, dầm đỡ sau tựa lên mặt cầu thông qua 4 kích thủy lực 500T, mỗi điểm có 2 kích đối xứng qua tim dầm đỡ.

Với yêu cầu đặc trưng của công nghệ lao dọc hệ đà giáo, cần phải có 2 dầm

đỡ sau để thay đổi trong quá trình lao dọc. Tại thời điểm đầu mũi dẫn trước vừa lao đến trụ trước và chống kích lên trụ trước để giữ ổn định, phải tiến hành tháo hệ dầm đỡ trước từ trụ sau chuyển lên trụ trước, do vậy phải lắp đặt thêm 1 dầm đỡ sau vào sát bên dầm đỡ trước trước khi chuyển dầm đỡ trước đi.

b) Hệ giá đỡ công-son đà giáo chạy dưới



Hệ giá đỡ công-son được neo giữ vào thân trụ để mở rộng thân trụ ra hai bên theo phương ngang cầu, tạo mặt bằng cho bàn lăn và kích đỡ hệ đà giáo. Hai giá đỡ công-xôn đối xứng hai bên được lắp vào các mẫu neo chờ sẵn trên thân trụ và được neo cứng với nhau bằng hệ thống các thanh bar cường độ cao. Nói chung giá đỡ công-son của đà giáo chạy dưới cầu tạo cũng giống như trụ đỡ của hệ thống MSS chạy dưới.

2.2.4 Cầu công lao lắp các đốt dầm



Cầu công có tác dụng nâng các phân đoạn dầm và đưa vào đúng vị trí của kết cấu nhịp. Đường ray chạy dọc cho cầu công chính là mạt trên của hệ đà giáo di động. Hệ thống cầu bên trên có thể di chuyển theo phương ngang để điều chỉnh vị trí các phân đoạn dầm.

Đối với trường hợp các phân đoạn dầm được xe vận chuyển chở ra trên các nhịp đã thi công xong, hệ cầu công phải di chuyển về phía mũi dẫn sau để nhấc đốt dầm từ mặt cầu đã thi công trước. Để có thể đưa ra phía trước, các đốt dầm phải ở vị trí xoay dọc theo tim cầu để di chuyển ở khoảng trống giữa hai giàn

chính. Khi tới vị trí đốt dầm phải được hạ thấp phía dưới hệ giàn chính rồi mới xoay ngang và được nâng lên vào đúng vị trí yêu cầu. Do vậy, các đốt dầm khi lao lắp được treo dưới cầu công qua bộ phận mâm xoay có khả năng quay các đốt dầm theo phương ngang.

2.3 CÔNG NGHỆ CHẾ TẠO VÀ THI CÔNG CÁC PHÂN ĐOẠN DẦM ĐÚC SẴN

Với giải pháp công nghệ này, điểm đặc trưng là các phân đoạn dầm BTCT được đúc sẵn trong công xưởng và sau đó được vận chuyển ra lao lắp tại hiện trường. Ngày nay, với rất nhiều nghiên cứu và áp dụng về vật liệu BTCT, việc thi công các kết cấu BTCT trở nên vô cùng thuận tiện, đảm bảo được những yêu cầu về chất lượng rất cao đặc biệt là việc thi công kết cấu BTCT trong công xưởng. Hiện tại ở một số nước đã sử dụng bê tông cường độ cao $60 \div 70$ MPa.

2.3.1 Kỹ thuật đúc phân đoạn dầm theo nguyên tắc nối tiếp xúc



Để sự liên kết giữa các phân đoạn dầm đủ khả năng chống lại lực cắt phát sinh trong giai đoạn thi công và khai thác, mặt tiếp xúc giữa các đốt phải có các khóa chống cắt và mỗi nối tiếp xúc phải kín khít, tránh sự xâm nhập của môi trường. Để thỏa mãn các yêu cầu trên, việc đúc dầm được tiến hành theo nguyên tắc nối tiếp xúc hay kỹ thuật ‘in oản’.

