

### CHƯƠNG III

## XÂY DỰNG CẦU BÊ TÔNG THÉP ĐÚC TẠI CHỖ (TOÀN KHỐI VÀ BÁN LẮP GHÉP)

#### 3.1. Đặc điểm xây dựng cầu bê tông cốt thép đúc tại chỗ toàn khối

Cầu bê tông cốt thép đúc toàn khối tại chỗ cần một khối lượng công tác rất lớn để xây dựng công trình tạm phụ vụ thi công : chế tạo và lắp dựng giàn giáo (giá vòm) và ván khuôn, tốn kém sức lao động, thời gian thi công kéo dài, giá thành đắt. kinh nghiệm cho thấy, nếu dùng giàn giáo giá vòm gỗ, thì riêng khối lượng gỗ đã chiếm gần 5% thể tích không gian gầm cầu. Ván khuôn gỗ chiếm từ 0,3 - 0,6m<sup>3</sup> cho 1m<sup>3</sup> bê tông. Nếu dùng các loại giàn giáo khác cũng không kém phức tạp và tốn kém. Nhiều khi giàn giáo hoặc giá vòm cũng thực sự đã là một công trình đồ sộ, không kém gì nhịp cầu bê tông cần đúc toàn khối. Vì vậy cầu dầm bê tông cốt thép đúc tại chỗ chỉ dùng trong trường hợp cá biệt, có yêu cầu riêng hoặc xây dựng cầu ở vùng săn vật liệu cát, sỏi, đá và gỗ v.v... Hiện nay trong xây dựng cầu bê tông cốt thép đúc tại chỗ đã áp dụng nhiều tiến bộ khoa học kỹ thuật để giảm bớt khối lượng thi công như : dùng giàn giáo giá vòm chuyên dụng ; giàn giáo di động ; giàn giáo treo. Thậm chí dùng các biện pháp thi công không cần giàn giáo như sử dụng kết cấu bát lấp ghép, phương pháp đúc đẩy hoặc dùng ván khuôn trượt. Phương pháp dùng giàn giáo treo đúc bê tông hăng được ứng dụng rộng rãi ở các nước. Ở nước ta bước

**đầu đâ sử dụng trong thi công một số cầu ở Hải Hưng và Thái Bình.**

Phương pháp thi công dùng giàn giáo treo đỡ bê tông hẫng có nhiều ưu điểm đối với cầu mút thừa, cầu liên tục và cầu khung chữ T có nhịp dài 50m trở lên.

Kết cấu bán lắp ghép chỉ sử dụng một phần là cầu kiện đúc sẵn, còn lại là bê tông đúc tại chỗ, nên có nhiều hiệu quả về kinh tế và kỹ thuật, khắc phục được các nhược điểm của hai loại kết cấu trên, đồng thời phát huy được những ưu điểm sẵn có của chúng. Do đó rất thông dụng trong ngành xây dựng ở nhiều nước. Ở nước ta kết cấu bán lắp ghép đã được sử dụng có hiệu quả lần đầu tiên hàng loạt ở cầu Tam Canh và một số cầu đường bộ ở Tỉnh Vĩnh Phú.

Phương pháp đúc đẩy cũng là một công nghệ xây dựng mới tiết kiệm được kinh phí thi công các công trình phụ tạm là giàn giáo và ván khuôn, đồng thời thu hẹp được bãi đúc và công trình xây dựng cầu, tập trung được khâu quản lý sản xuất.

### **3.2. Xây dựng cầu dầm trên giàn giáo.**

Xây dựng cầu dầm bê tông cốt thép toàn khối trên giàn giáo cố định bao gồm các việc sau : làm giàn giáo, lắp dựng ván khuôn, đặt cốt thép, đổ và đầm bê tông, bảo dưỡng bê tông, tháo dỡ ván khuôn và giàn giáo.

Vật liệu làm giàn giáo có thể là gỗ, thép.

Giàn giáo phải đủ cường độ bảo đảm độ cứng và độ ổn định theo yêu cầu, chẳng hạn độ võng các thanh trong giàn giáo không lớn quá 1/400 chiều dài nhịp.

Cấu tạo giàn giáo phải đơn giản dễ tháo lắp và sử dụng được nhiều lần. Mỗi nối phải thật khít để giảm biến dạng không đàn hồi, khe nối không hở quá 1mm. Sai số kích thước không quá  $\pm 10$ mm. Sai số khoảng cách giữa tim giàn không quá  $\pm 30$ mm. Giàn giáo được chọn tùy chiều dài nhịp, chiều cao cầu, vật liệu và thiết bị thi công có sẵn v.v... Giàn giáo có nhiều dạng chẳng hạn giàn giáo cố định giàn giáo di động.

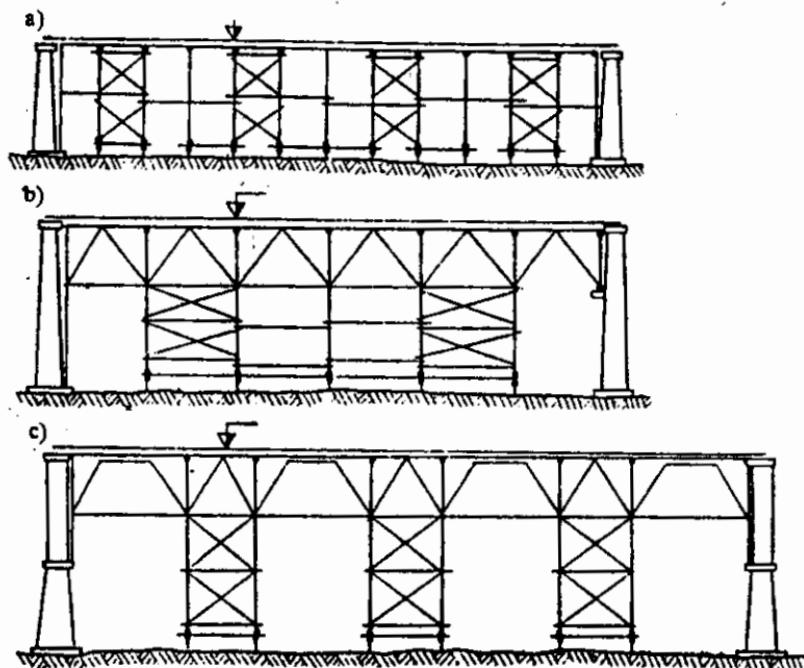
### 3.2.1. Cấu tạo giàn giáo cố định.

Giàn giáo cố định loại đơn giản nhất là giàn giáo kiểu cột đứng, khoảng cách giữa các cột thay đổi từ 2 - 4 mét (Hình 3.1a). Khi cầu cao, cột đứng phải bố trí dày. Do đó tồn gỗ đồng thời trong thời gian thi công thuyền bè không qua lại được cho nên cũng có thể dùng giàn giáo thanh chống xiên dạng tam giác hoặc hình thang (Hình 3.1 b, c).

Khoảng cách giữa các cột sẽ tăng lên từ 6 đến 8 mét.

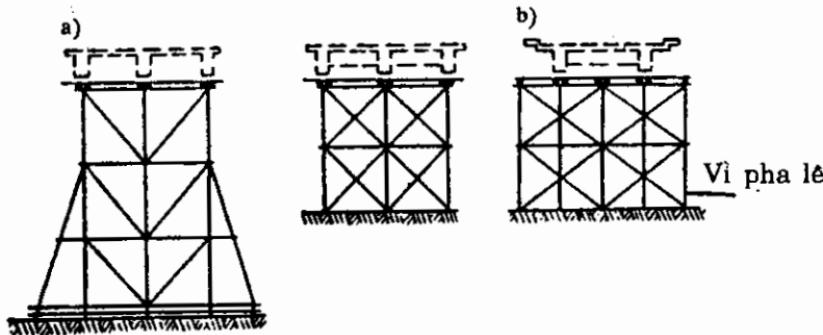
Mặt cắt ngang giàn giáo có cấu tạo tuỳ theo bề rộng cầu và số lượng dầm chủ. Các cột đứng luôn luôn phải bố trí ứng dưới dầm chủ.(Hình 3.2) giới thiệu cấu tạo một loại giàn giáo gỗ tính từ trên xuống có các bộ phận sau : ván đáy dầm chủ, gỗ ngang, dầm dọc, thiết bị hạ giàn giáo và palê gỗ mõm, cột đứng, gỗ chân và các thanh ống chéo. Các vì palê có thể kê trực tiếp trên nền đất tốt. Nếu đất yếu phải kê trên nền cọc.

Trường hợp cầu nhịp lớn và sông có thông thường sử dụng giàn giáo với dầm thép hình I (Hình 3.3) sẽ hợp lý hơn. Tuy nhiên vì thép hình đắt tiền, cần tận lương sử dụng kích thước có sẵn, tốt nhất là để nguyên; không



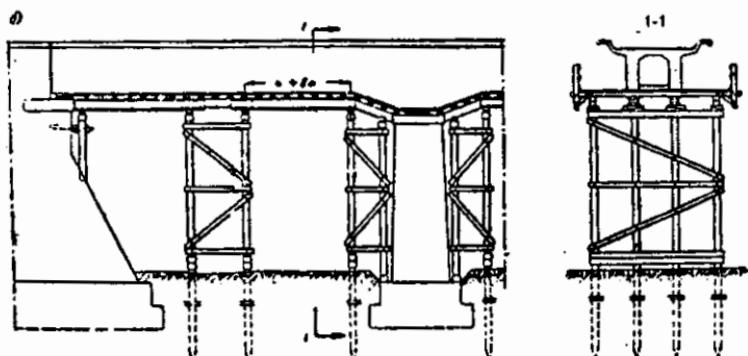
Hình 3.1 : Sơ đồ giàn giáo gỗ

khoan, cắt bừa bãi, đặt so le trên palê, để sử dụng lại, giảm giá thành. Nếu cần có thể nối dài theo kiểu liên kết chồng, ốp gỗ (bê tông) và bu lông.



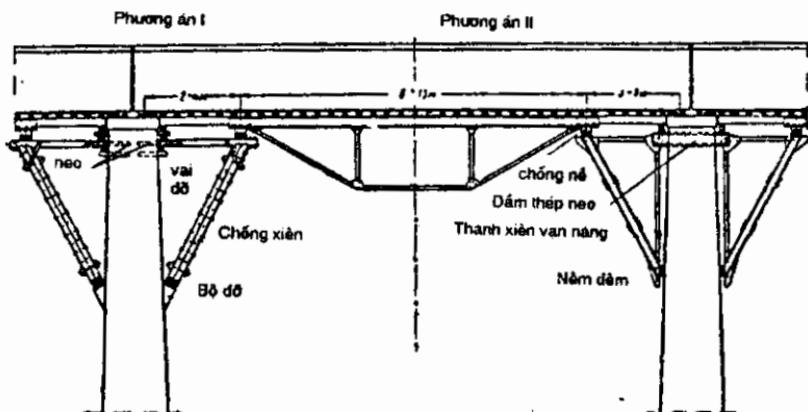
Hình 3.2 : Mặt cắt ngang giàn giáo

Thiết bị hạ giàn giáo có thể đặt dưới dầm I hoặc dưới chân các vỉ palè gỗ (Hình 3.3).



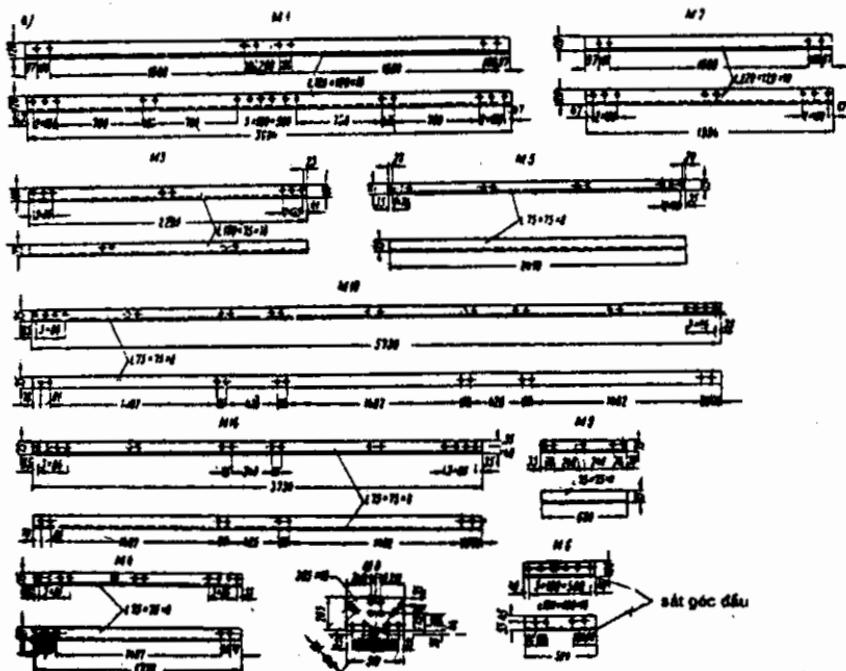
Hình 3.3 : Giàn giáo dầm I

Trong thời gian thi công nếu cần có khổ thông thương gầm cầu lớn hơn nữa, ta dùng dầm I có thanh tăng cường hoặc dàn thép để vượt nhịp lớn (Hình 3.4). Dầm hoặc giàn thép được gói lên vai đỡ của trụ cầu.



Hình 3.4 : Giàn giáo không tru giữa

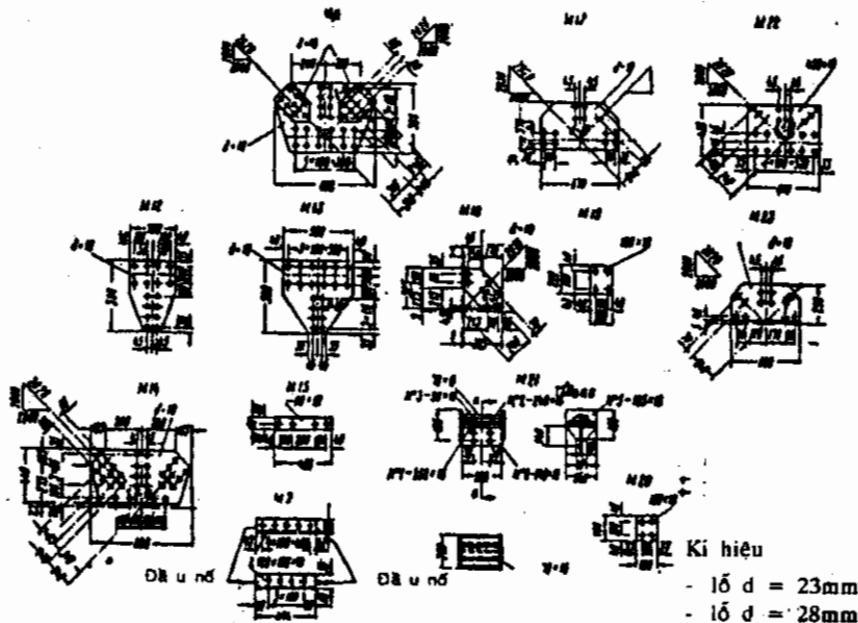
Giàn giáo thép bằng thanh "vạn năng" được dùng nhiều ở Liên Xô cũ. Ở ta thanh "vạn năng" cũng đã được sử dụng khá rộng rãi. Tuy nhiên vì thất lạc nhiều, nên hiện nay ít thấy trong kết cấu giàn giáo. Thanh vạn năng trước kia gồm 25 linh kiện, nay đã lên tới 61 linh kiện, thanh nặng nhất là 76,4 daN, các bản nút có thể nặng đến 93 daN, các ụ chán (đầu bò) nặng 260,3 daN ; Các thanh thép hình I để làm dầm ngang có thể nặng đến 1154 daN. Các thanh đều bằng thép CT3, thanh ghép có thể tổ hợp từ 1 đến 6 thanh thép góc. Bản nối và bản giằng có 26 loại. Các thanh liên kết bằng bu lông đường kính



Hình 3.5 : Linh kiện thanh vạn năng

$\phi 22$  và  $\phi 27$ . Thanh vạn năng có thể lắp thành giàn, thành trụ, thành tháp cầu và nhiều hình thức kết cấu khác với khoang 2m. Hình 3.5 và hình 3.6 là các linh kiện thanh "vạn năng".

Ngoài ra, còn có những bộ thanh "vạn năng" làm bằng thép cường độ cao, lắp bằng bu lông tinh chế, và chỉ gồm 43 linh kiện.



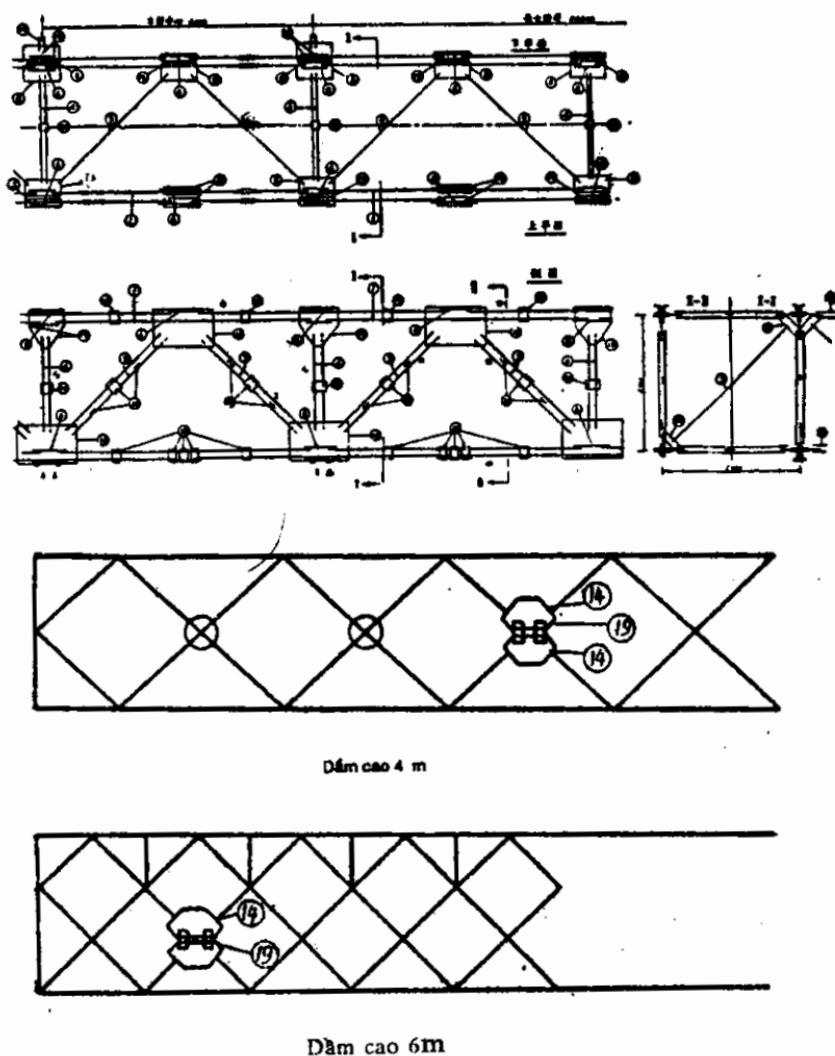
Hình 3.6 : Linh kiện thanh vạn năng

Hình 3.7 giới thiệu các loại giàn giáo bằng thanh "vạn năng" gồm một, hai và ba tầng, mỗi tầng cao 2m.

