

9.5- THI CÔNG TRỤ THÁP BÊ TÔNG CỐT THÉP CẦU TREO VÀ CẦU DÂY VĂNG.

9.5.1- Cấu tạo ván khuôn leo và ván khuôn trượt.

Đặc điểm thi công trụ cầu treo và cầu dây văng là đổ bê tông phần tháp cầu phải vượt chiều cao rất lớn, phải chia thành nhiều đợt, do vậy công tác ván khuôn đòi hỏi phải được nghiên cứu sao cho việc tháo dỡ, lắp dựng được thuận lợi và nhanh chóng. Đáp ứng được yêu cầu trên có hai loại ván khuôn leo và ván khuôn trượt. Cả hai loại ván khuôn này đều có khả năng tự di chuyển lên cao nhưng mỗi loại có một hình thức di chuyển riêng.

Ván khuôn leo (*Climbing form*) di chuyển theo từng đợt đổ bê tông, kết cấu bê tông được chia thành từng đợt theo chiều cao và mỗi đợt đổ một đợt. Sau mỗi đợt đổ bê tông, từng mặt ván khuôn hoặc một phần của mặt ván được tháo rời ra khỏi khuôn và nâng lên cao lắp cho đợt tiếp theo. Thiết bị cầu nâng tự leo lên theo chiều cao của phần bê tông đã đúc kéo theo hệ đà giáo thi công.

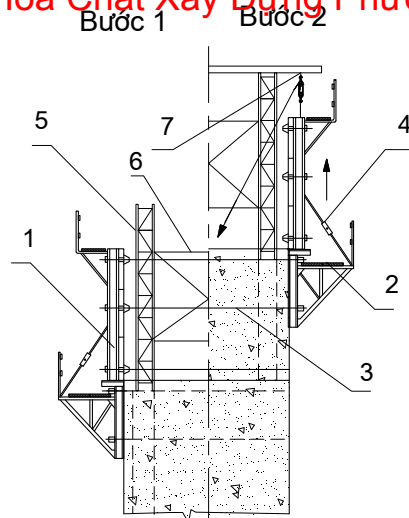
Căn cứ vào biện pháp di chuyển, ván khuôn leo được chia thành ba loại sau đây:

a) *Ván khuôn leo theo khung chôn sẵn:*

Bộ phận quan trọng của bộ ván khuôn leo này là hệ khung thép chôn sẵn vào trong kết cấu của tháp cầu. Khung thép cấu tạo từ các thanh thép hình hàn thành những cột chịu lực chôn vào giữa bê tông của thành hộp cột tháp, từng cặp cột thép kết hợp với thanh ngang lắp trên đầu cột làm thành giá long môn để treo puli chuyển hướng hoặc palăng kéo nâng từng mảnh của khuôn cùng với sàn công tác lên đợt trên. Các cột chôn sẵn còn có vai trò như đà giáo để neo giữ ván khuôn chống các tác động ngang.

Cột thép hàn sẵn thành từng đợt, lắp nối dần lên cao theo chiều cao của tháp và chôn vào trong bê tông cùng với khung cốt thép.

Ván khuôn gồm các tấm ván đơn chế tạo sẵn ghép lại với nhau thành tấm lớn có các nẹp tăng cứng liên kết vào ván đồng thời lắp sẵn giàn giáo làm sàn công tác. Khi nâng từng mảng ván lên đến cao độ thiết kế, trước tiên lắp sàn công tác vào phần bê tông đã đúc bằng thanh giằng chôn sẵn, tấm ván phía trên tựa lên thanh đứng của khung giàn giáo và giằng với mặt ván đối diện hoặc với bulông liên kết vào cột khung thép. Các mảng ván nâng lên và ghép lại thành khuôn thông qua liên kết các phần khung nẹp lại với nhau.



Hình 9.28- Cấu tạo và cách lắp dựng ván khuôn leo theo khung chôn sẵn.
 1- ván khuôn. 2-sàn công tác. 3-thanh giằng. 4-thanh chống tăng đơ. 5-cột thép chôn sẵn. 6- liên kết giằng các cột thép. 7- thiết bị kéo nâng.

Trường hợp thân tháp rộng bên trong, ván khuôn có hai lớp trong và ngoài, liên kết giữa hai lớp bằng bulông giằng xuyên qua chiều dày thành hộp.

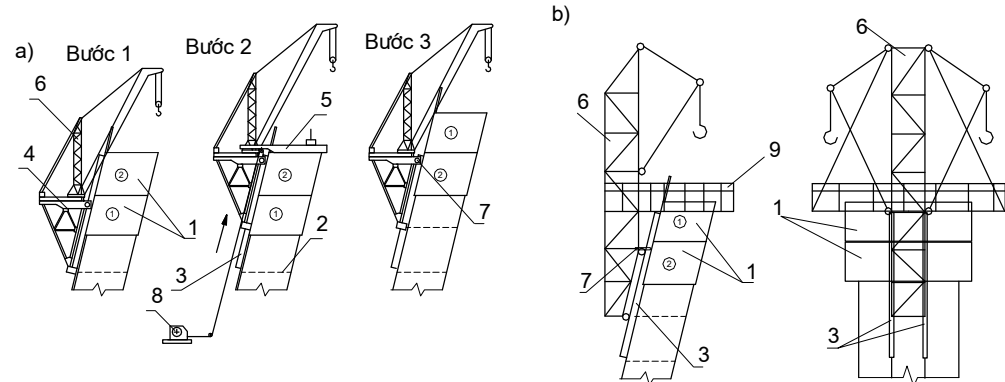
b) Ván khuôn nâng bằng cần cầu leo:

Di chuyển ván khuôn gồm hai nấc : nấc một là di chuyển cần cầu chân cứng bằng cách trượt lên theo đường ray lắp vào các chi tiết chôn sẵn (bu lông, thép chờ) trong bê tông thân tháp và kéo lên bằng hệ thống tời, múp có ròng rọc cố định treo vào dầm côngxon lắp ở mặt đốt trên. Dầm này chỉ lắp khi di chuyển cần cầu sau đó tháo ra để đổ bê tông đốt tiếp theo. Nấc thứ hai là sử dụng cần cầu chân cứng để tháo dỡ ván khuôn theo từng mảnh ván sau đó cầu đưa lên lắp cho đốt trên.

Biện pháp di chuyển này phù hợp với cột tháp dạng chữ A, chữ Y ngược và chữ H biến thể có hai bên nhánh cột xiên một góc so với phương thẳng đứng, mỗi bên nhánh cột bố trí một bộ ván khuôn và tổ chức thi công ở hai bên gần như đồng thời.

Ván khuôn gồm hai tầng để luân chuyển đúc hai đốt trụ tháp liền kề nhau, trong khi bê tông tầng trên chưa đủ thời gian bóc ván khuôn thì tháo tầng dưới đưa lên lắp để đúc đốt trên tiếp theo. Ván khuôn tầng dưới đỡ ván khuôn tầng trên.

Đường ray trượt lắp vượt lên cả phần chưa đỡ ván khuôn và nối dài liên tục từ dưới lên đỉnh tháp, tại vị trí lắp đường ray trượt ván khuôn để lại và cấu tạo mối nối ở hai bên đường ray để tháo các mảnh còn lại của ván khuôn.



Hình 9.29- Cấu tạo và biện pháp di chuyển của ván khuôn leo bằng cần cầu kéo theo.

a) Trường hợp cần cầu chân cứng lắp trên giá trượt.

b) Cần cầu lắp bằng các thanh vạm nạng.

1-ván khuôn đốt đúc. 2-thanh bu lông giằng. 3-đường ray trượt. 4- giá trượt. 5- dầm côngxon. 6- cần cầu chân cứng. 7- hàm kẹp cố định cần cầu. 8- tời kéo. 9- sàn công tác.

Trường hợp sử dụng cần cầu chân cứng chế tạo công nghiệp, cần cầu được lắp trên giá trượt bằng thép chế tạo tại công trường sao cho trong quá trình kéo trượt lên trên cao, giá trượt vẫn giữ cho mặt bằng lắp cần cầu luôn ở vị trí nằm ngang.

Cần cầu chân cứng có thể lắp từ kết cấu vạm nãng có chế sửa một số thanh cho phù hợp với yêu cầu cấu tạo của phần lắp bàn trượt.