Nội dung cơ bản của kỹ thuật này là việc thi công các đốt dầm phải theo trình tự lần lượt từng đốt nối tiếp nhau, bề mặt liên kết của đốt đúc trước làm ván khuôn cho đốt tiếp theo. Kỹ thuật này có hai phương pháp đúc chính: Bệ đúc toàn nhịp (Long line casting) và bệ đúc phân đoạn (Short line casting).

a) Bệ đúc phân đoạn (Short line casting)

Bệ đúc dầm có chiều dài chỉ bằng 2 lần chiều dài đốt đúc, ván khuôn dầm và 1 mặt ván khuôn bịt đầu đặt cố định, ván khuôn đáy có thể điều chỉnh cao độ và độ nghiêng theo phương dọc cầu. Sau khi đúc xong và bê tông đã đủ cường độ yêu cầu, đốt dầm đúc sẵn được di chuyển về phía trước để lấy mặt bằng đúc phân đoạn tiếp theo.

Phương pháp này yêu cầu mặt bằng bệ đúc nhỏ hơn nhưng các đốt đúc phải chờ một thời gian tối thiểu để bê tông đủ cường độ trước khi nhắc chuyển và phải tính toán chi tiết để điều chỉnh độ dốc dọc, dốc ngang và cả góc chuyển hướng (đối với cầu cong) cho từng đốt dầm để đảm bảo hình dạng tổng thể của kết cấu nhịp.

b) Bệ đúc toàn nhịp (Long-line-casting)

Bệ đúc dầm có chiều dài bằng chiều dài nhịp và được tạo dốc dọc theo đúng độ dốc thiết kế của kết cấu nhịp khi hoàn thiện. Hệ thống ván khuôn di chuyển dọc chiều dài nhịp và được điều chỉnh theo đúng độ dốc dọc và trắc ngang của kết cấu nhịp. Các phân đoạn dầm được đúc lần lượt theo kỹ thuật ‘in oản’.

Phương pháp này có thuận lợi là tiến độ sản xuất nhanh hơn, dễ dàng kiểm soát chính xác độ dốc dọc cũng như dốc ngang của kết cấu nhịp đặc biệt là nhịp cầu cong. Tuy nhiên yêu cầu về mặt bằng bệ đúc lớn hơn, đảm bảo vững chắc để không bị lún ảnh hưởng đến hình dạng chung của kết cấu nhịp và sự kín khít của các đốt dầm khi liên kết.



Bệ đúc các đốt dầm

2.3.2 Công nghệ lao lắp dầm

Công tác lao lắp các phân đoạn dầm trong công nghệ thi công cầu BTCT phân đoạn lắp trên đà giáo di động về nguyên tắc không có gì khác biệt với công tác lao lắp các đốt dầm trong công nghệ lắp hẫng. Tuy nhiên với đặc thù riêng của công nghệ, công tác lao lắp các phân đoạn dầm ở đây có một số biến đổi, phát triển cho phù hợp công nghệ, đảm bảo yêu cầu, tiêu chuẩn kỹ thuật.

a) Lao lắp bằng cầu cổng

Khi điều kiện mặt bằng bên dưới thuận tiện, các đốt dầm có thể được vận chuyển đến phía dưới nhịp và việc nâng lên, đặt các đốt dầm vào vị trí rất thuận tiện.

Trong trường hợp điều kiện mặt bằng không cho phép, các đốt dầm được chở

đến phía mũi dẫn sau trên mặt cầu đã hoàn thành. Cầu công chuyển các đốt dầm từ sau ra trước và xoay ngang đốt dầm hạ vào đúng vị trí yêu cầu.

b) *Thi công lao lắp từng nhịp (Span-by-span erection method)*

Đây là phương pháp thông dụng sử dụng cho các nhịp trung bình từ 35m đến 50m. Đặc điểm của phương pháp này là thi công lắp toàn bộ các phân đoạn của một nhịp, tiến hành căng kéo cáp DUL tất cả các đốt dầm, hoàn tất và lao dọc đà giáo tiếp tục thi công các nhịp tiếp theo. Phương pháp thi công này đơn giản, tiến độ thi công nhanh hơn.

c) *Thi công hẫng cân bằng (Balanced-cantilever erection method)*

Phương pháp này sử dụng phù hợp cho các nhịp lớn hơn, chiều dài nhịp từ 50m đến 70m. Đặc điểm của phương pháp này là thi công lắp đối xứng cân bằng qua tim trụ và căng trước các phân đoạn dầm với nhau tạo thành hệ khung T đối xứng. Các phân đoạn giữa nhịp được lao lắp sau cùng, thi công mỗi nối ước và tiến hành căng kéo DUL nối liên tục kết cấu nhịp.