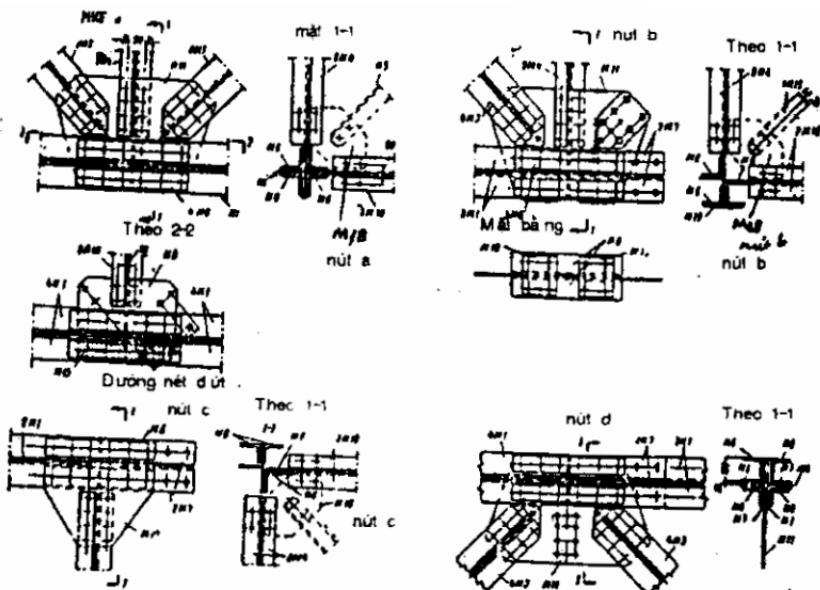
Hình 3.8 là cấu tạo một số bản nút của giàn.

Với thanh "vạn năng" ta có thể lắp thành các trụ đỡ như hình 3.9. Khoảng cách giữa các cột từ 0,26 - 2 - 4 - 6m.

Trừ phần đỉnh và chân trụ cao 0,561m, còn lại mỗi khoang cao 2m.



Hình 3.7 : Giàn giáo thanh vạn năng



Hình 3.8 : Nút giàn giao thanh vạn năng

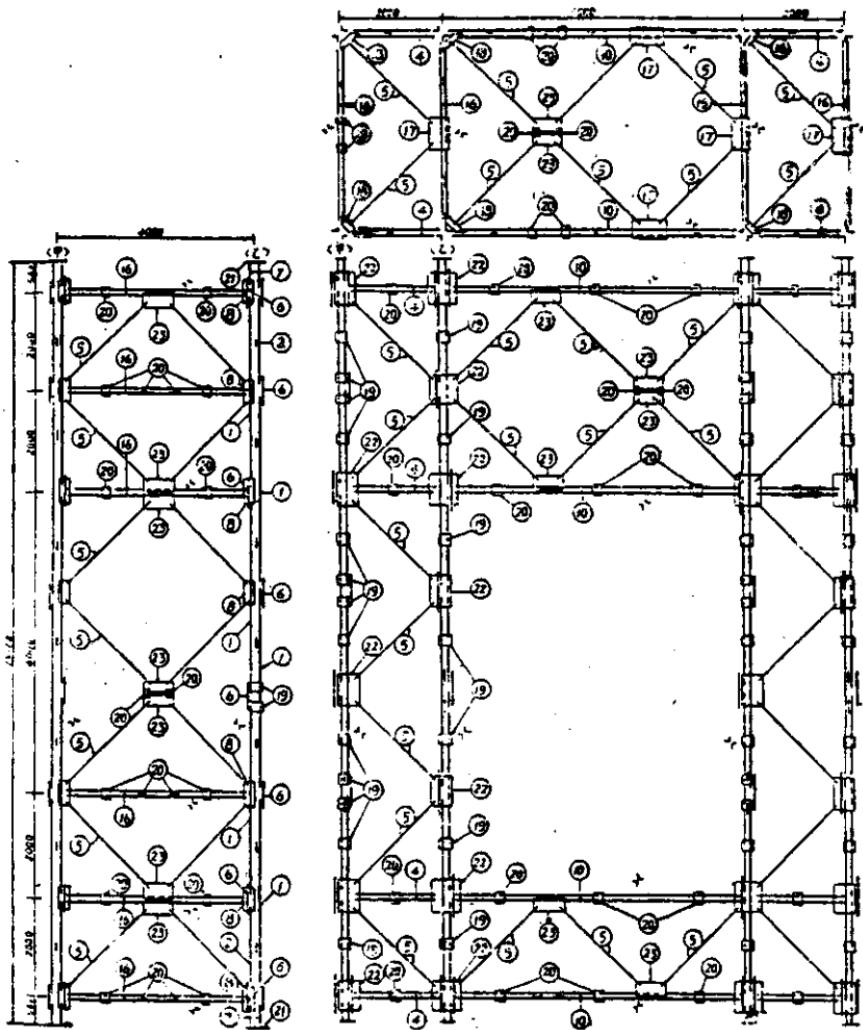
a, b- Nút biên dưới

c, d- Nút biên trên

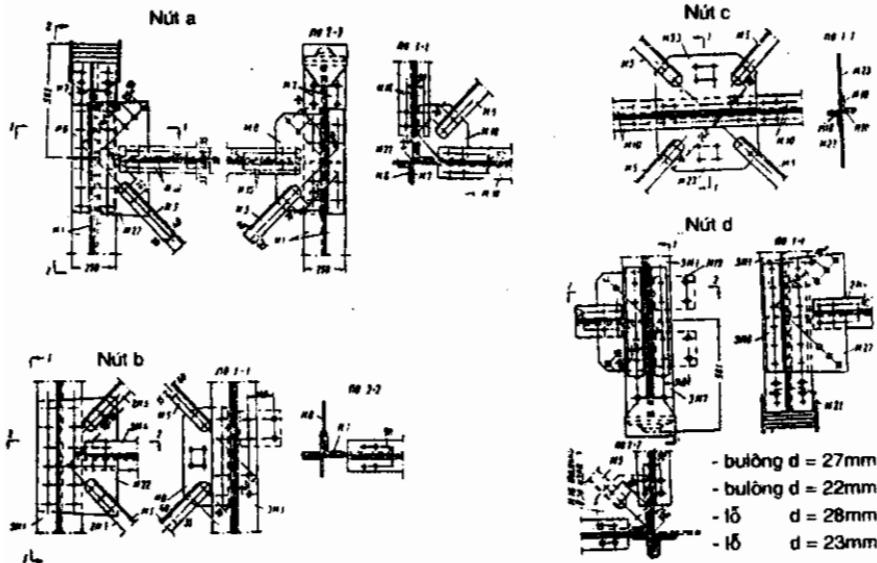
Hình 3.10 là cấu tạo một số bản nút lắp các thanh trụ đỡ.

Hình 3.11 là cấu tạo một số tháp cầu. bảng 3.1 giới thiệu qui cách của thanh "vạn năng". Bảng 3.2. giới thiệu diện tích và năng lực chịu tải của kết cấu thanh "vạn năng".

Ưu điểm của thanh "vạn năng" là có thể lắp được nhiều loại hình kết cấu khác nhau, kể cả những cầu tạm phục vụ trong và sau chiến tranh. Tuy nhiên, nhược điểm của thanh "vạn năng" là lắp ráp tốn công sức và thời gian, độ võng của giàn khá lớn, chịu tác dụng động kém, vì độ "giò" của liên kết với lô định có đường kính lớn hơn bu lông khoảng 1mm.



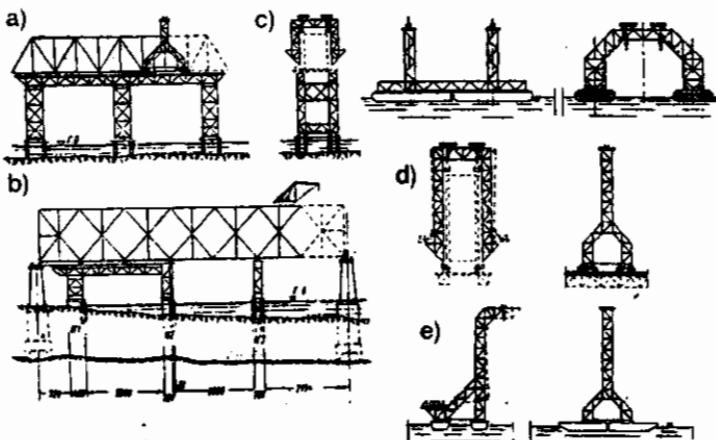
Hình 3.9 : Trụ ghép bằng thanh van nang



**Hình 3.10 : Bản nút trụ ghép bằng thanh vạn năng**

a- Bản nút định trụ ; b- Bản nút giữa trụ ;

c- Bản nút ngang ; d- Bản nút chân trụ



**Hình 3.11 : Các kết cấu phụ trợ bằng thanh vạn năng**

a- Cân trục long môn và giàn giáo ; b- Giàn giáo và trụ giữa ;

c- Cân trục nối ; d. Cân trục long môn ; e- Cân trục nối nút thừa.

### § 3. Quy cách thanh vận nang

Bảng quy cách kích thước và trọng lượng của kết cấu như bảng 3.1

Bảng 3.1

Số hiệu phụ tùng	TÊN PHỤ TÙNG	Kích thước phụ tùng (mm)	Chiều dài (mm) hoặc diện tích m <sup>2</sup>	Số chiếc	Trọng lượng (kg)		
					Mỗi thanh	Tổng các thanh	Tổng cộng
1	Thanh mạ hoặc trụ (dài)	L.100×100×12	3904	1	71,1	71,1	71,1
2	Thanh mạ hoặc trụ (ngắn)	L.100×100×12	1994	1	35,7	35,7	35,7
3	Thanh xiên (phản ứng đầu)	L.100×75×10	2350	1	30,8	30,8	30,8
	Thanh chống ngang (giữa đèn giữa 2m)	L.75×75×8	1770	1	16,0	16,0	16,0
5	Thanh chống chéo	L.75×75×8	2478	1	22,4	22,4	22,4
6	Sắt gai ghép nối (mạ hoặc trụ)	L.90×90×10	580	1	7,8	7,8	7,8
7	Đầu trụ (nối 1 hoặc 2)	L.101×100×12	404	1	8,8	8,8	8,8
8	Tâm tiếp điểm (1,2 hoặc 7)	250×10	489	1	9,6	9,6	9,6
9	Tâm góc nối (nối 5)	L.75×75×8	678	1	5,7	5,7	5,7
10	Thanh chống ngang (giữa đèn giữa 6m)	L.75×75×8	5770	1	52,1	52,1	52,1
11	Tâm tiếp điểm (mạ hoặc trụ)	$\delta = 10$ 200×10	$w = 0,20$ $w = 0,05$	1 2	31,2 4,0	31,2 4,0	35,2
12	Tâm tiếp điểm (mạ hoặc trụ)	$\delta = 10$	$w = 0,17$	1	13,6	13,6	13,6
13	Tâm tiếp điểm (mạ hoặc trụ)	$\delta = 10$	$w = 0,25$	1	20,0	20,0	20,0
14	Tâm tiếp điểm (mạ hoặc trụ)	$\delta = 10$	$w = 0,31$	1	24,8	24,8	24,8
15	Tâm đệm (mạ hoặc trụ)	80×10	180	1	3,1	3,1	3,1
16	Thanh chống ngang (giữa đèn giữa 4m)	L.75×75×8	3770	1	31,0	31,0	31,0
17	Tâm tiếp điểm (thanh chống ngang)	$\delta = 10$	$w = 0,2$	1	16,0	16,0	16,0
18	Tâm tiếp điểm (thanh chống ngang)	$\delta = 10$	$w = 0,061$	1	4,8	4,8	4,8
19	Tâm có rãnh (dùng cho trụ mạ)	180×10	210	1	3,0	3,0	3,0
20	Tâm có rãnh (dùng thanh chống ngang và thanh chống xiên)	220×16 190×10 200×10	220 170 220	1 1 1	6,2 2,2 5,6	6,2 2,2 5,6	12
21	Mũ cọc	70×16 195×10 90×16 140×10	220 220 220 220	1 2 1 1	2,0 3,4 2,5 2,5	2,0 3,4 2,5 2,5	25,6
22	Tâm tiếp điểm (trụ)	268×10	580	1	18,0	18,0	18,0
23	Tâm tiếp điểm (trụ)	566×10	580	1	26,3	26,3	26,3
23	Tâm tiếp điểm (thanh xiên)	$\delta = 10$	$w = 0,13$	1	10,1	10,1	10,1
24	Bu lông phô thông	$d = 22$	50 60 70	1 1 1			
25	Bu lông phô thông		28 80 90	1 1 1			

Bảng 3.2

Bảng định tích mực cắt và năng lực cắt tối đa của kết cấu

Tê thanh kết cấu	Hình dạng mặt cắt	Kích thước mặt cắt (mm)	Ung lực cho phép (t)					
			Công lực cho phép đơn vị $\sigma = 1700 \text{ kg/cm}^2$	$\sigma = 2000 \text{ kg/cm}^2$	Ung lực cho phép đơn vị $\sigma = 2000 \text{ kg/cm}^2$	Số lượng ba lóng mới $n$	Công suất điện kW	Công suất điện kW
Thanh mè hoặc trục (1) hoặc (2)	$\begin{array}{ c }\hline \text{L}\\ \hline \text{T}\\ \hline \end{array}$	2 - < 100 x 100 x 12 2 - < 100 x 100 x 12	45,6 45,6	3,38 3,89	200 400	51,5 60,4	65,7 85,7	59,2 66,8
	$\begin{array}{ c }\hline \text{L}\\ \hline \text{T}\\ \hline \end{array}$	4 - < 100 x 100 x 12 4 - < 100 x 100 x 12	91,2 91,2	13,22 13,22	4,41 4,41	200 400	45,2 50,4	0,702 0,514
Thanh viền (3) Công thênh ép Công thênh ép	$\begin{array}{ c }\hline \text{L}\\ \hline \text{T}\\ \hline \end{array}$	2 - < 100 x 73 x 10 4 - < 100 x 73 x 10	33,4 68,8	0,21 13,92	3,23 3,72	283 283	87 79	0,618 0,684
	$\begin{array}{ c }\hline \text{L}\\ \hline \text{T}\\ \hline \end{array}$	23 23	3,7 3,7	3,01 3,01	200 400	66 132	0,736 0,472	32,8 32,8
Thanh chống nặng (4)(10)(16)	$\begin{array}{ c }\hline \text{L}\\ \hline \text{T}\\ \hline \end{array}$	46 46	7,1 7,1	3,36 3,36	200 600	400 600	60 0,52	0,76 65,6
	$\begin{array}{ c }\hline \text{L}\\ \hline \text{T}\\ \hline \end{array}$	46 46	7,1 7,1	3,36 3,36	200 600	400 600	1178 0,268	41,5 65,6
Thanh chống nặng (4)(10)(16)	$\begin{array}{ c }\hline \text{L}\\ \hline \text{T}\\ \hline \end{array}$	23 23	3,7 3,7	3,04 3,04	200 600	400 600	66 0,472	0,728 32,8
	$\begin{array}{ c }\hline \text{L}\\ \hline \text{T}\\ \hline \end{array}$	23 23	3,7 3,7	3,04 3,04	200 600	400 600	122,6 0,216	32,8 32,8
Tập đoàn chắc (5)	$\begin{array}{ c }\hline \text{L}\\ \hline \text{T}\\ \hline \end{array}$	11,3 11,3	1,84 1,84	1,43 1,43	283 568	283 486	0,200 —	12,3 —
	$\begin{array}{ c }\hline \text{L}\\ \hline \text{T}\\ \hline \end{array}$	11,3 11,3	1,84 1,84	1,43 1,43	283 568	283 486	— —	12,3 12,2

Lâu nay, để làm giàn giáo cố định, nhiều nước đã sử dụng các loại linh kiện thép ống, nối với nhau bởi những đai "cút" và "rắc co" khác nhau. Ở nhiều công ty lớn, còn sử dụng những mảng giàn giáo đã chế tạo sẵn theo mẫu mã nhất định, bảo đảm linh hoạt trong lắp ráp các loại hình giàn giáo không gian một cách nhẹ nhàng và thuận lợi, liên kết với nhau bởi những chi tiết gia công tinh bằng kim loại, chịu được những lực trượt tương đối lớn.