Đường trượt là một dầm ray bằng thép chữ I trên mặt dầm có hàn ray để chạy bánh sắt của giá trượt. Dầm ray liên kết vào bê tông trụ tháp bằng các bulông neo chôn sẵn xuyên qua ván khuôn. Hệ thống bánh xe sắt của giá trượt có hàng bánh trên vừa tì lên mặt ray vừa cặp vào cánh dầm để chống kéo lật ra bên ngoài và hàng bánh xe phía dưới lúc nào cũng tì chặt lên mặt ray. Hệ thống hãm chống trượt xuống gồm hệ thống hàm kẹp vào cánh dầm I bố trí ở đầu dầm đỡ chính của giá trượt và các tấm guốc hãm hình nêm thường trực ở ngay phía dưới các hàng bánh xe.

Sàn công tác thường lắp sẵn vào với khung của cần cầu, khi kéo cần cầu lên đồng thời cả sàn công tác nâng theo để có mặt bằng thi công phục vụ lắp các tấm ván khuôn.

c) Ván trượt theo thân tháp bằng kích:

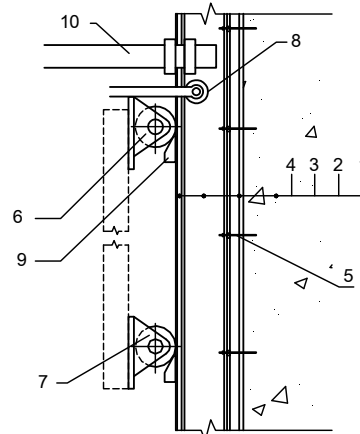
Loại ván khuôn này di chuyển lên cao bằng hình thức trượt toàn bộ khuôn và hệ sàn công tác lên đót trên nhờ hệ thống kích đội từ dưới lên hoặc bằng kích rút bám vào thân tháp rồi co rút lên kéo theo hệ đà giáo ván khuôn leo dần lên theo thân tháp.

Bộ ván khuôn gồm khung giàn giáo bằng thép lắp thành giàn không gian bao quanh thân tháp và vượt lên trên cao hơn khu vực đổ bê tông của đót tháp, trên đó có lắp các mặt ghép của ván khuôn và hệ sàn công tác xung quanh.

Hệ thống kích đội bố trí ở tầng sàn công tác thấp nhất, trong ví dụ trên hình vẽ 9.31 thể hiện cấu tạo của loại kích răng chạy bằng động cơ điện. Phần thân kích gắn vào với mặt sàn công tác và đồng thời với hệ giàn giáo thép, đi kèm thân kích là một khung thép có đầu dầm chia sát vào mặt bê tông, đầu kích có thanh ngang áp sát vào với mặt bê tông thân tháp, cả đầu dầm chia và đầu kích có thể liên kết được vào với bề mặt bê tông bằng bulông giằng. Hành trình nâng trượt lên của ván khuôn bằng hệ thống kích đội như sau:

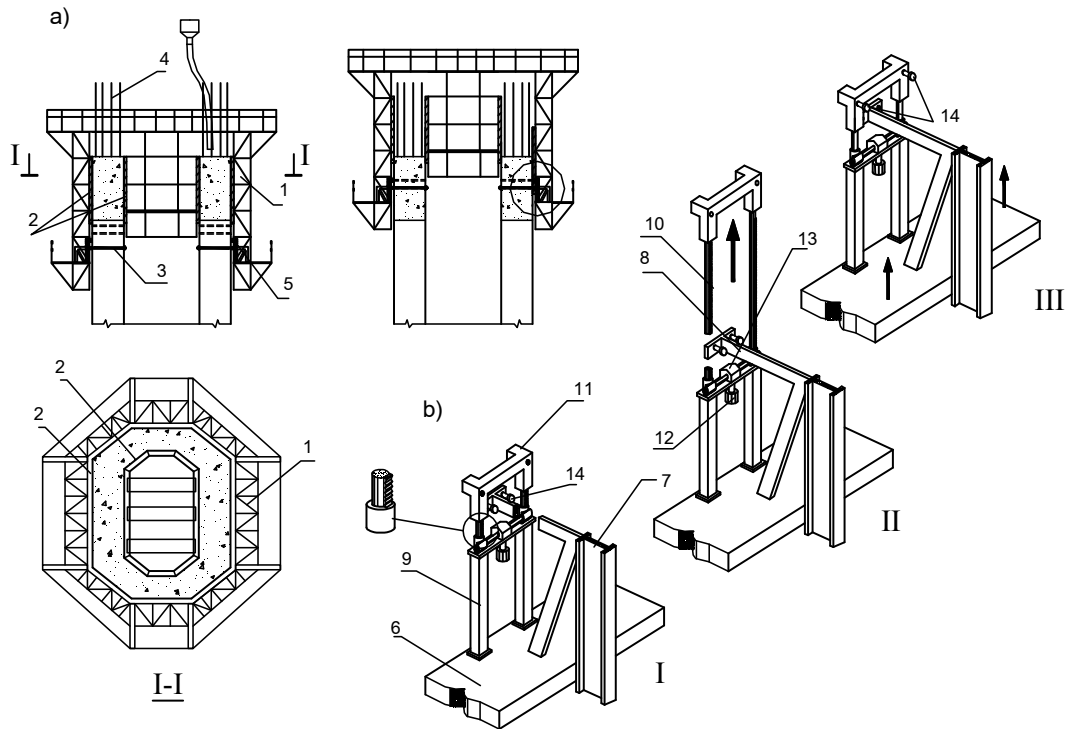
Bước 1 : dầm chia cố định vào thân tháp, lõi kích đẩy đầu kích vươn lên hết tầm đến hàng bulông giằng phía trên và liên kết vào bê tông thân tháp.

Bước 2: tháo đầu dầm chia ra khỏi bê tông thân tháp, vận hành động cơ cho thân kích leo theo lõi kích và kéo theo hệ thống ván khuôn lên cao đến vị trí bố trí lỗ để lắp bu lông liên kết thì dừng lại và lắp bu lông liên kết vào với thân tháp. Ván khuôn ở vị trí làm việc.



Hình 9.30- Hệ thống trượt và hãm của giá trượt cần cầu chân cứng.

- 1- bê tông cột tháp. 2- ván khuôn.
- 3- dầm I. 4- ray. 5- bulong neo.
- 6- bánh xe trên. 7- bánh xe dưới.
- 8- bánh xe bên treo. 9- guốc hãm.
- 10- thanh ngang có hàm kẹp



Hình 9.31- Cấu tạo của ván khuôn leo , trượt lên bằng kích đội .

a) Cấu tạo chung của bộ ván khuôn. b) Cấu tạo và hành trình của kích đội :I- trạng thái làm việc, II- vươn đầu kích lên vị trí mới . III- Cố định đầu kích, kéo ván khuôn leo lên. 1-giàn giáo thép. 2-ván khuôn. 3-thanh giằng. 4-cột thép . 5- kích răng. 6- sàn công tác (sàn nâng). 7-thanh đứng chịu lực chính của giàn giáo. 8-dầm chìa . 9-thân kích. 10- lõi kích có răng. 11- đầu kích . 12- động cơ điện. 13- hộp số truyền động. 14-bu lông neo.

Có thể thay thế kích đội bằng kích hai chiều thông tâm kéo rút thanh Maccaloy treo sàn công tác.

Ván khuôn trượt (*Slipping form*) là loại ván khuôn di chuyển lên cao liên tục trong suốt quá trình đổ bê tông nhờ hệ thống kích nâng. Ván khuôn trượt sử dụng để đổ bê tông cột tháp cầu treo và cầu dây văng, trụ cầu cao. Trong xây dựng dân dụng và công nghiệp ván khuôn trượt dùng để thi công lõi chịu lực nhà cao tầng, tháp nước và các xi lô trong nhà máy.

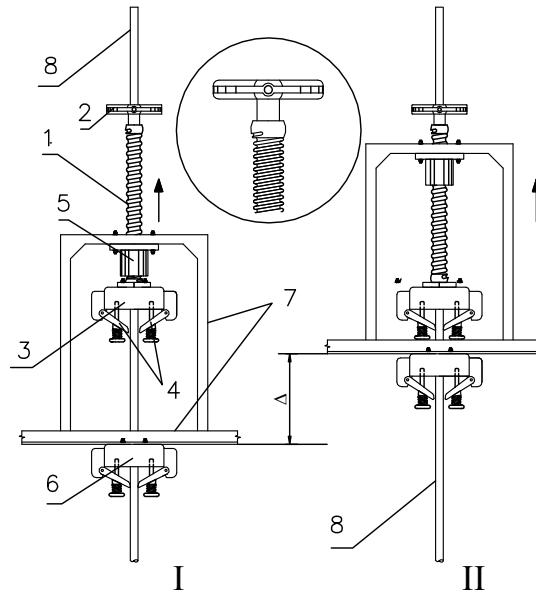
Khác với biện pháp sử dụng ván khuôn leo, khi sử dụng ván khuôn trượt bê tông được đổ liên tục cho đến cao độ dự kiến mới dừng. Trong quá trình đó ván khuôn từ từ trượt lên theo một tốc độ bình quân được tính toán trước sao cho khi phần bê tông ở phía dưới bắt đầu tách ra khỏi ván là đã có khả năng chống được lực nở hông và tiếp tục quá trình ninh kết, phía trên vữa bê tông vẫn tiếp tục rót vào khuôn. Cột thép nối theo từng đốt, khi ván trượt gần đến nơi thì tiến hành nối khung cốt thép của đốt tiếp theo phối hợp với tốc độ đổ bê tông.