Sử dụng phương pháp này phù hợp cho các nhịp lớn vì trong quá trình thi công, các đốt dầm khi lắp đối xứng qua trụ có thể tự cân bằng do vậy hệ đà giáo chỉ chịu tải trọng chủ yếu của các đốt dầm giữa, không đòi hỏi đà giáo phải có độ cứng cao, có cấu tạo to lớn và nặng nề.

2.3.3 *Mối nối giữa các đốt dầm*

Điểm đặc trưng riêng biệt của công nghệ thi công cầu BTCT lắp ghép nói chung và công nghệ thi công cầu BTCT DUL phân đoạn lắp ghép dưới đà giáo di động nói riêng là xử lý mối nối giữa các phân đoạn. Trên bề mặt tiếp giáp giữa hai đốt dầm phải bố trí các khóa chống cắt trên suốt chiều cao sườn dầm và ở cả các bản đỉnh và đáy. Vấn đề đặc biệt quan trọng đối với các mối nối là phải đảm bảo bề mặt tiếp xúc tốt, khít chặt giữa hai đốt dầm.

Có hai loại mối nối theo tiêu chuẩn 22TCN-272-05 bao gồm:

- Mối nối loại A: mối nối ướt (Wet joint).
- Mối nối loại B: mối nối khô (Dry joint).

a) *Mối nối khô:*

- Mối nối khô là loại mối nối không dùng bất cứ vật liệu dính bám nào giữa hai mặt tiếp xúc của hai đốt dầm. Keo epoxy có thể dùng để miết mạch bên ngoài ngăn cản các tác nhân xâm thực từ môi trường. Đây là giải pháp mối nối tạo thuận tiện cho công tác lao lắp, giảm bớt một số công tác hiện trường giúp đẩy nhanh tiến độ thi công.
- Ngược lại, yêu cầu đối với công tác sản xuất các phân đoạn dầm trong công

xưởng đòi hỏi phải đạt chất lượng rất cao về vật liệu, về kích thước, đặc biệt đối với các bề mặt tiếp xúc phải đảm bảo độ kín khít.

- Tuy nhiên sau khi áp dụng tại một số công trình, mối nối không phát sinh nhiều khuyết điểm như: công tác quản lý chất lượng mối nối tại công trường rất khó khăn, khả năng chống xâm thực của môi trường thấp.... Với những lý do như vậy, vừa qua các nhà khoa học trên thế giới đã đưa ra những cảnh báo và khuyên không nên sử dụng loại mối nối này.

b) Mối nối ướt:

- Mối nối ướt là loại mối nối sử dụng vật liệu dính bám giữa hai mặt tiếp xúc của hai cốt dầm. Giải pháp mối nối này đã được sử dụng phổ biến trong rất nhiều công trình và đảm bảo được các yêu cầu về chất lượng đối với mối nối kết cấu nhịp.
- Khi thiết kế loại mối nối ướt rộng, phải bố trí cốt thép và có thể sử dụng loại bê tông riêng biệt cho mối nối.
- Yêu cầu đối với vật liệu dính bám:
 - + Đảm bảo yêu cầu về cường độ và tuổi thọ sử dụng.
 - + Khả năng dính bám, linh động lắp chỗ rỗng khi thi công.
 - + Ngăn cản được các tác nhân xâm thực từ môi trường.
 - + Thời gian đông cứng phù hợp với các yêu cầu đặc trưng của công nghệ.
- Khi sử dụng mối nối dùng keo dính bám, phải sử dụng hệ thống tạo DUỖ gây nên ứng suất nén nhỏ nhất là 0,21 MPa và trung bình phải bằng 0,28 MPa đi qua mối nối cho tới khi chất keo dính bám đông cứng.
- Hiện nay, trên thế giới cũng như ở trong nước thường sử dụng keo dính bám có dạng vữa gốc nhựa epoxy 3 thành phần với cốt liệu chọn lọc có cường độ cao (70÷80 MPa).