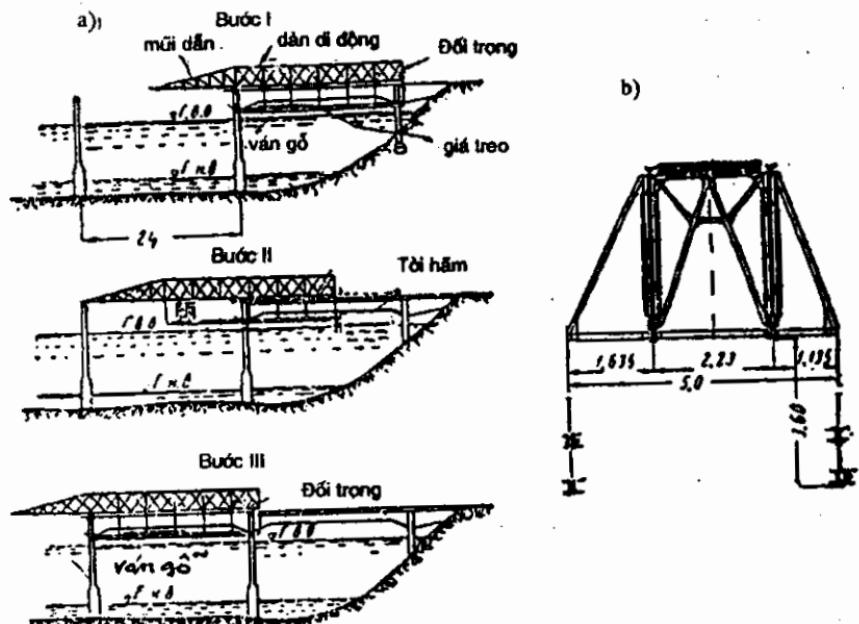
### 3.2.2. Cấu tạo giàn giáo di động

Giàn giáo di động là giàn giáo có thể chạy được để chế tạo từ nhịp này đến nhịp khác. Giàn giáo di động thích hợp để xây dựng cầu bê tông cốt thép đúc tại chỗ bắc qua sông sâu, lòng sông không thể đóng cọc để làm giàn giáo cố định, hoặc không kinh tế. Hình 3.12 giới thiệu một kiểu giàn giáo di động bằng thép. Hai bên giàn thép có giá tam giác treo dầm dọc và ván khuôn. Dầm ngang và ván đáy đặt trên dầm dọc (Hình 3.12b). Đặt ván khuôn, lắp cốt thép, đúc dầm và bảo dưỡng bê tông đều thực hiện trên giàn giáo treo. Khi bê tông đạt cường độ tháo ván khuôn và kéo giàn giáo sang nhịp khác và các công việc sẽ được lắp lại như trên.

Giàn giáo di động có thể làm bằng dầm hoặc giàn thép định hình. Khi di động cần một số thiết bị phụ trợ.

### 3.2.3. Cấu tạo ván khuôn.

Ván khuôn cầu dầm bê tông cốt thép đúc toàn khối tại chỗ có thể làm bằng gỗ, gỗ thép liên hợp, hoặc bằng thép toàn bộ. Yêu cầu đối với ván khuôn là đủ độ cứng và cường độ, đơn giản dễ chế tạo, dễ tháo lắp và sử dụng



Hình 3.12 : Giàn giáo di động

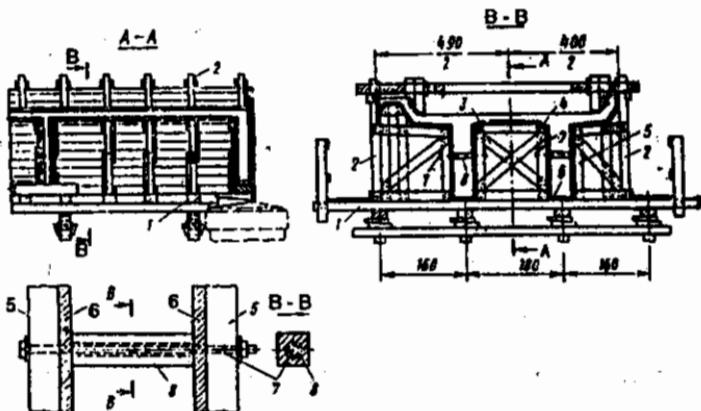
a- Vị trí giàn giáo ; b- Mặt cắt ngang giàn giáo

được nhiều lần. Ván khuôn phải khít để tránh rò rỉ vữa xi măng khi đổ bê tông. Tuỳ theo số lượng nhịp có thể chọn dùng ván khuôn gỗ, hoặc thép. Ván khuôn thép sử dụng được nhiều lần, do đó tổng giá thành có thể sẽ hạ.

Cấu tạo ván khuôn gỗ được giới thiệu trên hình 3.13.

Ván khuôn gỗ đúc dầm bê tông cốt thép gồm các bộ phận sau :

- Ván gỗ : dày khoảng 4 - 5cm, khoảng cách các mép đứng từ 70 - 100 cm. Ván khuôn có thể chia đoạn để chế



*Hình 3.13 : Cấu tạo ván khuôn gỗ cầu dầm  
và chi tiết bu lông căng có thanh chống*

1- Gỗ ngang ; 2- Khung ngoài ; 3- Khung trong ;  
4- Ván ; 5- Thanh đứng ; 6- Ván khuôn ;  
7- Bulong căng ; 8- Thanh chống.

tạo sẵn, như vậy sẽ lắp ghép được nhanh. Để bảo đảm bê tông dày sườn đầm bê tông cần bố trí bu lông căng luôn quá lỗ của thanh chống bằng bê tông.

- Khung chống : Đó là những thanh gỗ liên kết với nhau bằng đinh hoặc bu lông, thành từng mảng không biến hình, dựng thẳng đứng thành từng bộ, cách nhau khoảng 70 - 100cm. Ván khuôn dày và khung chống được đặt trên gỗ ngang. Khi đầm cao và bầu đầm bố trí nhiều cốt thép có thể mở cửa sổ trên sườn đầm để đổ và đầm bê tông (có thể kiểm tra cốt thép và bê tông tươi qua cửa sổ).

Đổ bê tông đến cửa sổ phải bịt lại để tiếp tục đúc phần trên.

### 3.2.4. Công tác cốt thép

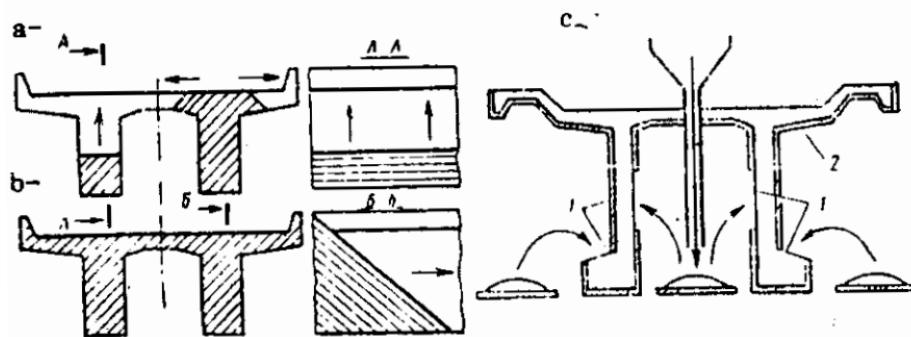
Cốt thép được chế tạo thành lưới, thành khung sườn với kích cỡ phụ thuộc phương tiện vận chuyển và cầu lấp. Lưới và khung thép được chế tạo trong phân xưởng cốt thép nhờ các khuôn mẫu, và phải đảm bảo độ chính xác. Độ cứng của khung cốt thép nhờ hàn các thanh và các cốt xiên. Sườn cốt thép rời đặt trong ván khuôn cần phải phù hợp cấu tạo ván khuôn và không có biến dạng dư.

Lớp bảo vệ cốt thép được bảo đảm bằng các miếng đệm vừa xi măng có bề dày bằng lớp bảo vệ. Trong miếng đệm có đặt sợi thép nhỏ để buộc vào cốt thép chủ. Khoảng cách đặt con đệm tuỳ theo đường kính thanh cốt thép.

Trước khi đổ bê tông phải lập biên bản nghiệm thu cốt thép về chủng loại, kích thước và cách bố trí đặt trong ván khuôn v.v. so với bản vẽ thiết kế. Trường hợp có sai sót phải sửa cho đúng thiết kế sau đó hai bên A và B ký vào biên bản nghiệm thu.

### 3.2.5. Công tác đổ bê tông

Khi thi công kết cấu đúc tại chỗ, bê tông cũng phải đổ liên tục và tận lượng dùng biện pháp cơ giới, tốt nhất là dùng máy bơm đẩy bê tông. Phần dầm có cốt thép bố trí dày nên dùng cốt liệu nhỏ. Vận chuyển từ trạm trộn đến nơi đổ không được để bê tông bị phân tầng. Bề dày mỗi lớp đổ từ 10 - 40cm. Bê tông có thể đổ từng lớp nằm ngang hay xiên. Tốc độ đổ bê tông phải bảo đảm sao cho khi đổ lớp sau thì lớp đổ trước chưa bắt đầu ngừng kết (Hình 3.14).



Hình 3.14 : Phương pháp đổ bê tông kết cấu nhịp

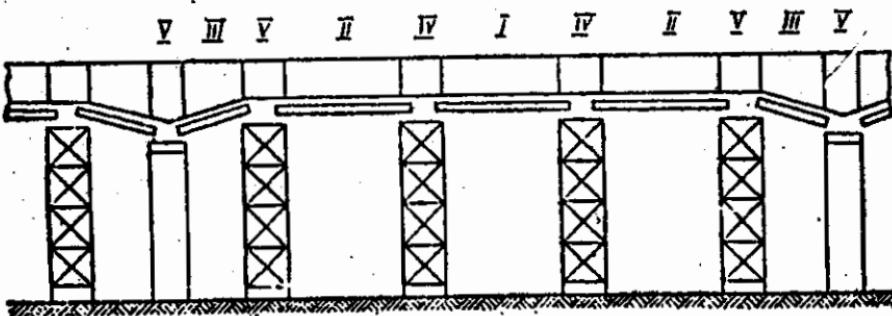
a- Lớp nằm ngang ; b- Lớp xiên ; c- Dổ bê tông bụng dầm  
1. Cửa sổ ; 2. Ván khuôn

Trường hợp cầu nhịp ngắn, có thể đổ theo lớp nằm ngang trên cả chiều dài nhịp vì khối lượng cần đúc không lớn lắm. Dầm ngang và dầm dọc được đúc cùng một lúc. Khi đến bàn mặt cầu, bê tông sẽ đổ từ dầm dọc sang hai bên.

Trường hợp cầu nhịp lớn nếu đổ theo lớp nằm ngang không thể cung cấp đủ bê tông, có thể đổ theo các lớp nghiêng một góc  $\alpha = 20 \div 28^\circ$ , từ hai đầu vào giữa nhịp. Bàn mặt cầu và dầm được đúc cùng một lúc (đúc theo chiều cao dầm). Phương pháp đổ theo các lớp nghiêng có ưu điểm là diện tích mặt đổ sẽ hẹp, khối lượng từng mè trộn bê tông có thể ít, lượng máy móc sử dụng không nhiều. Khi dầm cao hơn 1,5m hoặc cốt thép trên bàn mặt cầu khá dày, sườn dầm và bàn mặt cầu sẽ không đổ liền cùng một lúc. Trước tiên đổ dầm dọc và dầm ngang. Sau đó lắp cốt thép bàn mặt cầu và đổ bê tông phần bàn. Trường hợp bàn mặt cầu rộng, có thể chia ô theo hướng ngang và bố trí khe công tác trên dầm ngang để tránh cho bê tông khỏi nứt do giàn giáo bị biến dạng trong quá

trình đổ bê tông. Cũng có thể dùng phương pháp chất tải trên giàn giáo để khử biến dạng dư và lún của giàn giáo. Chẳng hạn chất tải bằng cát đá, hoặc đổ đầy nước (nếu ván khuôn kín v.v.). Đổ bê tông đến đâu tháo tải trọng đến đó. Nhược điểm phương pháp chất tải là tốn công sức và thời gian thi công kéo dài.

Đối với đầm liên tục và mút thừa đúc tại chỗ thường ở giữa nhịp giàn giáo có độ biến dạng lớn, trái lại ở các điểm tựa, độ lún không đáng kể (hoặc không lún) vì lún không đều, bê tông sẽ bị nứt ở chỗ gãy góc của độ vông. Vì vậy, khi đổ bê tông phải để khe công tác ở trên đỉnh trụ (kể cả trụ tạm). Khe công tác còn có tác dụng làm giảm ứng suất do co ngót của bê tông. Bề rộng khe công tác lấy khoảng 0,8 - 1m. Mỗi đoạn cũng phải đổ bê tông từ hai đầu vào như giới thiệu trên hình 3.15.



Hình 3.15 : Trình tự đổ bê tông (I-V), các đoạn của đầm liên tục

Khi đổ bê tông ở khe công tác, phải làm nhám mặt bê tông cũ bằng cách đục, tẩy và rửa sạch để bảo đảm liên kết tốt giữa các khối bê tông.

### 3.2.6. Tính toán giàn giáo ván khuôn treo.

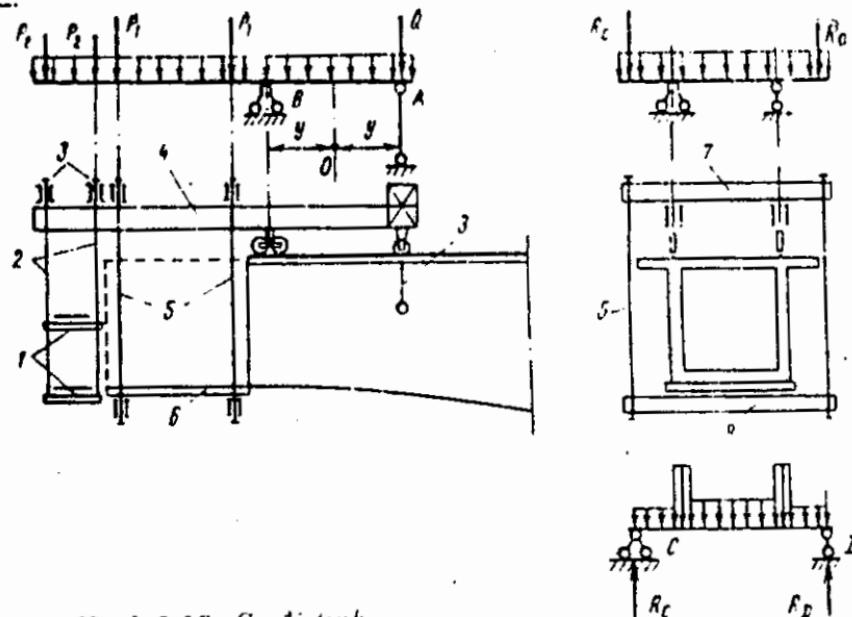
Tải trọng tác dụng lên giàn giáo gồm trọng lượng bản thân của giàn giáo, ván khuôn, đoạn bê tông cốt thép đúc hăng, các thiết bị và người làm việc trên giàn giáo. Ngoài ra áp lực gió cũng tác dụng lên giàn giáo, ván khuôn. Cần tính toán giàn giáo treo theo các trạng thái giới hạn. Cụ thể là duyệt cường độ và ổn định của giàn giáo cả 2 giai đoạn : đổ bê tông và di chuyển. Duyệt biến dạng trong giai đoạn đúc hăng. Tính toán dầm dọc của giàn giáo di động bố trí trên kết cấu nhịp như hình 3.16a hoặc dầm dọc bố trí dưới kết cấu nhịp như hình 3.16b.

Tính khả năng chịu lực dầm ngang dưới 8, dầm ngang trên 7, thanh kéo 5 và dầm dọc mút thừa 4. Tải trọng thẳng đứng do trọng lượng đoạn bê tông mới đổ tác dụng trực tiếp lên ván 6, tải trọng người và các công cụ đặt trên giàn giáo truyền qua thanh kéo 2 và dầm ngang 3, truyền lên dầm dọc mút thừa. Đầu cuối dầm dọc được neo 3 vào đoạn bê tông đã đổ trước. Dầm dọc, dầm ngang chịu mô men và lực cắt do trọng lượng giàn giáo, ván khuôn, người và thiết bị. Lực trong thanh kéo chính là phản lực của dầm ngang dưới  $R_c$  và  $R_d$ . Khi duyệt độ ổn định lật của dầm dọc cần phải xác định được độ lệch tâm  $e_0$  của hợp lực trên dầm bao gồm cả đối trọng  $Q$  và lực neo  $R_A$ .

$$e_0 = \frac{\sum M_o + R_A y}{\sum P + R_A}$$

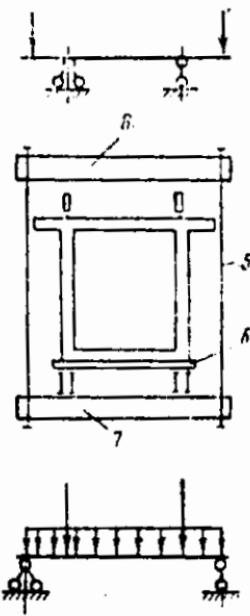
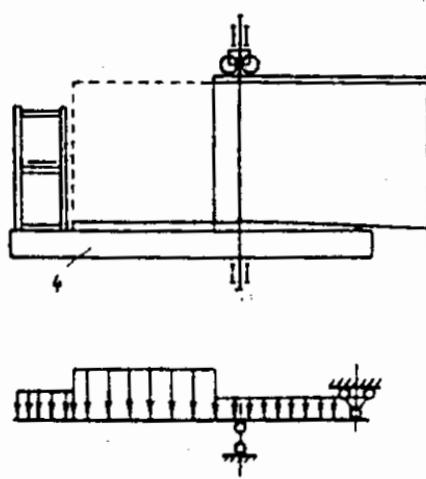
Trong đó :

$\sum M_o$  - Tổng mômen tất cả các lực, trừ lực trong neo.



**Hình 2.16 : So đồ tĩnh  
giàn giao di động**

b.



P- Tổng các lực thẳng đứng trừ lực trong neo

Điều kiện ổn định ta có :

$$\frac{e_0}{y} \leq m \text{ hay } \frac{\Sigma M_o + R_A y}{y(\Sigma P + R_A)} \leq m$$

Lực nhỏ nhất trong neo  $R_A$  :

$$R_A = \frac{m \Sigma P - \frac{\Sigma M_o}{y}}{1 - m}$$

Trong đó :  $m$  là hệ số ổn định.

Từ lực  $R_A$  tính toán bố trí cấu tạo neo trong bêtông.

Chọn đối trọng  $Q$  từ điều kiện ổn định khi giàn giáo di chuyển đến vị trí mới. Xác định độ biến dạng (độ vông) của giàn giáo treo mút thừa từ trọng lượng bản thân giàn giáo, trọng lượng khói bê tông, các thiết bị và người làm việc trên đó.