Cấu tạo của bộ ván khuôn trượt gồm bốn bộ phận chính :

- Ván khuôn.
- Đà giáo đỡ ván khuôn.
- Các thanh trụ kích
- Hệ thống kích trượt.

Bộ phận quan trọng của ván khuôn trượt là hệ thống kích trượt, hệ thống này bám vào các thanh thép chôn sẵn trong bê tông gọi là các thanh trụ kích. Kích trượt chia thành hai nhóm : kích trượt kiểu vít và kích thủy lực .

Kích trượt kiểu vít gồm ống vít tiện ren ngoài, phía trên có tay quay hoặc bộ phận truyền động để xoay ống vít, phía dưới lắp vào đầu cặp bằng liên kết khớp quay. Đầu cặp bám chắc vào thanh trụ kích không cho trượt xuống mà chỉ cho phép trượt lên nhờ cặp cá hãm có lò xo luôn ép vào hai phía của thanh này. Ống vít lắp vào vòng đai ốc, vòng đai liên kết với khung chữ Π treo đà giáo vào hệ thống kích trượt. Thanh trụ kích xuyên qua lòng kích .



Hình 9.32- Cấu tạo và vận hành của kích trượt kiểu vít.

1-ống vít.2-tay quay. 3-đầu cặp của kích. 4- cá hãm. 5- vòng đai ốc . 6- đầu cặp của đà giáo treo. 7- đà giáo treo. 8- thanh trụ kích.

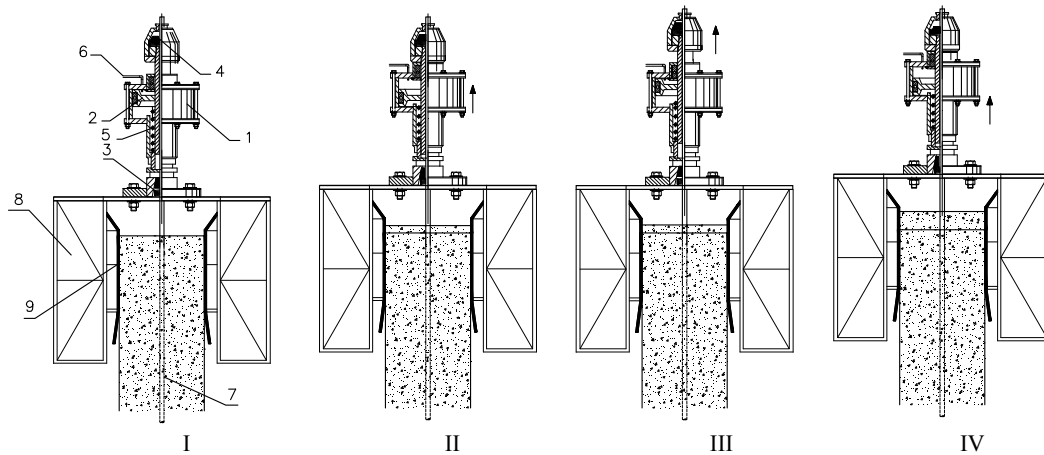
Đà giáo treo đủ cứng để treo toàn bộ ván khuôn và sàn công tác phục vụ thi công đồng thời kéo theo toàn bộ kết cấu đà giáo và ván khuôn di chuyển lên cao. Thanh ngang chịu lực chính của đà giáo treo liên kết vào đầu cặp có cấu tạo giống như đầu cặp của kích để cặp chặt vào thanh trụ kích giữ cho cả bộ ván khuôn không bị trượt xuống khi chỉ có ống kích di chuyển lên phía trên.

Hành trình của kích bao gồm hai bước :

Bước I : xoay tay quay ngược chiều kim đồng hồ, ống kích theo đường ren tiến lên phía trên , vòng ren và đà giáo đứng tại chỗ.

Bước II : xoay tay quay theo chiều kim đồng hồ, do đầu cặp không cho ống kích đi xuống phía dưới nên đai ốc phải tiến lên phía trên kéo theo đà giáo cùng với ván khuôn trượt lên phía trên.

Kích trượt thủy lực có cấu tạo là một kích hai chiều thông tâm, thanh trụ đi xuyên qua lòng kích. Các bộ phận của kích bao gồm xi lanh gắn với đà giáo treo có thể nâng đà giáo cùng với ván khuôn trượt lên theo, phía dưới xi lanh có kẹp hình nêm ôm lấy thanh trụ kích giữ cho xi lanh và đà giáo không bị trượt xuống. Pítông có ống trục rỗng lòng để thanh trụ kích xuyên qua và gồm ba phần, phía dưới trục pítông lồng khít vào đoạn thắt hẹp của xi lanh có nhiệm vụ giữ kín dầu trong xi lanh, đoạn giữa mở rộng là tiết diện chính của pítông và phía trên có đầu kẹp để treo giữ ván khuôn khi xi lanh trượt lên.



Hình 9.33- Cấu tạo kích trượt thủy lực và hành trình của kích.

1- xilanh . 2- pítông. 3-bộ kẹp xilanh (dưới) . 4- bộ kẹp pítông (trên). 5-lò xo hồi chuyển. 6-đường dẫn dầu về máy bơm . 7- thanh trụ kích. 8- đà giáo . 9- ván khuôn.

Hành trình của kích trượt thủy lực gồm bốn giai đoạn :

Bước I: trạng thái đứng im cả hai bộ kẹp đều kẹp chặt lấy thanh trụ kích, van bơm dầu mở, van xả đóng.

Bước II : bơm dầu vào xilanh , xi lanh bị đẩy lên trên kéo đà giáo và ván khuôn trượt theo. Kẹp trên đóng chặt, kẹp dưới mở .

Bước III: khi xilanh trượt lên hết hành trình, van xả mở trong buồng xilanh tụt áp lực dầu, lò xo hồi chuyển tự động đẩy pít tông lên , kẹp trên tự động mở, kẹp dưới đóng.

Bước 4: Khi pít tông đẩy lên đến hết hành trình, van xả bị đóng lại, áp lực dầu tăng đẩy xilanh lên, kẹp dưới tự động mở, kẹp trên tự động đóng treo giữ toàn bộ ván khuôn vào thanh trụ kích.

Các thanh trụ kích có vai trò làm chỗ tựa để các kích bám lên và treo toàn bộ hệ thống đà giáo,ván khuôn, đồng thời các thanh trụ kích truyền tải trọng của hệ ván khuôn trượt gồm trọng lượng và lực ma sát xuống phần bê tông đã đông cứng .

Các thanh trụ kích làm bằng cốt thép tròn trơn, $\varnothing=25\div 32\text{mm}$, thanh chạy dài suốt theo chiều cao trượt lên của kích nhưng được nối dần từng đốt, mỗi đốt có chiều dài từ 2,5÷4m. Các đốt đầu tiên có chiều dài khác nhau để sao cho các mối nối so le nhau đảm bảo yêu cầu trên một mặt phẳng số mỗi nối không được vượt quá 25% số thanh. Thép làm thanh trụ kích là thép cường độ cao có cường độ kéo đứt 350÷400 Mpa.

Liên kết giữa các đoạn thanh trụ kích bằng một trong các hình thức : hàn, chốt mộng hoặc vắn ren.

Khả năng chịu lực của một thanh trụ kích xác định theo vật liệu :

$$P_{\max} = (P + 2F_{ms} + q_{tc})l \leq mP_a = m\varphi AR \quad (9-2)$$

Trong đó : P- trọng lượng của 1m đà giáo ván khuôn trượt

q_{tc} - tải trọng thi công .

F_{ms} - lực ma sát giữa bê tông và mặt ván

l - khoảng cách giữa các thanh trụ kích

m - hệ số an toàn lấy bằng (0,5-0,75)

φ - hệ số uốn dọc của thanh trụ kích với sơ đồ tính là một đầu ngàm, vị trí ngàm là vùng bê tông ninh kết .

A- diện tích tiết diện thanh .

R- cường độ tính toán của thép .

Cự ly giữa các thanh trụ kích lấy bằng 1- 2m .

Ván khuôn trượt bằng thép hoặc bằng gỗ ép công nghiệp quay kín xung quanh tháp cầu, nếu thân trụ là hộp rỗng thì có thêm lớp ván bên trong. Mặt ván khuôn chia thành hai phần, phần trên áp sát vào mặt bê tông, phần dưới mở ra hình côn và dần tách khỏi mặt bê tông, ở mép ván dưới cùng treo đoạn rèm bằng vải cao su để che ánh nắng trực tiếp chiếu lên bê tông đồng thời hạn chế bay hơi nước cho bê tông đang ninh kết.

Nếu tiết diện của cột tháp thay đổi , khi ván trượt lên kích thước của ván khuôn phải thay đổi phù hợp với kích thước của cột tháp. Ván khuôn được chia thành các mặt rời nhau gồm các tấm góc cố định và các tấm cạnh có thể trượt lên tấm góc để thu nhỏ kích thước lại. Các tấm này cố định vào các thanh nẹp ngang và trượt khớp góc theo tấm dẫn hướng và con chạy lắp ở mỗi đầu thanh.

Tấm dẫn hướng có cạnh vát nghiêng một góc so với cạnh của thanh nẹp được xác định theo độ vát của mặt bê tông thành cột tháp :

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{i_{ng}}{i_d} \quad (9-3)$$

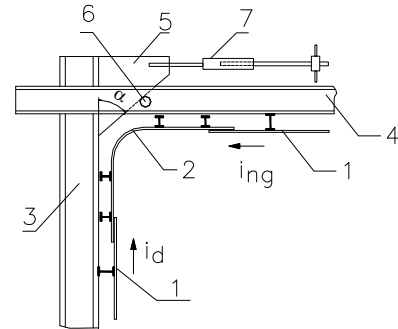
i_{doc} - độ dốc của mặt trụ theo cạnh dọc .

i_{ng} - độ dốc của mặt trụ theo cạnh ngang (xem hình 9.34)

Đà giáo là một khung thép chịu lực vừa liên kết với các kích trượt vừa tạo thành khung cứng để tựa ván khuôn đồng thời là sàn công tác phục vụ thi công. Khung đà giáo truyền lực kích để cùng một lúc nâng các mặt ván khuôn trượt lên .

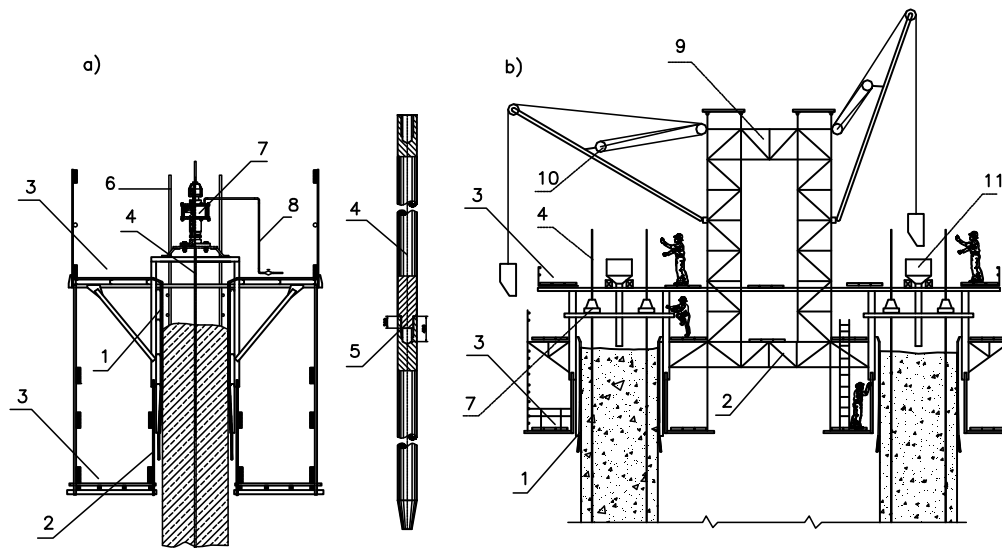
Đà giáo của ván khuôn trượt phải được chế tạo gọn , nhẹ nhưng cần tận dụng cao độ của đà giáo để cầu lắp những kết cấu nhẹ phục vụ thi công một cách linh hoạt mà không phải sử dụng cần cẩu tháp. Trên khung kết cấu của đà giáo người ta lắp một cột tháp vượt cao lên khỏi mặt bằng đổ bê tông và lắp trên đó những cần cẩu chân cứng dạng đơn giản hoặc cần cẩu thiếu nhi quay về bốn hướng, những cần cẩu này có thể cầu lắp các khung cốt thép, các thanh trụ kích và phục vụ đổ bê tông.

Trên đà giáo bố trí hệ thống sàn công tác gồm nhiều tầng bao quanh khu vực thi công, giữa các tầng có hệ thống cầu thang để tiếp cận một cách dễ dàng các vị trí khi cần thiết .



Hình 9.34- Cấu tạo chi tiết ván khuôn thân tháp có kích thước thay đổi.

1-mặt ván cố định vào thanh nẹp.
2- tấm ván góc . 3- thanh nẹp cạnh dọc. 4- thanh nẹp theo cạnh ngang
5- tấm thép dẫn hướng. 6- con chạy
7- tăng đơ



Hình 9.35- Cấu tạo ván khuôn trượt .

a) Cấu tạo chung của bộ ván khuôn trượt.

b) Bố trí đổ bê tông thấp bằng ván khuôn trượt .

1- ván khuôn . 2- đà giáo treo . 3- sàn công tác . 4- thanh trụ kích. 5- mối nối thanh trụ kích . 6- cốt thép . 7- kích trượt . 8- đường bơm dầu. 9- giá cầu . 10- cần cầu chân cứng. 11- phễu đổ bê tông .

Trong quá trình trượt ván khuôn lên sẽ xuất hiện lực ma sát , lực này phụ thuộc vào cấu tạo của bề mặt của ván khuôn và lực dính bám giữa mặt ván với bê tông. Khi lực ma sát lớn hơn trọng lượng của khối bê tông thì có thể gây ra kéo nứt bê tông tại bất kỳ mặt cắt nào tính từ vị trí tiếp xúc mặt ván với mặt bê tông trở lên, do đó phải xác định *chiều dày tối thiểu của kết cấu* có thể áp dụng được ván khuôn trượt. Điều kiện để làm căn cứ xác định chiều dày này là trọng lượng của 1 mét dài khối vữa bê tông phải lớn hơn lực ma sát :

$$G \geq 2F_{ms}$$

$$\gamma_{bt}bh \geq 2f \frac{\gamma_{bt}h^2}{2} \quad (9-4)$$

$$b \geq fh$$

trong đó : γ_{bt} – trọng lượng thể tích của vữa bê tông .

b- chiều dày của tường kết cấu.

h- chiều cao của phần thẳng đứng của ván khuôn .

f- hệ số ma sát cùng với lực dính bám giữa mặt ván và vữa bê tông. Hệ số này lấy từ : 0,6-0,85 tùy theo chất lượng bề mặt ván và độ sụt của vữa.

Trong phạm vi chiều cao toàn bộ của ván khuôn, vữa bê tông chia thành bốn lớp ở bốn trạng thái khác nhau :

+ Lớp 1: Trên cùng là lớp vữa bê tông tươi mới đổ, dính bám chặt vào mặt ván. Khi ván trượt lên lớp vữa này có thể bị đẩy trượt lên theo. Chỗ tiếp giáp với mặt ván là màng vữa xi măng có lẫn bọt khí .

+ Lớp 2: Bê tông ở lớp này đã đổ được từ 2÷4 giờ , dính bám giữa bê tông với mặt ván bị phá vỡ do ván khuôn bị kéo lên và trượt qua, nhưng do bê tông còn đàn dẻo chịu trọng lượng của lớp vữa bên trên nên ép vào thành ván và gây nên ma sát trượt .

+ Lớp 3: Lớp này bê tông đã ninh kết và tách khỏi mặt ván do mặt ván có cấu tạo hình côn mở ra ở phía dưới. Ván khuôn có tác dụng che chắn cho mặt bê tông khỏi bị tác động cơ học và phơi trực tiếp ra ngoài trời.

+ Lớp 4: Lớp bê tông đã ra khỏi ván khuôn và cường độ đạt 4÷8 Mpa, có khả năng chịu được tải trọng phía trên và giữ được thanh trụ kích .