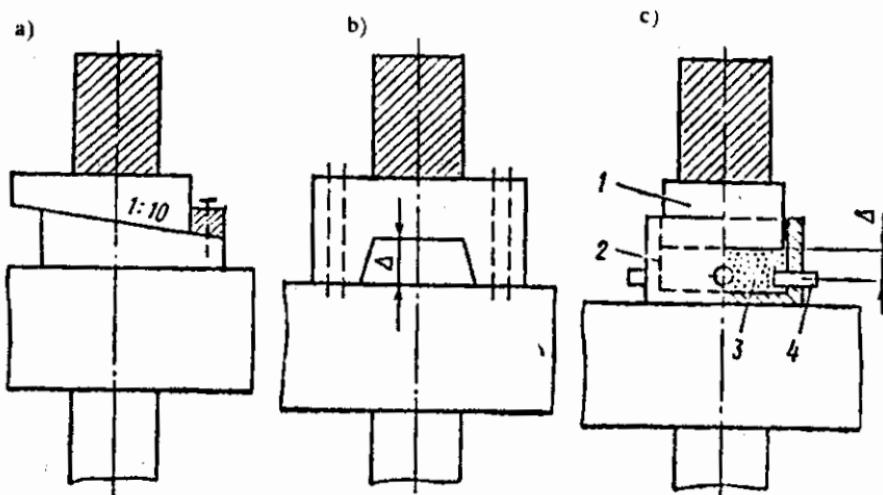
### 3.2.7. Tháo ván khuôn và hạ giàn giáo

Khi bê tông đã đạt đến một cường độ nhất định, có thể tháo ván khuôn. Đối với các loại ván khuôn thành, có thể tháo sớm, khi cường độ bê tông đạt trên 25 daN/cm<sup>2</sup>. Sau khi tháo ván khuôn phải kiểm tra kỹ mặt ngoài và làm biên bản nghiệm thu, đánh giá chất lượng bê tông.

Khi cường độ bê tông đạt trên 70% cường độ có thể hạ giàn giáo. Thiết bị hạ bao gồm : nệm gỗ, ngựa gỗ, hộp cát, hoặc kích như giới thiệu trên hình 3.17.

Ngựa gỗ và nêm dùng cho két cầu nhịp có chiều dài nhỏ. Hộp cát và kích dùng với nhịp lớn.

Hộp cát gồm ống thép, đỗ đầy cát khô và được nén chặt, đè lên cát là trục gỗ có đường kính bé hơn đường kính hộp cát 1cm. Nguyên tắc làm việc của hộp cát tương tự một kích thuỷ lực, nhưng ở đây dùng vật liệu rời có góc nội ma sát lớn thay chất lỏng, như vậy sẽ tránh được tổn thất và an toàn trong quá trình sử dụng. Hộp cát hiện đại có cấu trúc đơn giản, bao gồm một hộp thép hình trụ hàn chắc chắn và một nút (pittông) bằng bê tông đúc



Hình 3.17. : Thiết bị hạ giàn giáo

a- Nêm gỗ ; b- Ngựa gỗ ; c- Hộp cát.

1. Pittong ; 2. Xi lanh ; 3. Cát ; 4. Cái nút.

trong một ống thép mỏng, dễ dàng trượt trên thành trong của hộp cát (Hình 3.17c). Có thể thay thế nút bê tông bằng gỗ từ thiết. Cát nên dùng loại cát thạch anh hoặc silic hạt mịn và sạch để dễ chuyển động chảy và chịu được áp suất tới  $200 \text{ daN/cm}^2$  không bị vỡ. Trước khi đổ vào hộp, cát phải rang khô và trong quá trình thi công phải lưu ý bảo vệ chống ẩm cho cát trong hộp, chẳng hạn có vành mái che mưa chung quanh, nhồi xơ gai và trét mát tít bitum kín khe hở giữa hộp và nút pittông, chốt chặt bằng nút gỗ 4, lỗ đã bố trí sẵn gần đáy hộp. Khi hạ giàn giáo, sau một hiệu lệnh tắt cả các hộp cát được hạ cùng một lúc theo tỷ lệ nhất định bằng cách mở nút các lỗ để cát chảy ra với một lượng nhất định được cân đo cẩn thận. Đơn giản hơn nếu hàn tấm đáy rộng hơn hộp cát một chút, cát sẽ tự động ngừng chảy khi đỉnh "cồn cát" tích tụ đã cao tới lỗ tháo. Bằng một hiệu lệnh tiếp theo, chỉ cần quét đi những cồn cát đó, các hộp cát giống nhau sẽ lại được hạ một độ cao như nhau.

Nếu cát trong hộp để lâu bị nhiễm ẩm, hoạt động của hộp cát sẽ kém linh hoạt, có khi phải dùng que nạo để khơi cát chảy ra.

Dùng hộp cát để hạ giàn giáo sẽ êm thuận, nhịp nhàng và chính xác.

Hộp cát được thiết kế theo yêu cầu độ cao cần hạ h và phản lực tựa. Cường độ của hộp được kiểm tra với áp lực cát trên thành hộp.

Chiều cao hạ giàn giáo tính theo công thức sau :

$$h = y + \Delta + C$$

\* Trong đó :

y - Độ vông của nhịp do trọng lượng bản thân đầm bê tông gây ra ;

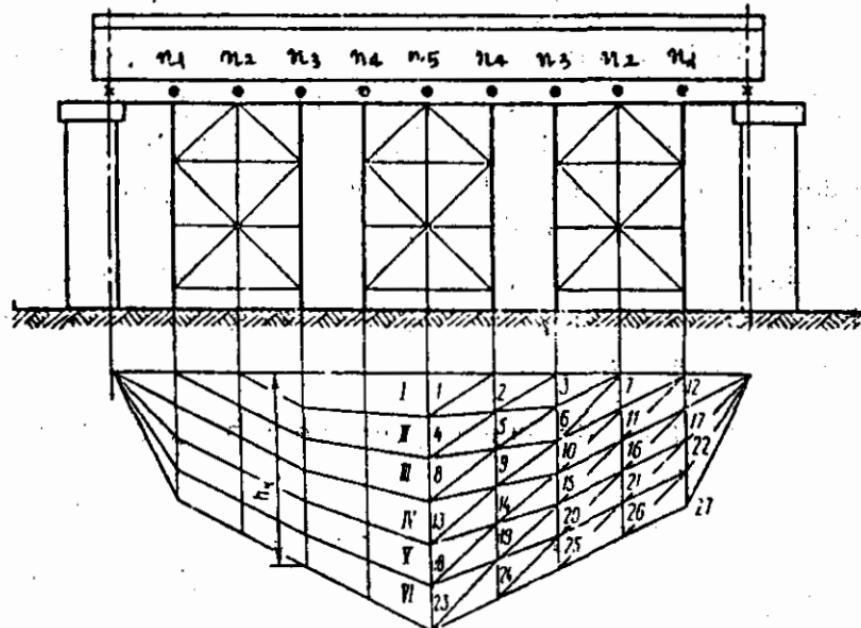
Δ - Biến dạng dàn hồi của giàn giáo ;

C - Khoảng hở cần thiết giữa giàn giáo và đầm bê tông, thường từ 10-30mm.

Để tránh đầm bị rạn nứt trong quá trình hạ giàn giáo cần phải tháo cắt từ từ bằng cách chia làm nhiều lần hạ.

Chiều cao mỗi lần hạ là  $h/n$  (n là số lần hạ)

Giàn giáo được hạ từ giữa nhịp vào 2 gói như hình 3.18.



Hình 3.18 : Trình tự hạ giàn giáo

Bên trái - Bước hạ; Bên phải - Giai đoạn hạ

$n_1-n_5$  - Thiết bị hạ ; I - VI. Thứ tự hạ ; 1-27. Các giai đoạn hạ.

Đối với cầu dầm liên tục cung hạ tương tự nhưng phải cân xứng trong toàn bộ dầm cũng như trong từng nhịp.

Đối với cầu nút thừa, cần hạ hai bên nút thừa trước.

Bê tông phải đạt 100% cường độ mới cho phép hoạt tải qua cầu.

### 3.3. Giàn giáo treo và công nghệ đúc hẫng.

Công nghệ đúc hẫng thực chất là công nghệ thi công kết cấu nhịp bê tông cốt thép từng khúc liên tiếp từ mố ra, hoặc đúc cần bằng từ trụ sang hai bên đối xứng từng đôi một. Dùng cốt thép ứng suất trước rất phù hợp với công nghệ đúc hẫng vì dễ dàng liên kết chặt các khúc với nhau.

Phương pháp đúc hẫng không yêu cầu phải làm giàn giáo đỡ ván khuôn, như vậy rất có lợi trong nhiều trường hợp :

- Cầu qua sông sâu hoặc cầu có trụ rất cao.
- Làm giàn giáo không an toàn do nguyên cơ lũ lụt nước chảy xiết.
- Không cho phép làm giàn giáo vì không bao đảm khổ gầm cầu cho tàu thuyền, xe cộ đi lại dưới cầu trong khi thi công.

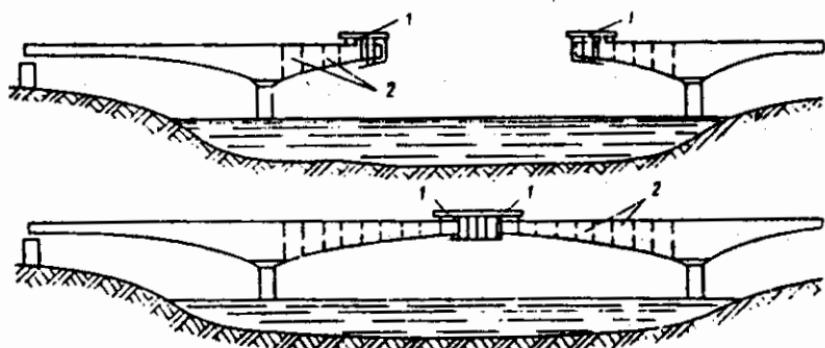
Ngoài ra đúc hẫng không phụ thuộc điều kiện trong nhà máy đúc sẵn, cho phép xây dựng những cầu với kích thước hợp lý kể cả cầu có hình đồ phức tạp (cong, xiên v.v ...). Đúc hẫng nhiều khi là công nghệ lợi hại đối với cầu nhịp dài (kể cả cầu dây).

Công nghệ đúc hẫng được sử dụng trong thực tế xây dựng cầu trước khi có công nghệ lắp hẫng và cho đến nay

vẫn là công nghệ được dùng phổ biến trong thi công cầu nhịp lớn ở nhiều nước trên thế giới, trong đó phải kể những cầu có nhịp kỷ lục như hai cầu ở Nhật Bản dài 236 m và 240m.

Để đúc hằng kết cấu nhịp thường dùng các phương án thi công sau :

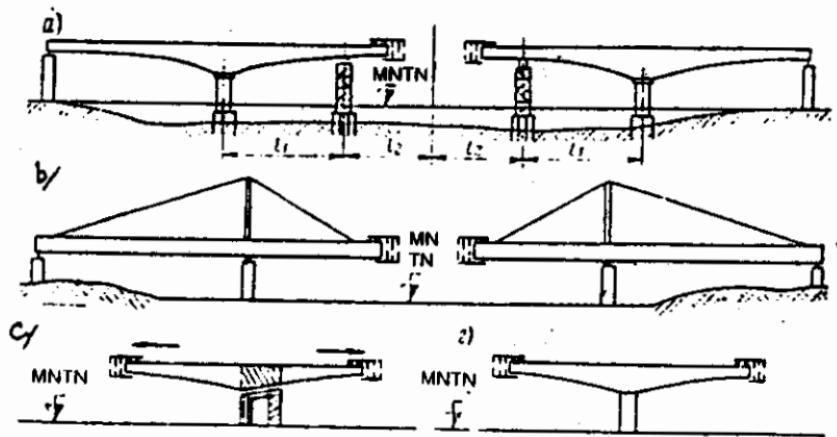
1) Dùng giàn giáo treo, tựa trên bộ phận kết cấu nhịp đã thi công. Có thể đổ bê tông từ hai đầu rồi nối với nhau ở giữa nhịp như hình 3.19. Nhịp lớn có thể dùng thêm trụ tạm như hình 3.20.



Hình 3.19 : Giàn giáo treo đổ bê tông

1- Giàn giáo treo ; 2- Các đoạn đã đổ bê tông.

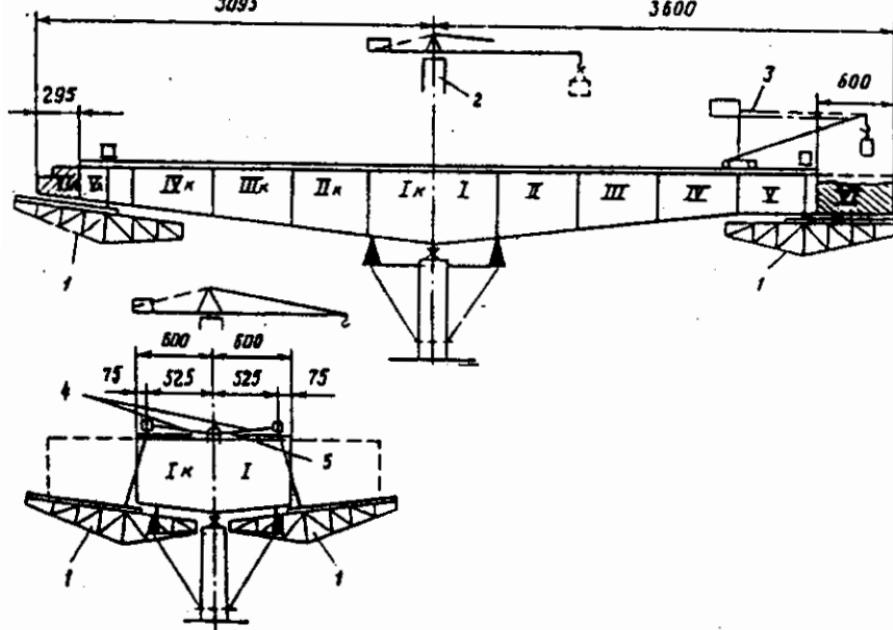
- 2) Dụng giàn giáo di động đi trên đất nền ;
- 3) Dùng giàn hoặc dầm thép bắc tạm trên trụ mố cầu. Dầm, giàn này tương đối yếu, chỉ chịu được trọng lượng của



Hình 3.20 : Giàn giáo treo có trụ tạm

3095

3600



Hình 3.21 : Giàn giáo treo có thanh vạn năng

I-VI - Các đoạn đỡ bê tông

- 1- Giàn giáo treo ; 2- Cân trục tháp chuyển vật liệu ;
- 3- Cân trục đặt ván và đưa vật liệu ; 4- Thanh kéo.

một đoạn dầm. Sau khi bê tông khô cứng và cảng bó cốt thép, trọng lượng đó sẽ truyền sang các khúc dầm đã thi công.

Biện pháp đúc hằng cân xứng hai bên trụ từng đoạn liên tiếp đôi một, rất được thông dụng như hình 3.21. Trình tự thi công như sau :

Hai bộ thiết bị di động bố trí làm việc đối xứng với trụ, có nhiệm vụ gánh sàn đao treo, trên đó lắp ván khuôn, đặt cốt thép và đúc bê tông tại chỗ. Sau khi bê tông đã khô cứng, khẩu dầm mới đúc sẽ được ép vào khúc dầm đúc trước bằng cách cảng cốt thép ứng suất trước luôn trong ống vách xuyên qua hai khúc vừa thi công và các khúc dầm đúc trước. Do đó, cần bố trí sẵn các ống rỗng để luôn cốt thép có khi xuyên qua tất cả các phần dầm đã thi công. Như vậy sẽ còn những ống vách chưa sẵn để luôn cốt thép, cảng ép các khúc thi công tiếp.

Sau khi neo chặt cốt thép ứng suất trước ở hai đầu và phun ép vữa xi măng bảo vệ, cả hai bộ thiết bị được di chuyển sang vị trí mới : một chu kỳ thao tác tiếp theo sẽ được lặp lại.

Biện pháp thi công này có tốc độ rất nhanh tùy theo mức độ phức tạp của dầm cầu. Trung bình cứ 5 đến 10 ngày, có thể thi công xong hai khúc dầm đối xứng. Chẳng hạn, di chuyển thiết bị, lắp ván khuôn, bố trí cốt thép và đúc bê tông trong 4 ngày ; sau 3 ngày đợi bê tông khô cứng và tranh thủ luôn cốt thép, có thể dỡ ván khuôn và cảng cốt thép ngay. Ứng suất pháp trong bê tông sẽ tăng dần dần trong quá trình đúc hằng các khúc tiếp theo, chẳng hạn với tốc độ 7 ngày một khúc, cứ sau  $7 + 3 = 10$

ngày, 24 ngày.... bê tông lại được ép thêm. Cần lưu ý phần bê tông dưới neo, nhiều khi phải đúc sẵn tấm đệm lấp ghép để phân bố ứng suất tập trung lên bê tông còn non yếu.

Tùy theo phương án thi công, chiều dài các khối đúc thường quyết định chi tiêu kinh tế của phương án thi công. Nếu đúc các khối quá dài, thiết bị sẽ quá phức tạp và đắt. Nếu ngắn quá, thời gian thi công kéo dài, bố trí cầu tạo phiền phức v.v...

Đối với phương án giàn giáo treo và dầm thép lao trên mó trụ cầu, chiều dài đúc hợp lý khoảng 3-4m tốc độ khoảng 0,4-0,6m/ngày đêm. Có nơi chu trình đúc giảm tới 4 ngày, tốc độ sẽ đạt 1 m có khi tới 2 m/ngày đêm.

Đối với phương án giàn giáo di động trên nền đất, chiều dài đúc hằng có thể dài hơn, vào quãng 8 m. Tuy nhiên, phương án này chỉ thực hiện trong điều kiện đất nền bằng phẳng, sức chịu đựng đều và trụ cầu không cao.

Giàn giáo treo phải có đủ độ cứng để hạn chế biến dạng khi đúc hằng. Trong thi công phải tính toán chi tiết độ võng của thiết bị treo cho từng giai đoạn đúc hằng, tránh rạn nứt cục bộ dưới tác dụng của bê tông tươi.

Khi đúc bê tông hằng, vì thao tác trong điều kiện hạn hẹp độ sụt bê tông tốt nhất nên lấy khoảng 6-7cm để bảo đảm cho bê tông dễ thi công và đồng đều, không bị phân tầng, nhất là chỗ tiếp giáp bản đáy với sườn dầm (tiết diện hình hộp). Bê tông thường dùng loại cứng nhanh, mác rất cao 500-600. Khi bê tông đạt cường độ 300-350 daN/cm<sup>2</sup> thì căng cốt thép. Xi măng cứng nhanh có thể bảo đảm đạt cường độ đó trong hai ngày nếu được bảo dưỡng bằng hơi nước nóng.