Lớp 1 và lớp 2 cần được giữ trong ván khuôn, chiều cao này chiếm (0,6-0,8) chiều cao toàn bộ của ván. Khi ra khỏi phạm vi này, bê tông phải có đủ cường độ để chịu được các tải trọng phía trên. Nếu trượt nhanh bê tông khó đạt đủ cường độ, nhưng ngược lại nếu trượt chậm bê tông tại vùng tiếp giáp với mặt ván sẽ không còn đàn dẻo và có ma sát lớn dễ gây nứt bê tông và các khuyết tật khác. Vì vậy tốc độ trượt của ván khuôn phải nằm trong phạm vi tối thiểu và tối đa cho phép :

$$V_{\min} \leq V \leq V_{\max} \quad (\text{cm/h}) \quad (9-5)$$

Tốc độ tối đa cho phép xác định theo công thức :

$$V_{\max} = \frac{H - h - a}{T}$$

Nhi, t ãộ môi trường °C	Xi măng PC40	
	T (h)	V _{max} (cm/h)
15	7-8,5	13,3-10,1
20	5,7-7,0	16,6-12,1

$$(9-6)$$

H- chiều cao của ván khuôn cm
h- chiều dày của mỗi lớp đổ bê tông cm
a- khoảng nhô lên của thành ván so với lớp đổ trên cùng (5-10cm)
T- thời gian cần thiết để bê tông có thể trượt ra khỏi ván khuôn (h)

Ngoài việc khống chế cường độ của bê tông khi trượt ra khỏi ván khuôn còn phải khống chế điều kiện ổn định của thanh trụ kích chịu nén. Tốc độ trượt tối đa theo điều kiện này xác định theo công thức kinh nghiệm :

$$V_{\max} = \left(\frac{10,5}{T\sqrt{kP}} + \frac{0,6}{T} \right) 100 \quad (\text{cm/h}) \quad (9-7)$$

trong đó : k- hệ số an toàn lấy bằng 2

T- thời gian cần thiết để bê tông đạt cường độ 7-10Mpa trong điều kiện nhiệt độ bình thường 22-24°C .

P- Tải trọng tác dụng lên một thanh trụ kích (kN)

Chọn giá trị nhỏ nhất trong hai cách tính trên .

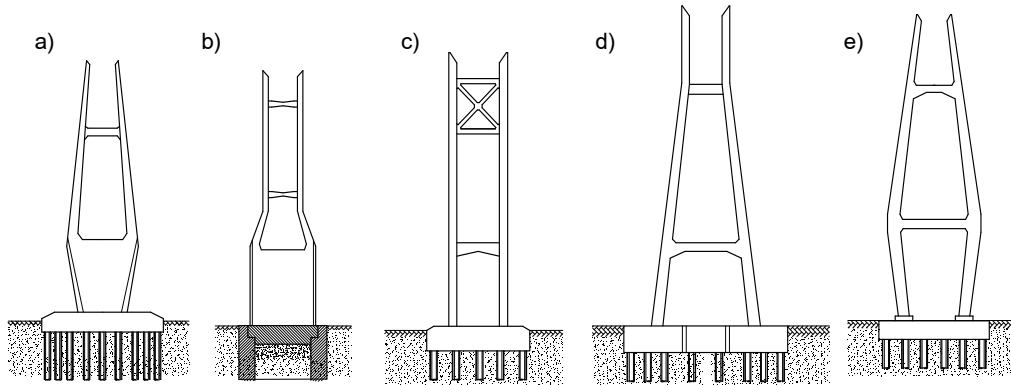
Tốc độ trượt nhỏ nhất xét đến điều kiện nâng tách ván khuôn ra khỏi mặt ván được dễ dàng ít bị dính bám . Với nhiệt độ ≥ 15°C , tốc độ tối thiểu V_{min} = 8cm/h.

9.5.2- Biện pháp thi công phần thân trụ.

Trụ tháp cầu treo và cầu dây văng gồm hai phần : phần thân trụ và phần tháp cầu, phần thân trụ bắt đầu từ bệ móng đến xà mũ của trụ tháp. Thi công trụ tháp vì vậy cũng chia làm hai giai đoạn : thi công phần thân trụ và thi công tháp cầu.

Theo cấu tạo, thân trụ có bốn dạng chính :

- Trụ thân đặc thành vát .
- Trụ thân đặc thành thẳng .
- Trụ thân cột đứng dạng chữ H.
- Trụ thân cột xiên dạng chữ H biến thể hoặc dạng viên kim cương.



Hình 9.36- Những dạng thân trụ tháp bằng BTCT cầu treo và cầu dây văng.

Căn cứ vào dạng cấu tạo có thể nhận thấy biện pháp thi công phần thân và xà mũ trụ có hai nhóm chính : thi công trụ thân đặc và thi công trụ thân cột.

So với thi công trụ cầu dầm, thi công phần thân trụ cầu treo và cầu dây văng có những đặc điểm như sau :

- 1- Kích thước của thân trụ lớn hơn so với trụ cầu dầm .
- 2- Do có khả năng vượt nhịp lớn nên vị trí đặt trụ thường chọn được ở những địa điểm mà trong thời điểm thi công trụ mặt bằng thi công nằm trong khu vực không bị ngập nước.

Dạng trụ thân đặc thường có chiều cao không lớn vì vậy biện pháp thi công không có gì khác so với thân trụ cầu dầm . Khi chiều cao thân trụ không vượt quá 12m , tổ chức đổ bê tông thân trụ trong đà giáo và ván khuôn ghép tại chỗ.

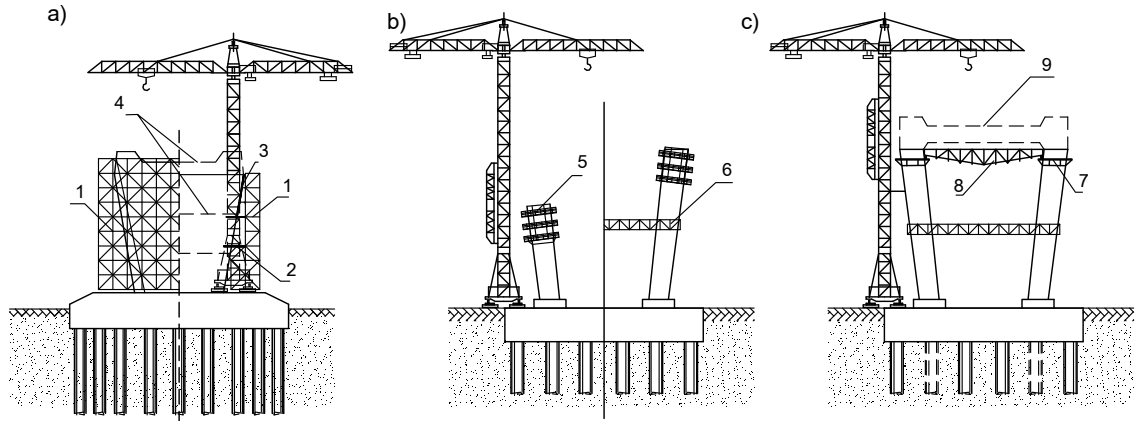
Đối với phần thân trụ thẳng đứng có kích thước không thay đổi có thể sử dụng các tấm ván tiêu chuẩn để ghép ván khuôn và dùng kết cấu vạm năng để lắp dựng đà giáo. Phần thân trụ vát phải sử dụng các tấm ván phi tiêu chuẩn cùng với kết cấu đà giáo chế tạo riêng đỡ mặt nghiêng của thân trụ.

Thân trụ chia ra làm nhiều đợt đổ bê tông, ván khuôn lắp luân chuyển tịnh tiến từ đợt dưới lên đợt trên, ở mỗi đợt kích thước ván khuôn được kéo dài thêm về hai phía đầu trụ do vậy các đợt chia có chiều dài bằng nhau để sử dụng lại được phần lớn các bộ phận của ván khuôn cho tất cả các đợt, trừ vị trí nào có cấu tạo thay đổi ví dụ như ở vị trí xà mũ thì tổ chức đổ bê tông theo một đợt riêng.

Đối với thân trụ đặc thành thẳng có kích thước không đổi nên sử dụng ván khuôn di chuyển luân lưu nếu chiều cao từ 12m trở xuống và ván khuôn di động nếu có chiều cao lớn hơn.