Đối với một số khúc dầm gần trụ, cốt thép trong tiết diện được căng kéo dần do đó ứng suất nén trước trong bê tông sẽ tăng dần trong quá trình đúc hằng các đoạn tiếp theo.

Giàn giáo treo di động được trên đoạn dầm đã thi công là do bố trí các bánh xe chạy trên đường ray.

Nhưng khi đúc bê tông đốt mới phải neo cố giàn giáo vào đoạn bê tông đã đổ trước.

Nhiều nước chỉ làm giàn giáo treo di động khoảng 250 KN, tức là 30 kN/m dài kết cấu.

Với dầm tiết diện hình hộp, ván khuôn thành ngoài có thể làm với chiều cao không đổi và bằng chiều cao lớn nhất của dầm. Bề rộng của các ván khuôn cho bản đinh và bản đáy cũng không thay đổi. Riêng ván khuôn thành trong, phải làm thay đổi theo chiều cao của dầm.

Độ vông của đầu mút thừa ngày càng tăng khi dầm bê tông càng vươn ra xa. Độ vông do tải trọng bản thân dầm, lực căng trong cốt thép, biến dạng co ngót và từ biến của bê tông, trọng lượng giàn giáo v.v... phải được tính toán trước. Khi hợp long khói nhịp, độ vông thực tế phải phù hợp với độ vông thiết kế. Khi tính độ vông phải kể đến sự thay đổi môđun đàn hồi  $E_b$  của bê tông. Mô đun đàn hồi thay đổi vì cốt thép căng kéo quá sớm, cưỡng bức bê tông tham gia chịu lực khi độ tuổi còn non. Độ vông của đầu hằng luôn luôn được theo dõi bằng máy đo đặc trong suốt quá trình đúc hằng.

### 3.4. Xây dựng kết cấu nhịp bê tông cốt thép theo công nghệ đúc đầy và lắp đầy.

Thi công kết cấu nhịp cầu bằng phương pháp đúc đầy hoặc lắp đầy thực chất là một công nghệ sản xuất dây chuyên, phần lớn công việc đều được thực hiện trên bờ và theo nguyên lý sau :

Chế tạo tại chỗ (đúc) hoặc lắp ráp các khối bê tông đúc sẵn dần từng đoạn của kết cấu nhịp trên đường dẫn đầu cầu, ngay sau mố, rồi đẩy dần theo chiều dọc về phía trụ bằng hệ thống kích thủy lực đặt nằm ngang.

Lắp đầy thực chất là biện pháp "xâu táo" từng đoạn với các thiết bị lắp là các loại cần trục thông thường hoạt động ngay trên bờ. Công trường chính chỉ tập trung tại một vị trí tương đối hẹp, nhưng có thể thi công được nhịp rất dài.

Đúc đầy khác với đúc hằng là không dùng ván khuôn treo và thiết bị di động, các khâu công việc chỉ đạo như đúc dầm và lao đầy đều làm trên mặt đất.

Hai công nghệ lắp đầy và đúc đầy khác nhau chủ yếu ở hai khâu chế tạo và liên kết toàn khối hóa. Do đó sẽ khác nhau nhiều về tính năng vật liệu và thời gian thi công.

Tổng kết sơ bộ các giải pháp kỹ thuật lao đầy hằng có thể phân ra những công nghệ khác nhau như sau :

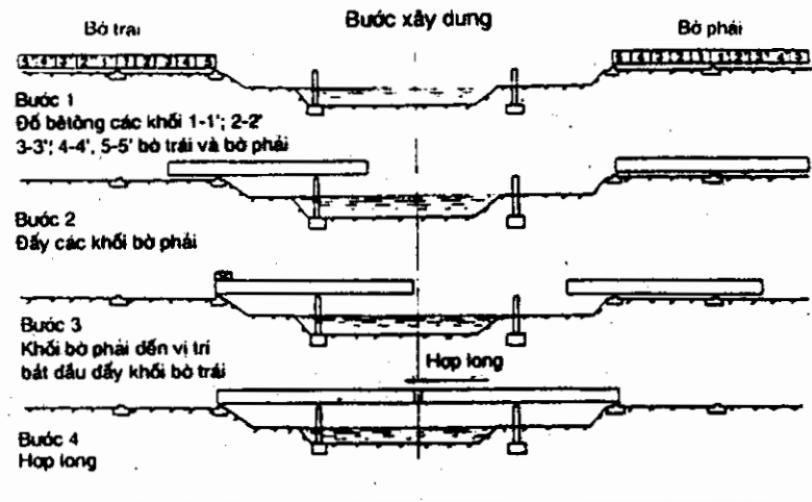
1) Tùy theo công nghệ sản xuất kết cấu nhịp, có thể :

- Lắp ghép toàn bộ các khẩu dầm, liên kết và toàn khối hóa kết cấu nhịp bằng mối nối và cốt thép ứng suất

trước từ một bên đường dẫn và lao dẩy kết cấu nhịp liên tục qua các trụ, mố cố định.

- Lắp ghép hoặc đúc tại chỗ dẫn dần từng đoạn ngắn, rồi dẩy ra trụ từ một phía đầu cầu. Công việc sẽ lắp lại theo nhiều chu kỳ.

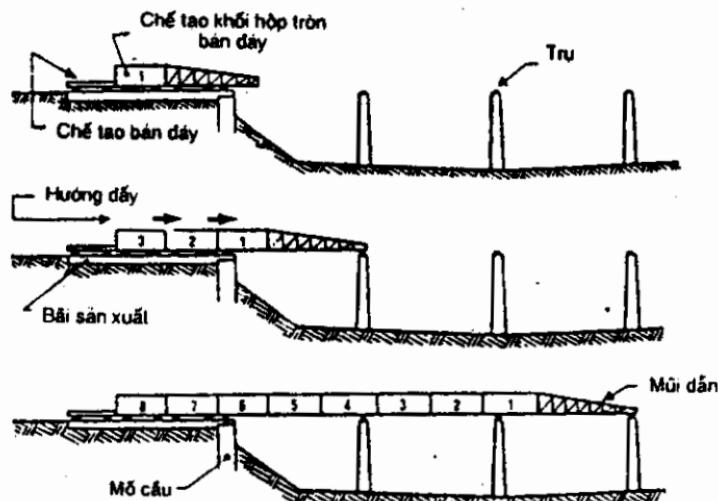
- Cũng như trên, nhưng thực hiện từ hai phía đầu cầu và nối hai nửa kết cấu nhịp tại tiết diện giữa cầu như hình 3.22.



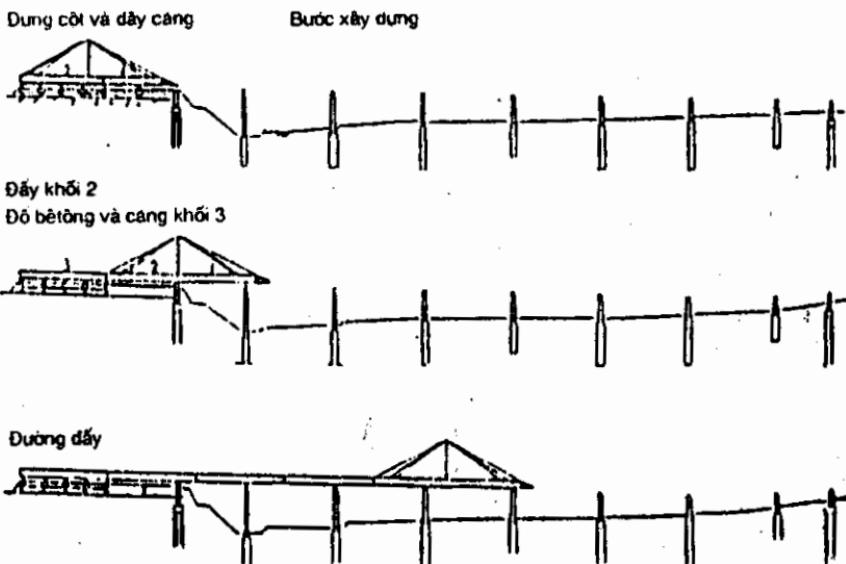
Hình 3.22 : Các bước xây dựng

- Biện pháp "xâu táo", được dự lắp toàn bộ trên nền đường dẫn cầu, nếu được lao bằng kích đẩy cũng có thể liệt vào loại công nghệ này.

2) Tùy theo biện pháp khử bớt "ứng lực thi công" phát sinh trong quá trình đúc đẩy, có thể :



*Hình 3.23 : Mũi dẫn*



*Hình 3.24 : Giàn dây tăng cường*

- Sử dụng mũi dầm là dầm hay dàn thép, liên kết chặt vào khẩu dầm đầu tiên như hình 3.23.
- Sử dụng các thanh cảng hoặc giàn dây tăng cường tạm thời phục vụ trong từng giai đoạn lao đẩy hăng như hình 3.23.
- Sử dụng các trụ tạm hoặc một đoạn giàn giáo để giảm bớt chiều dài hăng khi lao đẩy.
- Chỉ lao đẩy hăng một phần tiết diện của dầm.

Sau đó toàn bộ tiết diện sẽ được bổ sung đầy đủ khi đã hoàn thành đẩy dầm tới vị trí thiết kế.

3) Tùy theo giải pháp cấu tạo để khắc phục các ứng lực phát sinh trong quá trình thi công (thường khác dấu với ứng lực do tải trọng khai thác gây ra), có thể :

- Di chuyển tạm một số bó cốt thép ứng suất trước từ vị trí thiết kế sang vị trí khác trong các giai đoạn lao đẩy khác nhau.
- Bổ trí thêm các bó cốt thép tháo lắp được tại vị trí cần thiết, phù hợp theo từng giai đoạn, kể cả những bó phụ tạm bố trí tại trọng tâm tiết diện có thể tháo bỏ sau khi đưa dầm vào vị trí thiết kế cuối cùng.

4) Tùy theo cấu trúc và nguyên lý làm việc của hệ thống thiết bị đẩy và trượt, có thể :

- Sử dụng hệ thống thiết bị nâng đẩy hoạt động theo cơ chế lặp, có chu kỳ nâng hạ và dùn đẩy tuần tự theo nhịp độ bàn trượt không liên tục và được thay đổi luân lưu vị trí trong quá trình lao đẩy.

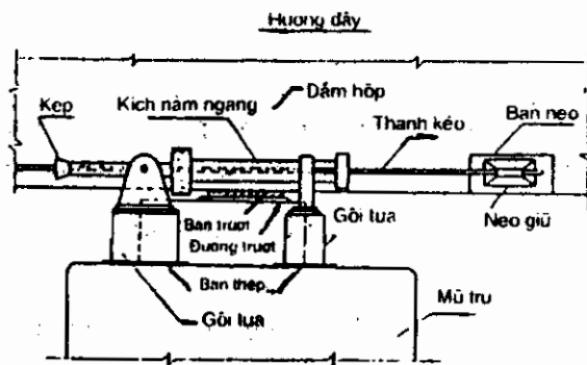
- Sử dụng hệ thống thiết bị đẩy hoạt động với bàn trượt liên tục bằng thép hoặc vật liệu ít ma sát dưới dạng các dải băng liên tục. Có thể không cần hệ kích nâng hạ trong khi lao dọc.

- Sử dụng thiết bị kéo dây hoạt động theo chu kỳ (có thanh kéo).

5) Tùy theo vị trí đặt các trạm thiết bị lao dây kết cấu nhịp, có thể :

- Chỉ đặt một hệ thống thiết bị đẩy tại một trạm, thường bố trí trên đỉnh mố cầu.

- Đặt nhiều hệ thống thiết bị đẩy đồng bộ tại nhiều trạm khác nhau, chẳng hạn đặt cả trên các trụ cố định hoặc trụ tạm như hình 3.25.



Hình 3.25 : Thiết bị đẩy trên trụ

Dù là biện pháp nào trong quá trình lao đẩy dọc cũng phải bố trí các bó cốt thép ứng suất trước phụ tạm, để khắc phục các nội lực phát sinh trong quá trình thi công, không phù hợp so với nội lực thiết kế về trị số cũng như về dấu.

Như vậy, các bó cốt thép ứng suất trước sẽ phải được tính toán theo hai giai đoạn :

- **Giai đoạn 1** : Trên bâi lắp (hoặc đúc), cốt thép sẽ được bố trí và căng kéo ở cả hai cánh trên và dưới. Do đó sẽ phải tính toán bổ sung thêm một số lượng bó cốt thép cần thiết, tùy theo chiều dài từng đoạn thi công đẩy hăng.

- **Giai đoạn 2** : Sau khi thi công xong, một số bó sẽ được lấy đi hoặc chuyển về vị trí tương xứng, phù hợp với tải trọng khai thác khi thiết kế công trình.

Một cách tổng quát các bước thi công lao đẩy hăng sẽ như sau :

Trên đường dẫn vào cầu, trước hết lắp mũi dẫn bằng thép, tối thiểu dài khoảng nửa nhịp cầu, (có thể tới 2/3 chiều dài nhịp lớn nhất nếu không có trụ tạm dón đầu).

- Sau đó khẩu dầm đầu tiên được đúc hoặc lắp ghép và liên kết chặt với mũi dẫn thép.

- Các khối sau được lắp ghép hoặc đúc tiếp và liên kết thành một phân đoạn nhờ các bó thép ứng suất trước.

- Sau khi căng ép đoạn đầu, tiến hành lao đẩy hăng theo chiều dọc ra trụ cầu bằng hệ thống kích thủy lực bố trí nằm ngang.

- Các khâu dầm tiếp theo lại được nối thành phân đoạn mới ; căng ép bằng các bó cốt thép và cứ thế tiếp tục đẩy hẳng ra nhịp cầu...
- Khi mũi dầm đã ra tới trụ, sẽ có thiết bị trượt dồn đầu và tiếp tục trượt, dùn theo sau cả những phân đoạn đã thi công.
- Sau khi kết thúc giai đoạn đẩy dầm là công tác hoàn thiện, có thể bao gồm những việc sau đây : điều chỉnh đúng vị trí và hạ dầm xuống gối cầu ; dỡ bỏ mũi dầm và các công trình phụ tạm, dỡ bỏ các bó cốt thép không cần thiết, bố trí lại hoặc bổ sung các bó phù hợp với biến đổi men khi khai thác v.v...

Sau đây giới thiệu một số cấu tạo và kỹ thuật trong công nghệ lao đẩy hẳng.

### 1) Bê đúc hoặc bê lắp

Trên đường dẫn đầu cầu bố trí một bãi dự lắp có đường bằng thép hoặc bê tông, dài khoảng 0,6-0,7 chiều dài nhịp để nâng cao độ chính xác trong khâu ráp nối. Mối hàn kết tốt nhất là dùng keo dán, đẩy nhanh thêm tốc độ thi công.

Nếu là công nghệ đúc đẩy, vấn đề trọng tâm trên bãi đúc lại là kỹ thuật bê tông. Cũng như đúc hẳng, bê tông phải đạt cường độ yêu cầu với tốc độ nhanh (khoảng 80% cường độ thiết kế ở 2-3 ngày tuổi). Các vấn đề cốt liệu, cấp phối, xi măng, phụ gia, phương pháp trộn đổ, dầm và bảo dưỡng bê tông cần thực hiện nghiêm túc theo qui định, để đạt được bê tông mác cao trong thời gian cực

ngắn (khoảng 3 ngày đêm). Chiều dài bệ đúc lớn nhất cũng trong phạm vi khoảng 30m.

## 2) Mũi dẫn và trụ tạm.

Để cải thiện trạng thái ứng suất - biến dạng khi lao đẩy hăng có thể dùng kết cầu phụ trợ như mũi dẫn hoặc trụ tạm. Cần so sánh hiệu quả kinh tế của kết cầu tạm ảnh hưởng đến khối lượng vật liệu kết cầu nhịp trong nhiều sơ đồ khác nhau, chẳng hạn : dùng mũi dẫn loại dài ( $0,7l$ ) ; kết hợp trụ tạm giữa nhịp với mũi dẫn ngắn ( $l/3$ ) , giàn giáo thưa độ hăng nhỏ không cần mũi dẫn v.v...

Mũi dẫn là kết cầu nhẹ bằng thép, có liên kết dọc và ngang, bảo đảm ổn định và đủ cứng để có độ vông nhỏ khi lao hăng (độ vông riêng của mũi không quá 10-15 cm). Đối với những nhịp lớn, thường bố trí một trụ tạm ở giữa bằng thép hoặc bê tông có kết cầu nhẹ, cũng có thể bố trí dây văng hoặc thanh tăng cường và cột chống phía trên để khắc phục độ vông của mũi dẫn và ứng suất biến dạng của hệ thống lao đẩy hăng.

## 3) Thiết bị đẩy và trượt.

Tùy theo công nghệ đẩy liên tục hoặc nâng đẩy hay kéo đẩy, tổ kích đẩy có cấu tạo khác nhau, nhưng đều có pít tông đẩy cỡ lớn bố trí nằm ngang và tựa vào ụ cố định đặt ở cuối bệ đúc (lắp).

Trên mố trụ cầu và trụ tạm có bố trí các thiết bị trượt và các tổ kích đúng để nâng hạ mũi dẫn và kết cầu nhịp

khi cần thiết. Nếu hoạt động theo chế độ đồng bộ, các tổ kích được điều khiển chung trong cùng một trạm bơm dầu.

Trong quá trình lao đẩy, kết cấu nhịp sẽ trượt trên thiết bị gồm bàn trượt dưới tấm chất dẻo tổng hợp pôlime và bàn trượt trên là các tấm thép cờ rôm mỏng 3 - 4mm. Hệ số ma sát giữa thép và tấm pôlime rất nhỏ (có thể từ 0,01 - 0,06) và chịu được áp suất tới 250 - 300 daN/cm<sup>2</sup>. Mặt đáy đầm bê tông cũng phải thật bằng phẳng kể cả khi dùng mối nối ướt bằng bê tông tươi, để lao đẩy được êm thuận trên bàn trượt. Tấm thép trên có thể liên tục hoặc chỉ dài khoảng 2m. Khi đẩy trượt gần hết chiều dài này, bàn thép lại được lấy ra và bố trí tại vị trí mới để trượt tiếp, sau khi nâng hạ kết cấu nhịp bê tông.

#### 4) Cốt thép.

Nội lực tại các tiết diện ngang kết cấu nhịp trong quá trình đẩy hằng biến đổi liên tục và thường không trùng hợp với nội lực tính toán theo tải trọng khai thác về giá trị và dấu. Để tránh các ứng suất kéo quá lớn trong bê tông, trước khi lao đẩy hằng từng phân đoạn, kết cấu nhịp phải được nén trước bằng các bó cốt thép bố trí cá ở bả định và bắn đáy với số lượng thay đổi tùy theo từng giai đoạn thi công. Sau khi lao đẩy xong cần bổ sung hoặc chuyển đổi vị trí một số bó thép.

Do đó thường có loại bó thép ứng suất trước sau :

- Loại bó cố định, bố trí ngay từ đầu. Sau cảng kéo phải phun ép vữa lấp ống vách để bảo vệ chống gi.

- Loại bó tạm thời, thường ngắn và thi công theo nguyên tắc căng ngoài, có thể dễ dàng thay đổi theo sơ đồ nội lực theo từng giai đoạn thi công.
- Loại bó bổ sung, bố trí sau khi lao đẩy và đưa dầm vào vị trí gối, để phù hợp với biểu đồ bao nội lực trong giai đoạn khai thác.

### **3.5. Đặc điểm thi công phần bê tông đúc tại chỗ trong kết cấu nhịp cầu bê tông cốt thép bán lắp ghép**

Trong cầu bê tông cốt thép bán lắp ghép, phần dầm bê tông đúc sẵn được sử dụng tương tự như một dầm thép trong kết cấu thép bê tông liên hợp và kết cấu bán bê tông bọc dầm thép (cốt cúng).

Thi công phần bê tông đúc tại chỗ trong kết cấu bán lắp ghép là một công nghệ xây dựng không cần giàn giáo, vì bản thân các dầm đúc sẵn (thường được gài ứng suất trước và chế tạo trong nhà máy) đã có thể chịu được cả phần trọng lượng bê tông tươi và ván khuôn. Như vậy, tiết kiệm được vật liệu làm giàn giáo, giảm nhẹ sức lao động, có thể thi công nhanh và ít phụ thuộc vào điều kiện thiên nhiên, thời tiết.

Tùy theo cấu tạo và khoảng cách giữa các phần dầm đúc sẵn đã được lắp đặt trên móng trụ cầu, có thể dùng một trong những phương án đúc phần bê tông tại chỗ, để toàn khối hóa các khối dầm lắp ghép như sau :

1) Trường hợp dầm đúc sẵn tiết diện chữ I đặt cách xa nhau, bản bê tông mặt cầu có thể đúc tại chỗ nhờ ván

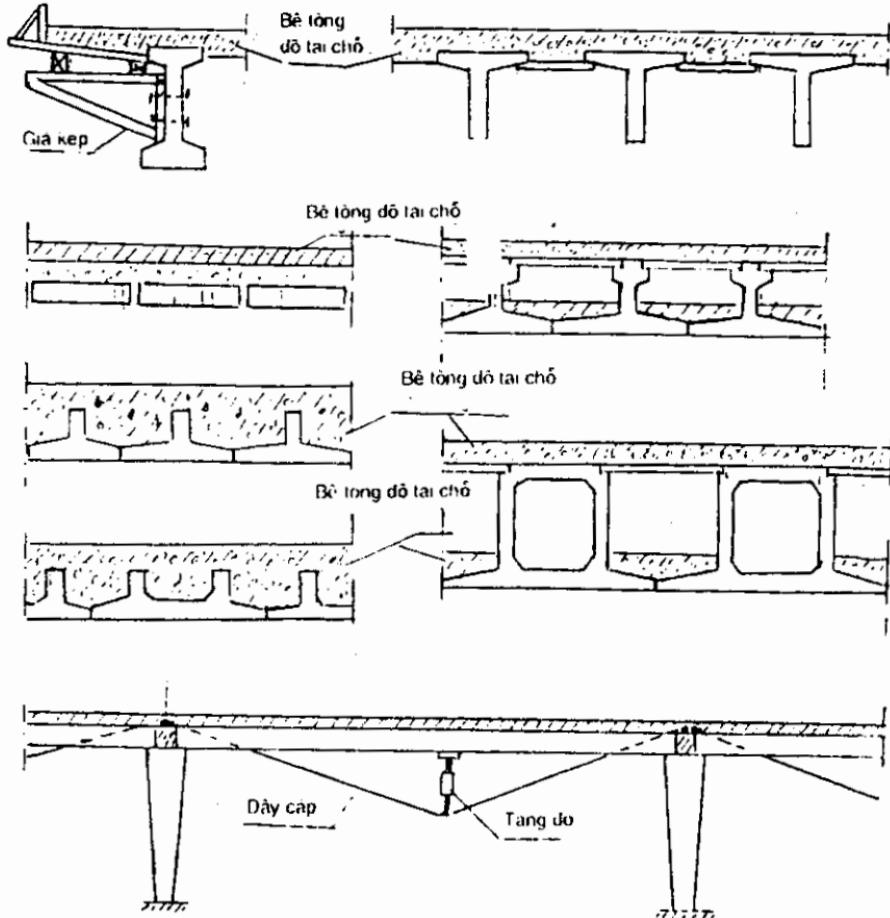
khuôn đà gá lắp chắc chắn vào dầm lắp ghép (Hình 3.26a).

2) Trường hợp phần dầm đúc sẵn tiết diện chữ T được lắp đặt gần nhau, ván khuôn để thi công phần bê tông toàn khối sẽ cấu tạo rất đơn giản (cầu Tam Canh - Vĩnh Phú. Hình 3.26b), hoặc có thể dùng ván khuôn vĩnh cửu bằng bê tông hoặc xi măng lưới thép cùng tham gia chịu lực như một thành phần tổ hợp của bản mặt cầu. (Hình 3.26c).

3) Trường hợp dầm đúc sẵn được lắp sát nhau theo chiều ngang, chẳng hạn dầm có tiết diện chữ nhật, tiết diện hình ray ( $\perp$ ) v.v... Phần bê tông tại chỗ có thể đúc trực tiếp trên dầm, không cần ván khuôn, trừ trường hợp phải tạo ra những kết cấu nhịp có bình đồ dạng cong, hoặc chéo, cũng như tạo ra các sơ đồ hệ dầm liên tục và hệ khung từ các khối dầm lắp ghép giản đơn.

4) Trường hợp dầm đúc sẵn có tiết diện hình ray và hình mũ được liên kết theo chiều ngang bằng cách đúc bê tông tại chỗ, cả thớ dưới và thớ trên, tạo ra tiết diện rỗng hình hộp (tựa như một cầu bán). Cánh dưới của dầm lắp ghép được liên kết bằng cốt thép chờ và bê tông, không cần ván khuôn. Cánh trên được liên kết bằng bản bê tông cốt thép đúc tại chỗ trên ván khuôn vĩnh cửu hoặc tạm thời và được gá lắp ngay trên rãnh, khác vào định dầm lắp ghép. (Hình 3.26d).

Trong kết cấu bán lắp ghép giải pháp kỹ thuật cần quan tâm là tăng cường sự dính kết giữa hai loại bê tông cũ (đúc sẵn) và mới (đúc tại chỗ) để bảo đảm hai thành



Hình 3.26 Bê tông bát giác ghép

phần này cùng chịu lực trong một kết cấu hoàn chỉnh, nếu không sẽ mất ý nghĩa của tiết diện tổ hợp.

Lực dính kết có thể biến thiên trong một phạm vi rất rộng hoặc có thể coi hoàn toàn như kết cấu toàn khối, hoặc coi hoàn toàn không có liên kết. Ngoài các giải pháp

thiết kế cấu tạo cụ thể tại mặt tiếp xúc và tính chất của lực tác động (tính hoặc động), điều kiện thi công là nhân tố có ảnh hưởng rất lớn đến lực dính kết tại mặt tiếp giáp của hai loại bê tông.

Đối với bê tông tươi để đúc phần tại chỗ phải có yêu cầu sau :

- Nên dùng xi măng Pooclăng thường, tránh dùng các loại xi măng cứng nhanh vì cường độ chỗ nối sẽ giảm tới 50% một phần do ảnh hưởng của hiện tượng co ngót.

- Bê tông phải có đủ độ dẻo, theo kinh nghiệm, độ sụt tốt nhất là 5 - 10cm, tùy loại kết cấu và cấu tạo mặt liên kết. Nếu bê tông trộn khô quá sẽ không bọc hết được mặt tiếp xúc nhất là ở những khe nối hẹp nhưng nếu nhão quá sẽ ảnh hưởng đến cường độ bê tông và tất nhiên lực dính kết sẽ giảm.

- Khi đầm lèn nên dùng đầm chấn động. Đối với các khe hẹp dùng đầm dùi có kích thước phù hợp ; đối với diện rộng và mỏng dùng đầm bàn. Trong mọi trường hợp không để cho vừa xi măng thất thoát và bê tông có hiện tượng phân tầng, không đồng đều.

Đối với phần bê tông đúc sẵn, yêu cầu chung là mặt liên kết phải sạch sẽ, có độ nhám và độ ẩm nhất định trước khi đổ bê tông tươi.

- Để vừa làm vệ sinh mặt liên kết thường có bụi bẩn dính bám lâu ngày trên cấu kiện lắp ghép, vừa tạo độ ẩm cần thiết, biện pháp có hiệu quả là dùng súng phun nước với áp lực lớn, phun trước khi đúc khoảng 1 giờ tại chỗ

phần bê tông toàn khói. Tuy nhiên, khi bắt đầu đổ bê tông, mặt liên kết không được súng nước, nhất là trên các mặt phẳng ngang (không nhìn thấy nước tự do). Nếu không, tỷ lệ "nước : xi măng" sẽ tăng và làm giảm yếu lực liên kết.

- Độ nhám của mặt tiếp giáp trên cấu kiện đúc sẵn ảnh hưởng nhiều đến độ dính bám giữa hai loại bê tông. Nếu là mặt trên của phần đúc sẵn (rất thường gặp trong kết cấu bán lắp ghép) ta có thể dễ dàng có được độ nhám tự nhiên trên mặt thoáng đó, vì ở đây bê tông thường không tiếp xúc với ván khuôn.

Tuy nhiên, muốn tăng cường thêm độ nhám tại mặt tiếp xúc, khi chế tạo cấu kiện đúc sẵn ta có thể áp dụng các biện pháp sau :

- Rải đều dăm sỏi nhỏ sau khi đã đầm xong cấu kiện.

- Hớt bỏ lớp sữa xi măng nổi trên mặt thoáng trước khi bê tông ngưng kết (khoảng 5 - 8 giờ sau khi đúc phần lắp ghép), vì khi bê tông khô rắn, lớp xi măng xốp này sẽ bất lợi cho lực dính kết sau này.

Có thể dùng hai biện pháp sau để tẩy bỏ lớp đó :

- Dùng biện pháp chải quét cơ học, nhưng không được phá hoại lớp bê tông bên dưới đã bắt đầu khô cứng.

- Dùng biện pháp thủy lực (vòi phun nước) để thổi lớp xi măng xốp trên mặt cấu kiện, sau khi đã xử lý bảo dưỡng bằng hơi nước nóng.

Trường hợp đầm đúc sẵn có bố trí cốt râu, cần nắn sửa và neo buộc vào hệ thống lưới cốt thép của phần bê

tông đúc tại chỗ, để kết hợp có thể xem là một bộ phận  
cốt thép chịu lực tăng cường.

Đôi khi, theo yêu cầu của thiết kế, phải dùng biện pháp  
thi công để điều chỉnh nội lực trong kết cấu bằng cách :  
hoặc **cho** tiết diện tổ hợp chịu lực chung cả phần tĩnh tải  
trong **giai** đoạn thi công, bao gồm trọng lượng bản thân  
của 2 phần bê tông, tải trọng thiết bị và ván khuôn (nếu  
có), hoặc thay đổi sơ đồ, biến kết cấu từ hệ đơn **giản**  
**thành** **hệ** liên tục, hệ khung v.v...

Trong phương án đầu, bằng cách tạo ra một chuyển  
vị cưỡng bức, cho đầm lắp ghép có một biến dạng trước  
khi đổ bê tông phần toàn khối (tương tự trường hợp điều  
chỉnh ứng suất trong kết cấu thép - bê tông liên hợp),  
chẳng hạn dùng dây căng và tăng đơ (Hình 3.26e), hoặc  
dùng kích và trụ tạm. Khi thiết bị điều chỉnh được lấy đi,  
tiết diện tổ hợp bởi hai loại bê tông sẽ cũng làm việc như  
trong một kết cấu toàn khối.

Thiết bị dây căng gồm cáp mềm (để tránh gây sự cố  
khi căng quá tải) neo vào hai đầu đầm, ở giữa có thanh  
chống, kiểu "tăng đơ", một đầu hàn vào đoạn thép và tỳ  
lên đáy đầm, đầu kia cũng hàn một tấm thép có rãnh để  
bó trí cáp. Sau khi bê tông đạt cường độ, dây căng được  
xả dần bằng cách nói "tăng đơ". Biện pháp này tuy đơn  
giản và không gây trở ngại nhiều cho khoảng không dưới  
cầu, nhưng khó điều chỉnh một cách chuẩn xác, thường  
chỉ căn cứ vào góc xoay của vít ren hai đầu (tăng đơ).

Trường hợp có khả năng dựng được trụ tạm dưới gầm  
cầu, có thể bố trí một tổ kích nâng đầm gánh để kê kích  
đáy đầm đúc sẵn và cố định ở một cao độ thiết kế cho

đến khi hai loại bê tông đã dính kết chặt chẽ. Đối với cầu nhịp nhỏ, trọng lượng không lớn, trụ tạm có thể là những ống kim loại có hàn tấm đệm ở hai đầu. Đầu trên tì trực tiếp vào đáy đầm, đầu dưới bố trí bulông kích hoặc vít ren kiểu "tăng đơ". Cột tạm được chế tạo sẵn hàng loạt, lắp ráp nhẹ nhàng và tiện dụng.

### 3.6 - Xây dựng cầu vòm bê tông cốt thép đúc tại chỗ

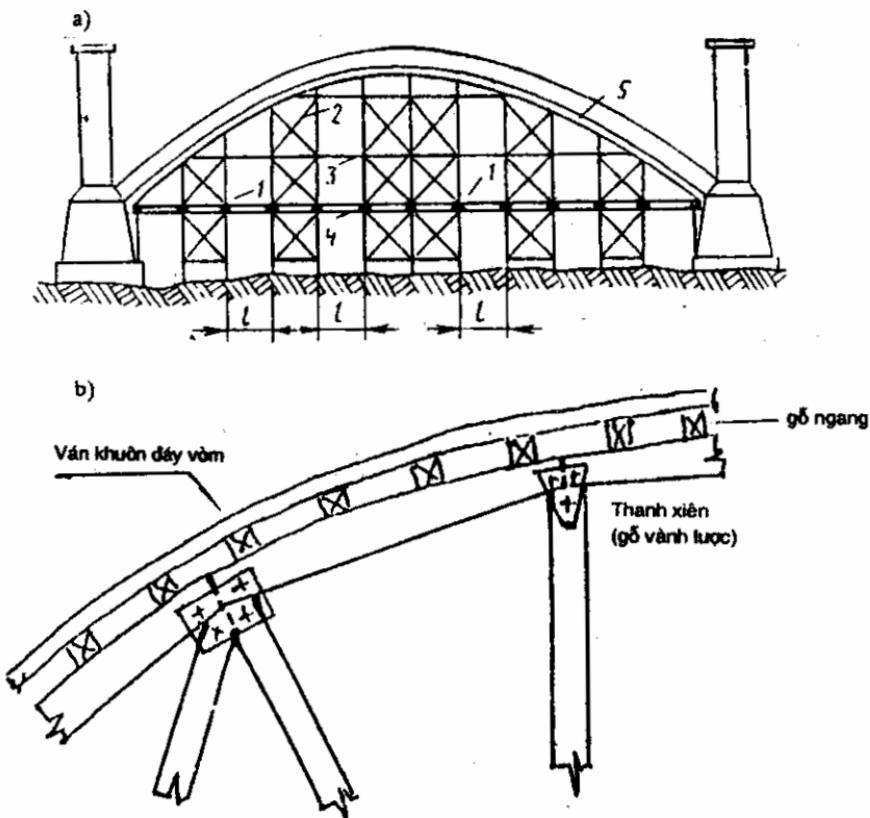
Khi xây dựng cầu vòm bê tông cốt thép tại chỗ, trước tiên phải đúc vành vòm hoặc sườn vòm, sau đó là phần kết cầu trên vòm. Muốn đúc vành vòm hoặc sườn vòm cũng phải dựng ván khuôn và giàn giáo giá vòm bằng gỗ, thép hoặc gỗ thép liên hợp. Cầu tạo giàn giao giá vòm tùy thuộc chiều dài nhịp, vật liệu sử dụng, tình hình thuỷ văn địa chất lòng sông và địa hình vị trí xây dựng cầu.

#### 3.6.1 - Giá vòm có cột chống (palê) ở nhịp

Giá vòm loại này gồm những bộ phận sau :

1) Ván sàn là ván dọc đặt trên các thanh ngang chiều dày ván và khoảng cách giữa các gỗ ngang được xác định tùy theo tải trọng tác dụng. Mỗi nối của ván thường đặt trên gỗ ngang cũng như moi nối của gỗ ngang đặt trên giá vòm. Ván sàn và gỗ ngang cần bố trí liên tục trên ít nhất 3 gói, với khe nối so le nhau (nếu là ván ngang, sẽ không cần bố trí gỗ ngang).