Hai nhánh rời của trụ thân cột dạng xiên khi chưa có xà mũ liên kết làm việc chịu nén uốn, lúc bê tông chưa đủ cường độ chịu lực thì chưa được bóc ván khuôn và vẫn phải tựa vào đà giáo, do vậy đối với thân trụ cột xiên dạng chữ H biến thể hoặc hình

viên kim cương có thể sử dụng một trong các dạng ván khuôn : lắp trên đà giáo cố định, ván khuôn di chuyển luân lưu và ván khuôn leo mà không thể sử dụng ván khuôn trượt. Ván khuôn leo chỉ nên áp dụng cho trường hợp thân trụ cao từ 15m trở lên. Dạng hợp lý hơn cả là ván khuôn di chuyển luân lưu, loại ván khuôn này sử dụng thiết bị cầu nâng thông dụng để lắp dựng và di chuyển ván khuôn vì vậy cấu tạo đơn giản hơn ván khuôn leo, đồng thời khai thác khả năng chịu lực của mỗi nhánh cột để chịu trọng lượng của cốt đúc và tải trọng thi công, đà giáo chỉ có vai trò làm sàn công tác.



Hình 9.37- Biện pháp thi công thân trụ .

a) Trụ thân đặc .b) Thi công cột xiên. c) Thi công xà mũ .

1- Đà giáo lắp bằng các thanh văng năng. 2- thanh giằng vào thân trụ. 3- ván khuôn lắp cố định. 4- mạch thi công. 5- đà giáo ván khuôn leo. 6- thanh giằng tạm. 7- vai kê công xon. 8- đà giáo đỡ bê tông xà mũ. 9- xà mũ .

Khi sử dụng ván khuôn leo hoặc ván khuôn di chuyển luân lưu phải kiểm tra điều kiện chịu lực của mỗi nhánh cột ở trạng thái bất lợi nhất, nếu không đảm bảo phải tăng cường bằng kết cấu thanh giằng tạm liên kết hai nhánh cột lại với nhau và tính lại theo sơ đồ làm việc có thanh tăng cường.

Đối với dạng thân trụ có hai cột đứng thì có thể sử dụng được ván khuôn trượt.

Xà mũ được thi công đúc tại chỗ trên đà giáo cố định. Khi chiều cao thân trụ thấp dưới 10m đà giáo dựng trên trụ tạm có móng chính là bộ móng của trụ cầu. Trường hợp thân trụ cao hơn 10m nên sử dụng hai nhánh cột làm trụ đỡ cho đà giáo. Đà giáo có kết cấu dạng giàn lắp ráp tại chỗ trên vai đỡ công xon hoặc lắp sẵn trên mặt bằng rồi dùng tời kéo lên trên đỉnh cột.

9.5.3- Biện pháp thi công tháp cầu.

Những đặc điểm cấu tạo của tháp cầu liên quan đến biện pháp thi công:

- Kết cấu chiều cao lớn.
- Cấu tạo dạng hộp, rỗng lòng.
- Đỉnh tháp có cấu tạo phức tạp, yêu cầu phải bố trí các điểm neo cáp có độ chính xác cao và có thể kéo dự ứng lực theo chu vi tháp.

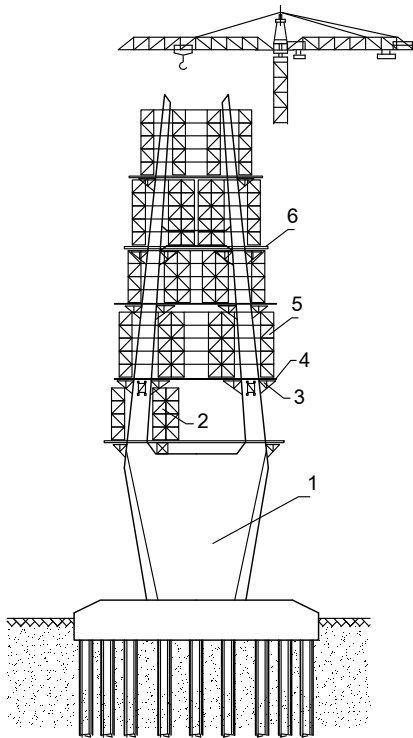
Tháp cầu treo và cầu dây văng hai mặt phẳng dây có hai nhánh cột tách riêng, đến phạm vi cột đỉnh tháp hai nhánh cột được liên kết với nhau bằng xà ngang.

Cột tháp của cầu treo thẳng đứng và bố trí nhiều xà ngang hoặc liên kết ngang.

Cột tháp của cầu dây văng có cấu tạo đa dạng, thân tháp gồm loại thẳng đứng và loại xiên. Loại có hai nhánh cột thẳng đứng thì cột đỉnh tháp cũng kéo thẳng theo thân tháp, còn loại có hai nhánh cột nghiêng vào nhau thì đỉnh tháp được thiết kế theo ba dạng cấu tạo: kéo dài theo hướng xiên của thân tháp, đối hướng theo chiều thẳng đứng và chập vào làm một kiểu chữ Y ngược. Phân định giữa thân tháp và cột đỉnh tháp mang tính qui ước và dựa theo vị trí của xà ngang.

Tương tự như thi công thân trụ, thi công thân tháp có thể áp dụng một trong ba biện pháp thi công phổ biến sau:

- Đổ bê tông tại chỗ trên đà giáo cố định.
- Đổ bê tông tại chỗ bằng ván khuôn leo.
- Đổ bê tông tại chỗ bằng ván khuôn trượt.



Hình 9.38-Thi công tháp cầu trên đà giáo cố định. 1-thân trụ . 2-tầng đà giáo tựa trên xà mũ . 3- công xon vai kê . 4- sàn đỡ đà giáo . 5- đà giáo.6-đà giáo đổ bê tông thanh ngang .

Thân tháp được đúc theo từng đốt và thi công đồng thời cả hai nhánh cột. Chiều cao của đốt đúc căn cứ vào kích thước của bộ ván khuôn và khối lượng bê tông, thông thường chọn chiều cao mỗi đốt khoảng 3,0m.

Đà giáo cố định dựng theo từng tầng, mỗi tầng tựa trên một sàn đỡ chung và đúc từ 3÷4 đốt. Sàn đỡ chỉ gác trên các giá công xon lắp vào đầu nhánh cột đã đúc mà không tựa lên nhau để đảm bảo tầng đà giáo nào làm việc riêng theo tầng đó. Sàn đỡ lắp bằng hệ các thanh dầm, ngoài vai trò tạo mặt bằng để lắp dựng hệ đà giáo cho mỗi tầng thi công còn là thanh giằng liên kết tạm thời giữa hai nhánh cột tháp.

Đà giáo cố định lắp bằng các thanh vạm nãng YÓKM hoặc MÓK vây quanh mỗi nhánh cột và liên kết lại với nhau thành kết cấu không gian. Đà giáo được lắp cao dần theo quá trình đổ bê tông, khi dỡ ván khuôn đốt dưới để lắp lên đốt trên thì đà giáo được giằng vào bê tông để giữ ổn định trong mỗi tầng. Tầng đầu tiên sẽ dỡ đi để tạo không gian cho thi công kết cấu nhịp, những tầng trên để lại phục vụ thi công lắp dây văng và hoàn thiện trụ tháp.

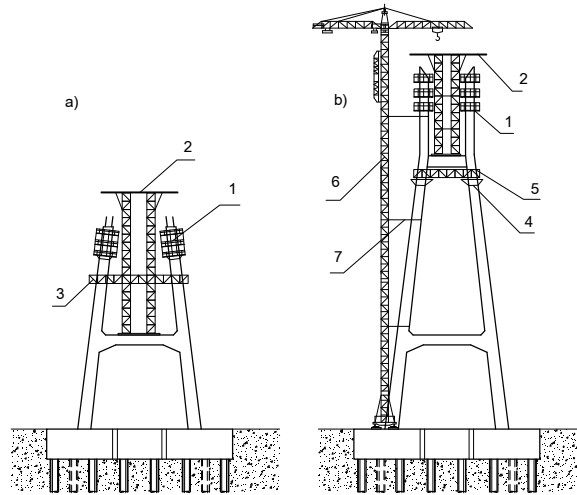
Ván khuôn ghép từ các tấm ván ghép sẵn, thanh nẹp và bulông giằng. Đối với cột tháp thẳng đứng, áp lực vữa hoàn toàn do kết cấu ván khuôn tiếp nhận, kết cấu đà giáo chỉ có vai trò chống các lực xô ngang và làm sàn công tác, nhưng đối với cột tháp xiên, đà giáo có tác dụng chống đỡ lực đẩy ngang do góc nghiêng của cột tạo nên vì vậy đà giáo giữa hai nhánh cột phải giằng chống với nhau.

Công xon vai kê sàn đỡ liên kết vào cột bằng bu lông neo xuyên qua các lỗ để sẵn trên thân tháp.

Thanh xà ngang của cột đỉnh tháp được đúc trên sàn đỡ lắp gần với đáy của thanh

ngang, ván khuôn đáy của thanh xà không đặt trực tiếp lên sàn đỡ mà phải kê trên các nêm để khi bê tông đạt cường độ thì đỡ ván đáy trọng lượng xà ngang không tác dụng lên sàn đỡ. Đà giáo của các cột đỉnh tháp lắp dựng tiếp lên trên sàn.

Ván khuôn leo sử dụng để thi công cột tháp có kích thước lớn, mỗi nhánh cột sử dụng một bộ ván khuôn và leo lên bằng cột tháp tạm dựng giữa hai nhánh cột nối cao dần theo quá trình đổ bê tông hoặc leo theo những hình thức di chuyển của ván khuôn leo đã nêu ở trên. Ở độ cao nhất định phải lắp thanh giằng tạm giữa hai nhánh cột để đảm bảo ổn định cho cột tháp trong khi chưa có thanh ngang. Thanh giằng liên kết vào nhánh cột bằng các chi tiết chôn sẵn.



Hình 9.39- Thi công tháp cầu bằng ván khuôn leo.

a) Thi công cột tháp . b) Thi công xà ngang và cột đỉnh tháp.

1- ván khuôn leo. 2- cột tháp tạm. 3- thanh giằng tạm . 4- công xon . 5- đà giáo đổ bê tông xà ngang. 6—cần cầu tháp. 7- neo cần cầu vào cột tháp.

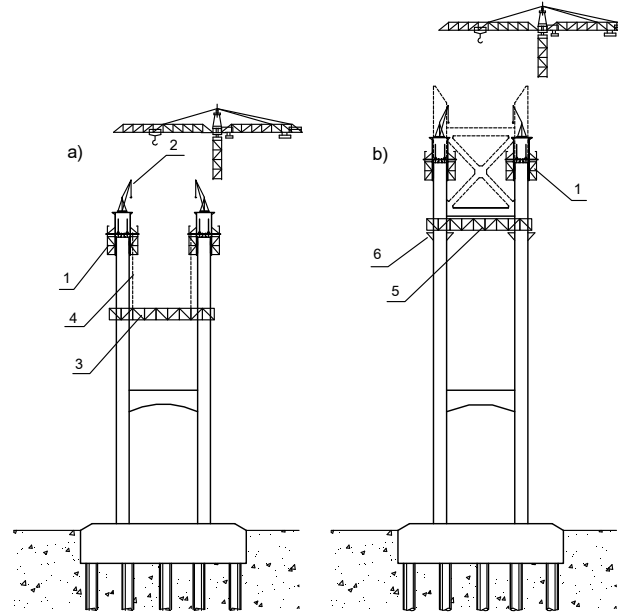
Thanh ngang đúc tại chỗ trên đà giáo cố định, sau khi thi công thanh ngang dựng cột tháp tạm trên thanh này và tiếp tục đổ bê tông cột đỉnh tháp bằng ván khuôn leo.

Đối với tháp cầu có cột thẳng đứng có thể thi công bằng ván khuôn trượt. Mỗi nhánh cột bố trí một bộ ván khuôn, từng bộ ván khuôn hoạt động riêng nhưng cả hai nhánh cùng tiến hành thi công song song với nhau.

Ván khuôn được nâng lên bằng các kích vít hoặc kích thủy lực. Mỗi kích bám vào một thanh trụ kích chôn trong bê tông dọc theo đường tim của thành hộp cột tháp. Khoảng cách giữa các thanh trụ kích là 1m. Nếu kích vít chạy bằng động cơ điện thì các kích đầu nối song song với nhau cùng chung một cầu dao đóng điện. Nếu sử dụng kích thủy lực các kích đều chung một hệ thống bơm dầu để đảm bảo hệ thống kích trượt hoạt động đồng thời.

Có thể sử dụng ván khuôn trượt từ giai đoạn đổ bê tông thân trụ và ván khuôn trượt liên tục cho hết chiều cao của tháp cầu. Xà mũ và thanh giằng ngang được đổ bê tông trên đà giáo cố định sau khi ván khuôn trượt đổ bê tông thân tháp đã đi qua. Khi đổ bê tông thân tháp cần lắp thanh giằng tạm liên kết giữa hai nhánh cột, thanh giằng lắp sẵn

trên mặt bằng và được kéo lên bằng tời kéo đặt trên đà giáo lắp trên ván khuôn trượt.



Hình 9.40- Thi công tháp cầu bằng ván khuôn trượt.

a) Thi công cột tháp. b) Thi công cột đỉnh tháp và giằng ngang.

1- ván khuôn trượt. 2- cần cẩu chân cứng. 3- thanh giằng tạm. 4- cáp nâng thanh giằng. 5- đà giáo thi công thanh giằng. 6- công xon đỡ đà giáo.

9.5.4- Tổ chức thi công trụ tháp.

9.5.4.1- Biện pháp tổ chức thi công trong điều kiện mặt bằng không bị ngập nước.

Mặt bằng thi công móng và trụ tháp được bố trí ngay trên phần bãi sông về mùa cạn hoàn toàn không bị ngập nước hoặc ở trên mặt đảo nhô đắp nối liền với bãi sông.

Sau khi thi công xong bộ móng tiến hành thu dọn mặt bằng xung quanh hố móng để tổ chức thi công trụ tháp.

Trường hợp cao độ bộ móng thấp hơn cao độ mặt bằng xung quanh thì giữ nguyên vòng vây xung quanh hố móng, cao độ đầu các cọc ván phải bằng nhau và chỉ nhô cao hơn mặt đất xung quanh không quá 50cm, dùng cát đắp hố móng lấp một phần bộ để giảm bớt chiều sâu của hố móng.

Trường hợp bộ móng nhô cao hơn mặt đất xung quanh có thể lấp hố móng, nhỏ hết cọc ván, san và đầm tạo mặt bằng ổn định trong suốt thời gian thi công trụ tháp.

Giai đoạn thi công những đợt đầu tiên của thân trụ chỉ cần sử dụng các loại cần cẩu tay với thông dụng. Vữa bê tông vận chuyển ra bằng máy bơm vữa thông qua hệ thống đường ống bơm dẫn từ trạm bơm đặt tại trạm trộn ra đến chân công trình. Nếu trạm trộn nằm cách xa vượt quá tầm hoạt động của máy bơm vữa thì sử dụng xe Mix để vận chuyển vữa. Công suất của thiết bị vận chuyển vữa phải được tính toán sao cho đảm bảo độ bê tông liên tục theo tốc độ đổ bê tông đã được tính toán.

Đổ bê tông bằng cần cẩu thùng chứa hoặc bằng xe bơm có cần bơm đưa lên cao.

Ở giai đoạn thi công những đợt cao hơn của thân trụ và thi công tháp cầu phải sử dụng cần cẩu tháp để phục vụ thi công. Trong thời gian thi công các đợt dưới thì đồng

thời tiến hành lắp dựng cần cầu.

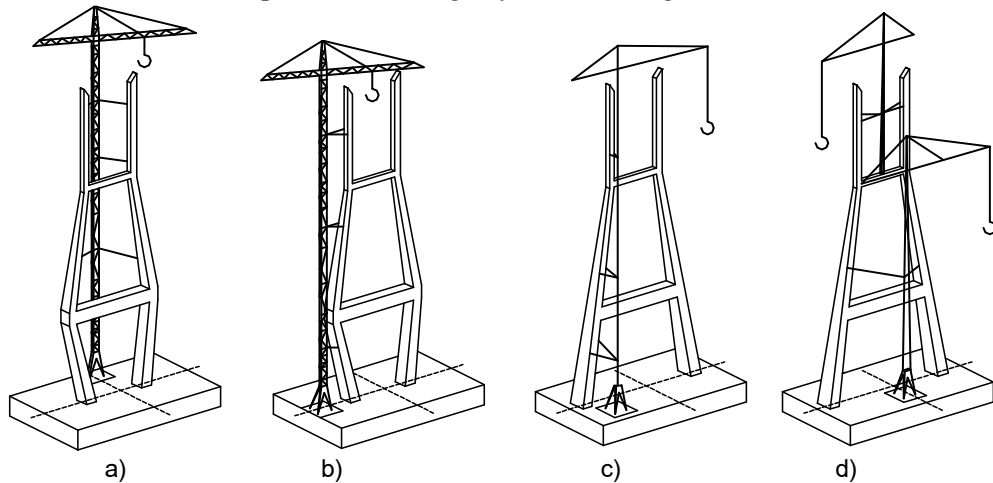
Tầm với của xe bơm chỉ hạn chế trong phạm vi 20m, ở những vị trí cao hơn việc đổ bê tông phải dùng cần cầu tháp và thùng chứa vữa có lắp ống vòi voi mềm đưa vữa từ dưới mặt bằng lên.