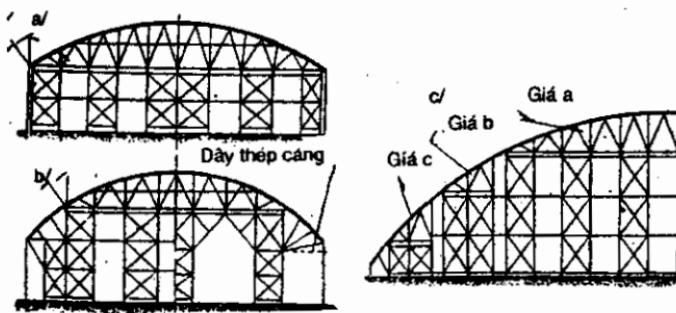
2) Giá vòm thường là các giàn, bố trí dọc cầu và song song nhau. Giàn gồm : các thanh xiên, chủ yếu chịu uốn vì có gỗ ngang đặt trực tiếp ; các thanh bụng truyền tải trọng xuống cột đỡ và thanh dưới như hình 3.27. Thanh



*Hình 3.27 : Giá vòm thanh đứng*

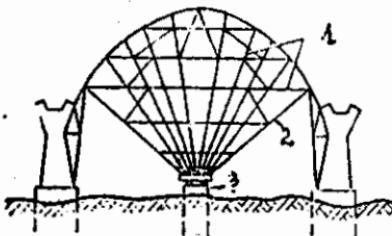
1. Thiết bị hạ giá vòm ; 2. Thanh ống xiên ;
3. Thanh ống ngang ; 4. Thanh kéo ; 5. Thanh xiên

bụng trong giá vòm có thể bố trí thanh thẳng đứng, thanh chống xiên hoặc theo hình nan quạt. Giá vòm chỉ có thanh đứng sẽ dễ liên kết với cột đỡ, thanh kéo không chịu lực ngang (Hình 3.27). Giá vòm có thanh xiên cho phép giảm được palè đỡ và nhịp của thanh trên (Hình 3.28a,b,c). Giá



**Hình 3.28. Giá vòm kiểu thanh chống xiên**

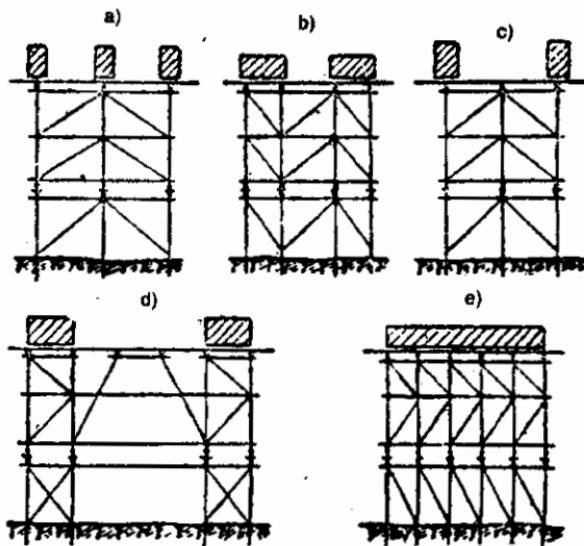
vòm hình nan quạt dễ liên kết thanh bụng với thanh trên vì có thể chế tạo các mối nối hoàn toàn giống nhau trên già lắp. Loại này dùng rất hiệu quả trong các loại vòm tròn, đặc biệt là vòm bán nguyệt, các tia nan quạt có thể tập trung tại một điểm tựa duy nhất (Hình 3.29).



**Hình 3.29 : Giá vòm nan quạt**

Mặt cắt ngang giá vòm được giới thiệu trên hình 3.30. Số lượng phiến giá vòm tùy thuộc bề rộng cầu, thông thường phiến giá vòm bố trí phía dưới sườn vòm.

Hình 3.31 giới thiệu cấu tạo các nút biên trên của giá vòm. Bản nút liên kết các thanh có thể bằng thép hoặc bằng gỗ kết hợp với bu lông và đinh đia.



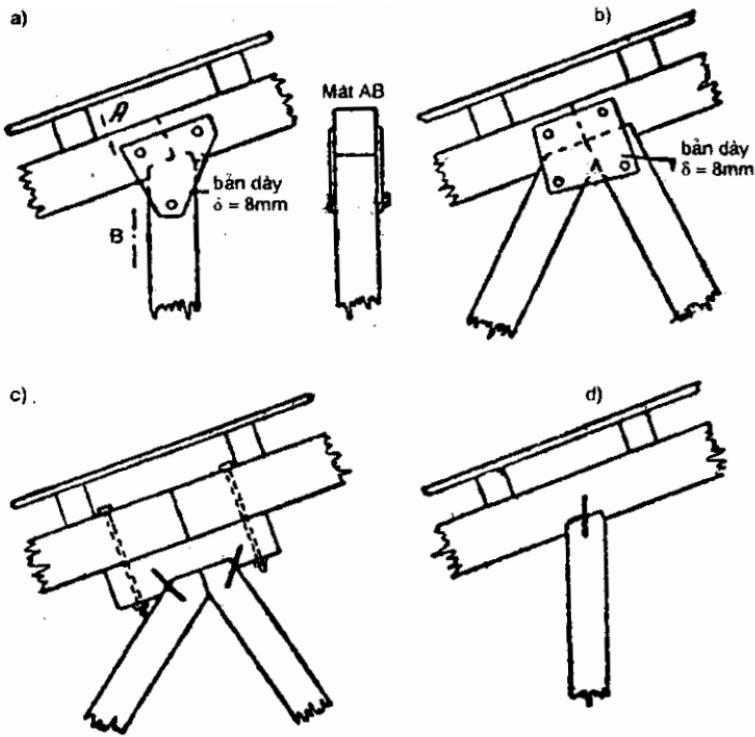
Hình 3.30 : Tiết diện ngang giàn giáo gó

- a. Vòm nhẹ ; b. Vòm nặng ; c. Liên kết ngang giá vòm ;  
d. Liên kết ngang chữ bát ; e : Vòm bản

Bản nút liên kết các thanh ở biên dưới giá vòm giới thiệu trên hình 3.32. Bản nút liên kết có thể bằng bản thép hoặc thanh gỗ kết hợp với bu lông.

Giá vòm được liên kết với trụ, mố được giới thiệu trên hình 3.33.

Trong trường hợp lòng sông khó đóng cọc, để làm giàn giáo giá vòm người ta có thể dùng dầm thép hình I kết hợp với trụ tạm như hình 3.34.



*Hình 3.31 : Cấu tạo nút giá vòm*

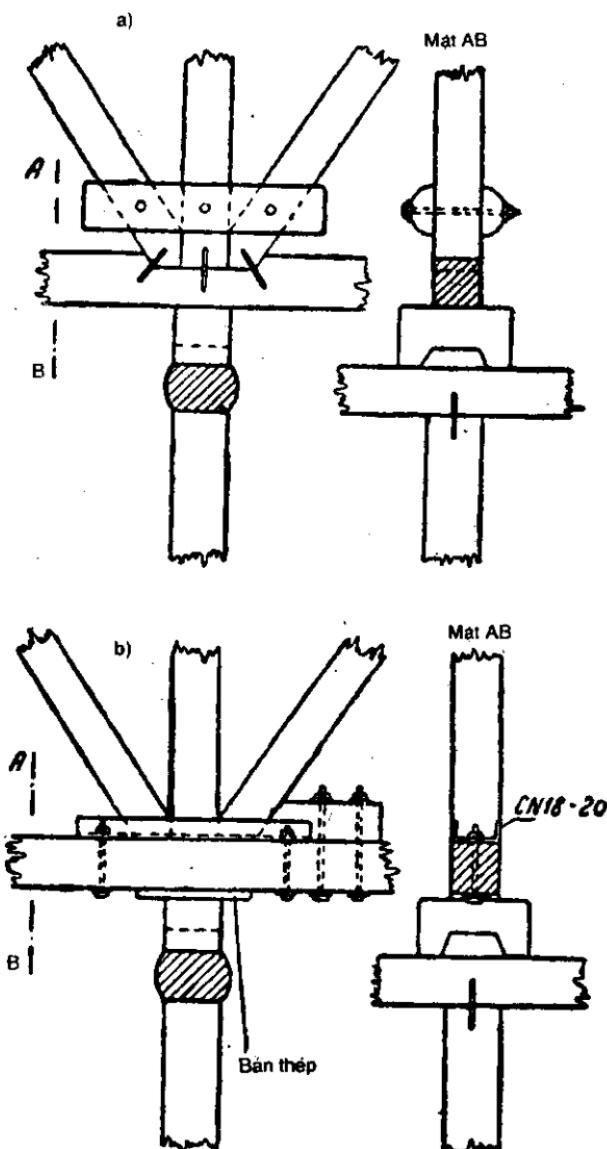
a, b. Bản nút kim loại ; c. Nút gỗ ; d. Dinh liên kết

Dầm I có nhịp dài từ 12 - 15m, khoảng cách các dầm I thông thường đặt cách nhau 1m và phải được kiểm toán theo tính toán.

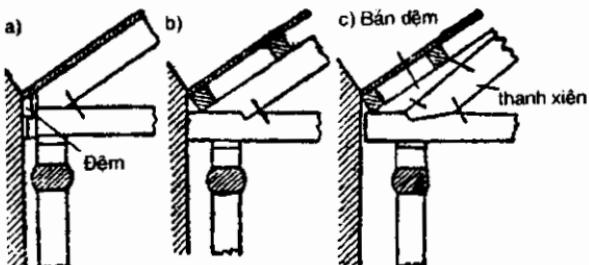
### 3) Thiết bị hạ giá vòm :

Ở đây, cũng có thể dùng các loại thiết bị giàn giáo như chèm, ngựa gỗ, hộp cát như hình 3.35.

Thiết bị hạ giá vòm đặt trên gỗ mū và dưới gỗ dọc. Khi nhịp nhỏ hơn 30 - 40m có thể dùng nêm hai mảnh

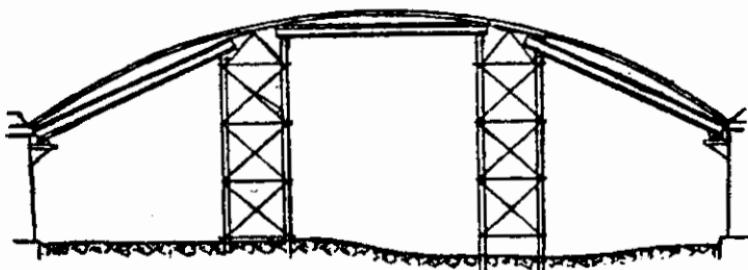


**Hình 3.32 : Mối nối thanh dừng và thanh xiên**  
**a- Không bán nút ; b- Có bán nút**



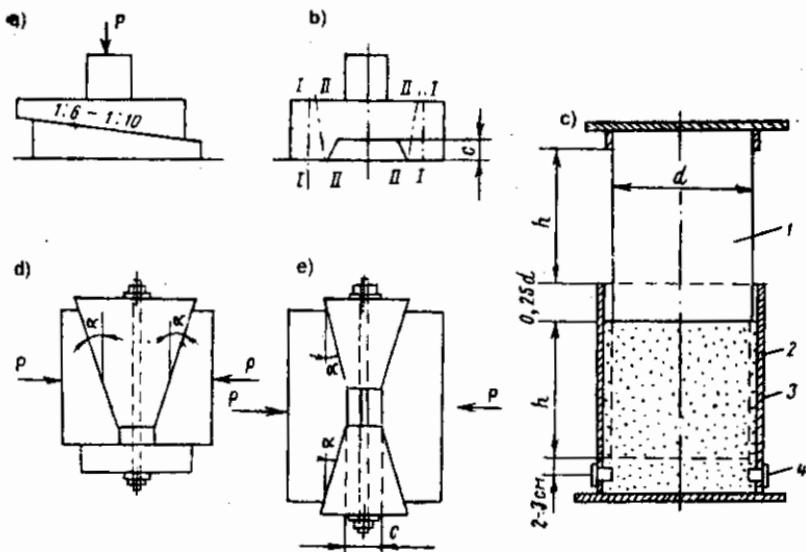
Hình 3.33 : Cấu tạo chân giá vòm

a- Tựa vào trụ; b, c- Thanh xiên tựa vào thanh kéo



Hình 3.34 : Giá vòm kiểu dầm I

(Hình 3.35a) với độ nghiêng không lớn quá  $25^{\circ}$ . Để đảm bảo hạ giàn giáo giá vòm được êm thuận hơn nên dùng nêm 3 mảnh (Hình 35d). Góc nghiêng của nêm lấy lớn hơn góc nội ma sát của gỗ. Vì thế nêm 3 mảnh có thể hạ giá vòm từ từ bằng cách tháo bu lông hầm. Để nâng hạ giàn giáo giá vòm nêm không chịu lực lệch tâm, thường dùng nêm 4 mảnh như hình 3.35e. Khi nhịp nhỏ có thể dùng ngựa gỗ, lúc hạ giá vòm dùng cửa cát lần lượt theo đường I-I và II-II v.v... Ngựa gỗ chế tạo đơn giản, nhưng nhược điểm không điều chỉnh được giá vòm. Đối với nhịp lớn hơn 30m thường phổ biến dùng hộp cát để hạ giàn giáo như hình 3.35c. Cấu tạo



Hình 3.35 : Thiết bị hạ giá vòm.

hộp cát gồm : ống thép 2 đỡ đầy cát khô 3, trục gỗ làm bằng gỗ cứng đỡ giá vòm. Phía dưới ống thép có lỗ 4 để moi cát ra khi hạ giá vòm. Trong quá trình sử dụng phải giữ cát luôn khô bằng cách trát nhựa đường ở khe hở giữa trục và ống thép.

Để đảm bảo độ ổn định, trục gỗ phải ngâm sâu vào ống thép  $0,25d$ ,  $d$  là đường kính trục gỗ. Cát trong ống thép phải nén chặt, lực nén cho phép đến :  $200 \text{ daN/cm}^2$ .

Ngoài ra, khi bê tông vòm đã đạt trên 70% cường độ, người ta còn tháo giá vòm bằng kích bô trí tại đỉnh vòm.

Dùng một tổ kích thủy lực bô trí hai dây tại các hốc chừa sẵn ở đỉnh vòm. Khi kích hoạt động, hai nửa vòm bị ép lại và nâng lên : giá vòm được giải phóng. Sau khi chêm chèn các khe giữa kích bằng nêm hoặc

thép với vữa xi măng, hạ kích và nhồi bê tông vào hốc đặt kích rồi tháo giá vòm.

Ưu điểm của phương pháp này như sau :

- Tất cả các khâu điều khiển đều tập trung một mối, giảm được số người thao tác từng thiết bị hạ giá vòm.

- Không cần nhiều thiết bị hạ bố trí rải rác, vì thế giá vòm sẽ có cấu tạo đơn giản.

- Không cần độ võng thi công phải tính toán cho giàn giáo, giá vòm.

- Khi thi công, nửa vòm là kết cấu tĩnh định, nên loại trừ được ứng suất phụ trong vòm do các loại biến dạng gây ra (lún, nhiệt độ v.v...).

- Bảo đảm an toàn, êm thuận, khắc phục được những nguy hiểm do hạ giàn giáo không đều, bị xô lệch.

- Có khả năng điều chỉnh được ứng suất và biến dạng do gây ứng suất trước trong vòm.

- Có khả năng đo được biến dạng và xác định được mô đun đàn hồi của bê tông vành vòm.

- Có khả năng điều chỉnh được vị trí và hình dạng vòm trên bình đồ v.v...

- Bảo đảm cho cả hệ giàn giáo giá vòm được ổn định, chống lũ bão (trong khi hộp cát, chêm gỗ ... như các khớp tựa, lại bố trí lâu dài, rất nguy hiểm trong mùa bão lũ).

- Trong cầu nhiều nhịp vòm, tốt nhất là hạ tất cả các giá vòm cùng một lúc để bảo đảm cân bằng lực đẩy

ngang hai bên trụ cầu (với thiết bị hạ khác, sẽ gấp nhiều khó khăn).

Cách này còn sử dụng hiệu quả trong trường hợp vòm thoải, riêng biến dạng do nén đàn hồi và co ngót ảnh hưởng đến độ hạ giá vòm đã khó khắc phục (nhất là vòm có khớp).

Khi sử dụng kích để giải phóng giá vòm cần lưu ý tăng cường khả năng nén cục bộ tại vị trí đặt kích, trị số áp lực tối đa và độ lệch tâm của tổng hợp lực để kiểm tra trạng thái ứng suất, biến dạng cho phù hợp với số liệu thiết kế vành vòm và trụ mố.

#### 4) Cột đỡ :

Cột đỡ giá vòm cũng là những vi pale, đặt trên nền cọc. Nếu lòng sông có đá gốc, cần tạo lỗ để đặt cột đỡ, sau đó chèn bê tông đổ trong nước. Vì lý do thi công khó tránh khỏi sai lệch, cột đỡ thường không đặt trùng đúng theo đường tim cọc, do đó cần có xà mũ để có thể truyền được tải trọng từ giá vòm xuống nền cọc. Dùng bệ dầm bê tông cốt thép trên đầu cọc cũng là một giải pháp có hiệu quả. Nếu trụ đỡ chịu lực ít hơn có thể dùng thép hình ống hai bên đầu cọc bằng bu lông. Khe hở giữa thép hình và mộng lõm ở đầu cọc nên nhồi vừa để giảm biến dạng do thi công thiếu chính xác.

Lâu nay, giá vòm có cột chống trong phạm vi nhịp cũng được sử dụng rộng rãi để xây dựng cầu và mái vòm. Các thanh giàn giáo và giá vòm đều được làm bằng thép ống nối với nhau bởi những nút cầu tạo khác nhau, tháo lắp dễ dàng bằng liên kết khớp và bu lông.

### 3.6.2. Giá vòm không có trụ giữa

Giá vòm không có trụ giữa chỉ dùng trong trường hợp sông sâu, có thông thuyền hoặc địa chất phức tạp, xây dựng trụ giữa rất khó khăn và tốn kém. Giá vòm loại này được kê trực tiếp trên hai gối đặt cạnh móng trụ cầu.