Cần cầu tháp có hai loại, loại có tay với ngang loại này tầm với rộng nhưng có mômen gây lật lớn và loại trên đỉnh cột tháp lắp cần cầu chân cứng có tay với đủ bao quát phạm vi thi công của hai nhánh cột.

Cần cầu tháp không những phục vụ thi công tháp cầu mà còn sử dụng trong giai đoạn thi công kết cấu nhịp vì vậy vị trí lắp cần cầu phải lựa chọn sao cho không bị ảnh hưởng khi thi công dầm cứng.

Cần cầu tháp dùng cho thi công trụ tháp không cần di chuyển mà chân đế được cố định vào bệ móng. Có thể sử dụng bệ móng của trụ tháp để đặt cột tháp của cần cầu, nếu vị trí của chân đế không rơi vào trong bệ móng thì phải xây dựng móng riêng cho cần cầu tháp dạng móng cọc và bệ BTCT.

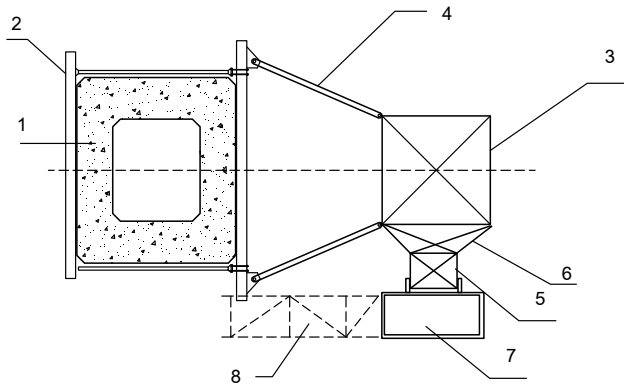
Có bốn cách đặt cần cầu tháp so với vị trí của tháp cầu: a) đặt cần cầu đứng ở giữa hai nhánh cột đứng với vị trí tim của dầm cứng, theo cách bố trí này chân đế dễ trùng với bệ móng của trụ tháp và cột cần cầu được giằng đối xứng vào hai nhánh tháp nên ổn định tốt theo cả hai phương nhưng có nhược điểm là chui qua dầm cứng nên cách lắp này chỉ có thể phù hợp với dạng cầu có dầm cứng bằng thép, khi lắp ráp dầm cứng có thể để chừa lại vị trí của cột cần cầu. Nếu dầm cứng bằng BTCT thì không nên áp dụng cách lắp này. Cách b) là đặt cần cầu đứng bên cạnh trụ tháp và nằm cùng với mặt phẳng của trụ. Cách lắp này phù hợp với dạng trụ tháp dạng viên kim cương (Diamond Shape), cột cần cầu có thể tiến gần sát với cột tháp nhưng chỉ giằng được vào với cột tháp theo một hướng nên chỉ giữ ổn định tốt trong mặt phẳng của trụ tháp mà kém ổn định khi cột bị uốn ra ngoài mặt phẳng này. Cách c) đặt cần cầu bên cạnh trụ tháp nhưng lệch ra ngoài mặt phẳng của trụ. Cách lắp này chỉ áp dụng cho loại tháp cầu dạng chữ A hoặc chữ H biến thể (Modifiel H) vừa tiến sát được vào thân tháp mà vẫn tránh được dầm cứng. Với cách c) phải dựng hai cần cầu, cần cầu thứ nhất thi công trụ tháp đến khi vượt qua thanh ngang đỉnh tháp, cần cầu thứ hai lắp ngay trên thanh ngang giữa hai cột đỉnh tháp. Đến giai đoạn thi công dầm cứng thì tháo dỡ cần cầu phía dưới, giữ lại cần cầu bên trên để phục vụ thi công dầm và dầm cứng.



Hình 9.41- Những vị trí đặt cần cầu tháp .

Chân đế của cầu tháp liên kết cứng vào với bộ móng thông qua các chi tiết chôn sẵn vào bê tông. Cột tháp của cần cầu ban đầu lắp ráp nhờ sự hỗ trợ của cần cầu tay với sau đó cột tháp có thể tự nổi cao dần lên bằng đoạn cột tháp phụ lồng bên ngoài cột tháp chính.

Cột tháp của cần cầu được tăng cường bằng các thanh giằng có hai nhánh chéo liên kết tạm thời vào cột tháp . Để liên kết thanh giằng với nhánh tháp người ta sử dụng khung thép lắp ôm chặt lấy chu vi nhánh cột, trên khung thép có hai bản tiếp điểm lắp ở hai phía đối diện của tiết diện cột và mỗi bản tiếp điểm liên kết với một nhánh thanh giằng bằng chốt.



Hình 9.42- Liên kết cột cần cầu với cột tháp.

1- cột tháp. 2- khung kẹp . 3- cột cần cầu. 4- nhánh thanh giằng. 5- tháp trượt cho máy vận thăng . 6- giằng liên kết tháp trượt với cột cần cầu. 7- thang máy của máy vận thăng. 8- cầu công tác nối máy vận thăng với mặt bằng thi công trên tháp.

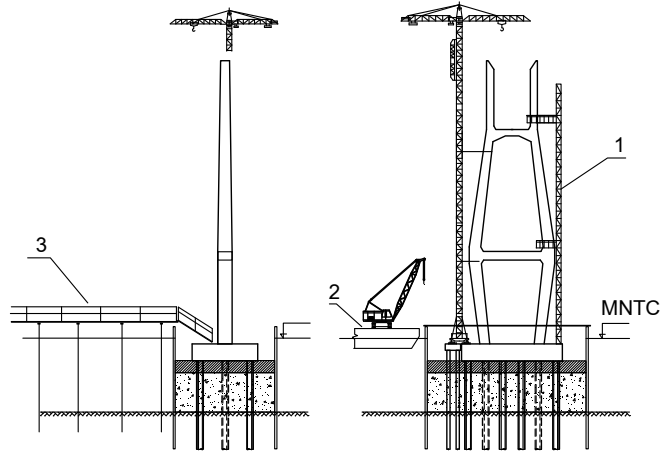
Để vận chuyển thiết bị, vật liệu nhẹ và đưa người lên làm việc trên cao người ta sử dụng máy vận thăng. Máy vận thăng là một dạng thang máy loại nhẹ dùng cho công trường lắp trong một khung lồng thép. Máy vận thăng có thể lắp riêng về một phía của cột tháp hoặc lắp song song bên cạnh cột cần cầu. Thang máy của máy vận thăng lên xuống nhờ hệ thống tời điện kéo trượt theo cột tháp dạng giàn. Cột tháp trượt được lắp cao dần theo chiều cao thi công và giằng vào với cột tháp hoặc với cột cần cầu để giữ ổn định. Ở vị trí máy vận thăng nối sang vị trí thi công có sàn công tác bắc ngang, thang máy dừng lại ở những vị trí này để người và thiết bị có thể di chuyển sang tầng làm việc.

Trên mỗi đợt thi công bằng ván khuôn leo hoặc ván khuôn trượt đều bố trí giàn giáo thi công nhiều tầng chạy vòng quanh ván khuôn để có thể tiếp cận được mọi vị trí trong khu vực thi công. Giữa các tầng giàn giáo nối thông với nhau bằng cầu thang. Phía ngoài giàn giáo được che lưới chắn gió và giữa các tầng thi công chằng lưới bảo hiểm đỡ vật rơi.

9.5.4.2-Biện pháp tổ chức thi công trong điều kiện mặt bằng bị ngập nước.

Mặt bằng thi công bố trí trên mặt đảo nhân tạo hoặc trên hệ nổi, vận chuyển từ bờ ra vị trí thi công bằng đường thủy còn liên lạc thường xuyên với bờ bằng sân đạo. Trong

đó vừa bê tông vận chuyển theo đường ống bơm đặt trên sàn đạo, những vật tư khác vận chuyển bằng xà lan. Trường hợp vị trí thi công cách xa vượt quá khả năng của máy bơm vừa thi có thể thiết lập trạm trộn trên hệ nổi.



Hình 9.43- Tổ chức thi công trụ tháp trong khu vực ngập nước.
1- máy vận thăng. 2- xà lan . 3- đường công vụ trên sàn đạo.

Tổ chức vận chuyển lên cao bằng cầu tháp và máy vận thăng tương tự như tổ chức thi công ở mặt bằng trên cạn.