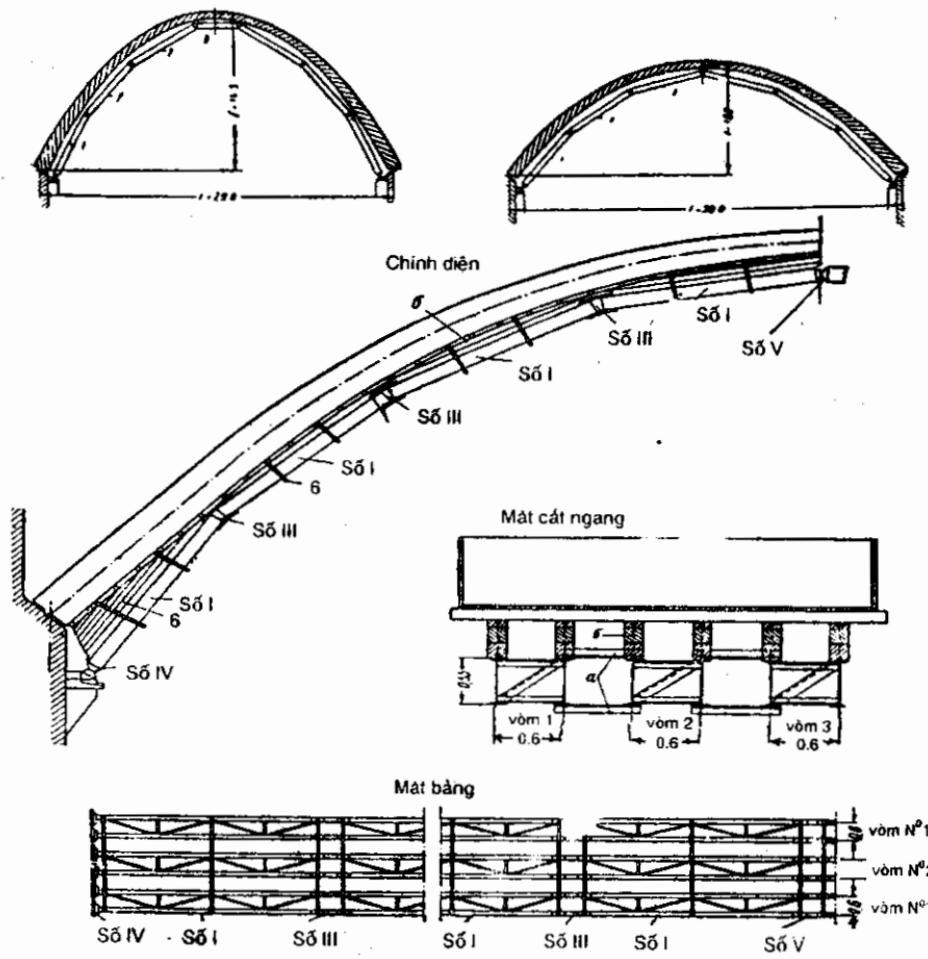
Giá vòm không có trụ giữa có thể làm bằng gỗ hoặc gỗ - thép kết hợp. Cấu tạo loại giá vòm này phức tạp và tốn gỗ nên chỉ dùng cho nhịp nhỏ. Giá vòm nhịp lớn phải làm bằng thép. Cỗ thể chế tạo thành giá vòm định hình để đẩy nhanh tốc độ xây dựng, đồng thời giảm nhẹ sức lao động, tiết kiệm vật liệu, thoả mãn các điều kiện thông thương trong thi công và có thể sử dụng suốt năm không bị ảnh hưởng bởi lũ lụt.

Sau đây giới thiệu thêm một số loại hình giá vòm không trụ giữa.

#### a) Giá vòm bằng dầm I :

Giá vòm ghép bằng các đoạn dầm tiết diện chữ I, thường dùng cho vòm có nhịp từ 30 - 40m. Cấu tạo gồm hai đoạn cơ bản, dài 6m và 3m. Để tạo độ cong của vòm phải dùng thêm các đoạn ngắn hình nêm. Khi vòm có độ cong nhỏ, chỉ dùng các đoạn 6m ghép lại như hình 3.36.

Theo chiều ngang, dầm I được đặt cách nhau khoảng 0,6m và liên kết với nhau bằng sắt góc. Số lượng giá vòm quyết định tùy theo bề rộng và trọng lượng vành vòm. Hình 3.37 giới thiệu mối nối giữa các đoạn dầm trong cấu tạo giá vòm.



**Hình 3.36 : Giá vòm dầm I**

Với dầm I cũng có thể làm được giá vòm 3 khớp chằng hạn, khớp chân vòm giới thiệu trên hình 3.38.

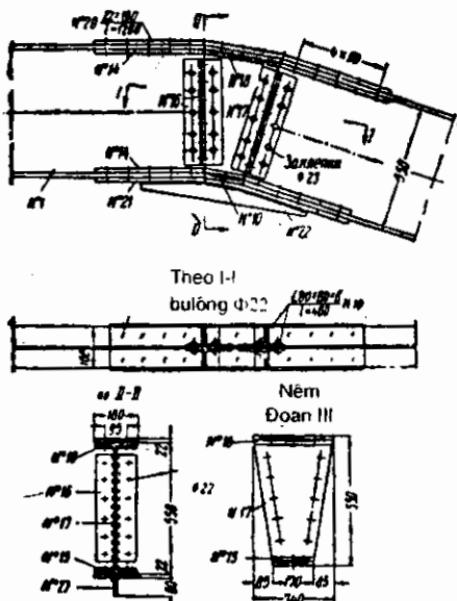
Khớp đỉnh vòm có cấu tạo tương tự khớp chân vòm. Thiết bị hạ giá vòm có thể đặt tại đỉnh hoặc chân giá vòm (chẳng hạn, ở đỉnh vòm như hình 3.39).

Muốn nâng hạ giá vòm, ta dùng bu lông điều chỉnh.

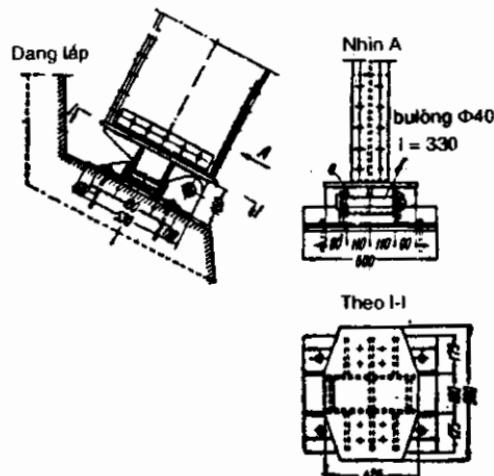
b) Giá vòm kiểu giàn thép :

Giá vòm kiểu giàn thép thường dùng với nhịp dài từ 80 - 230m. Số lượng vì dàn tùy theo bề rộng, số lượng sườn và trọng lượng vành vòm. Giá vòm thép cũng có thể làm 3 khớp cho nhịp ngắn khoảng 80m và không khớp với nhịp lớn hơn 150m. Giá vòm hai khớp dùng hợp lý cho nhịp 100m trở lên. Giá vòm "vạn năng" như hình 3.40 thường dùng để xây dựng vòm bê tông cốt thép nhịp trung bình và nhịp lớn.

Giá vòm gồm nhiều phiến panô giàn tam giác ghép lại. Biên trên là thép [300, thanh bụng của panô là thép góc



Hình 37 : Cấu tạo đoạn nêm



Hình 3.38 : Cấu tạo khớp chân vòm (đoạn số IV)

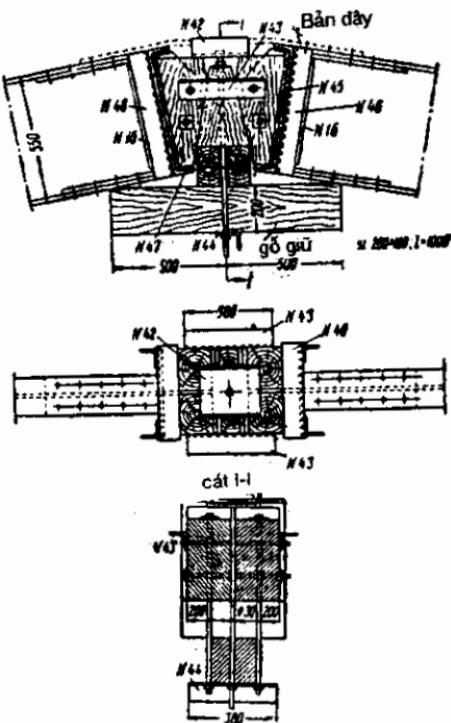
75 x 75 x 8mm. Liên kết ngang và dọc giữa các vỉ giá vòm là những thanh thép hình. Để tạo độ cong cho giá vòm phải dùng các thanh liên kết để điều chỉnh dần. Tất cả các liên kết đều dùng bulong  $\phi$  25mm. Khoảng cách giữa các vỉ giàn có thể thay đổi 0,4 ; 1,05 ; 1,9 và 3m. Sơ đồ cấu tạo giá vòm được giới thiệu trên hình 3.41.

Giá vòm khớp ở đỉnh có sơ đồ cấu tạo như hình 3.42.

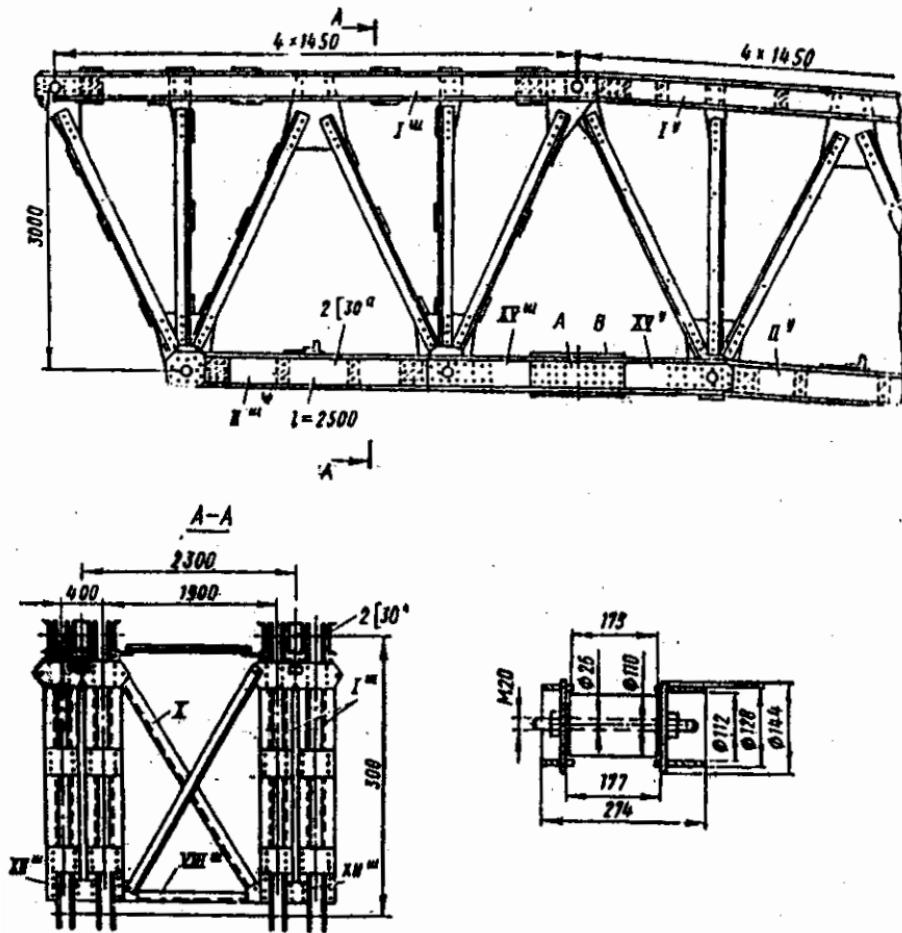
Khớp chân giá vòm  
(Hình 3.43) đảm bảo đủ  
chiều lực và tháo lắp dễ dàng

Nếu chiều dài nhịp lớn hơn 120m giá vòm thường có 2 khớp hoặc không khớp. Đối với giá vòm 2 khớp, thiết bị hạ thường đặt ở chân vòm. Giá vòm 3 khớp thiết bị đặt ở đỉnh vòm (Hình 3.42).

Giá vòm không khớp, thiết bị hạ giá vòm là kích thuỷ lực, đặt chân vòm.



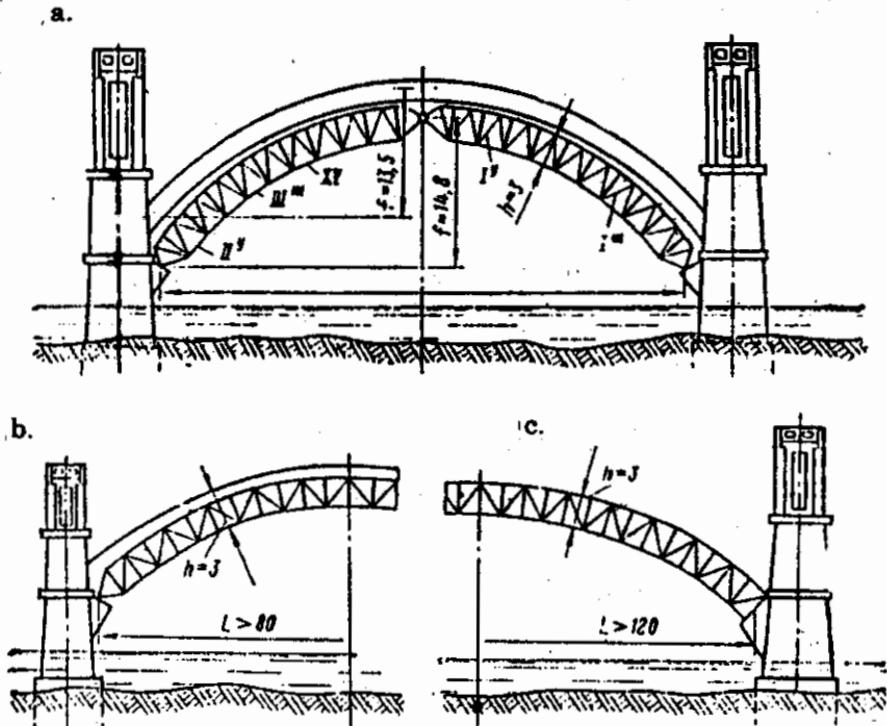
Hình 3.39 : Nêm gỗ định giá vòm (Số VI).



Hình 3.40 : Cầu tạo giá vòm thép và chi tiết bu.lông khớp  
I- XII, A,B - Mã số đoạn giá vòm

### 3.6.3. Công tác xây dựng giá vòm :

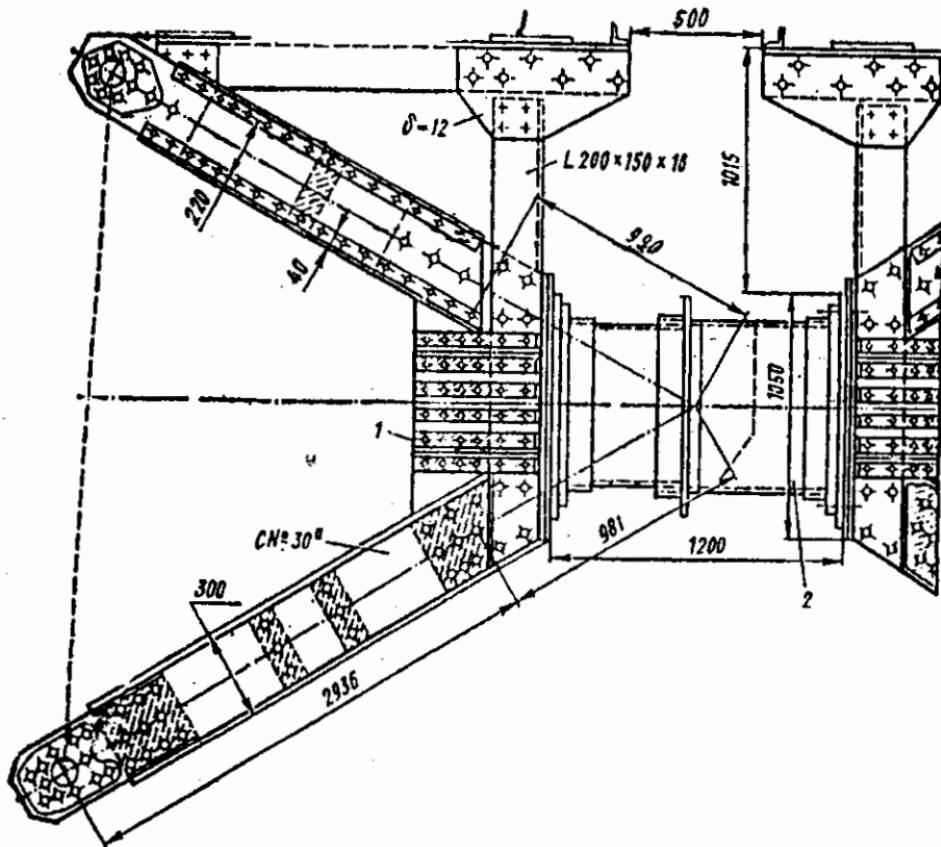
Chế tạo giá vòm gỗ về cơ bản giống như chế tạo cầu gỗ. Khi chế tạo nhất thiết phải phỏng dạng để bảo đảm độ chính xác của giá vòm. Gỗ dùng làm giàn giáo giá vòm thường là gỗ tròn, gỗ hộp các thanh giằng là gỗ xẻ đôi.



Hình 3.41 : Giá vòm

- a. Một khớp ; b. Hai khớp ; c. Không khớp  
 $I^w, III^w, I^w, XV^w$ . Mã số các đoạn

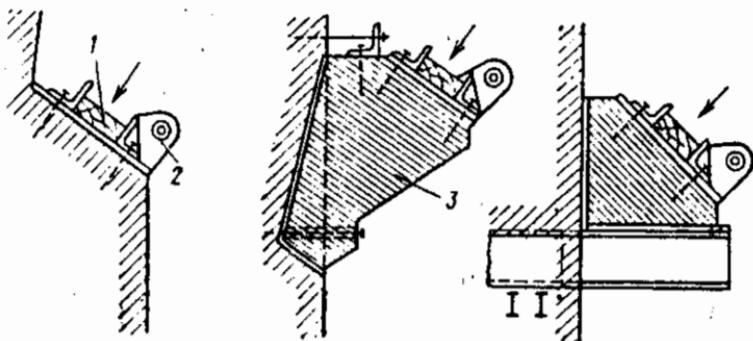
Trình tự lắp giàn giáo giá vòm như sau : trước hết là dựng giàn giáo. Sau đó lắp giá vòm dần dần từ dưới lên trên theo trình tự : thanh kéo, thanh đứng, thanh xiên và cuối cùng là các thanh ngang và ván đáy. Đối với giá vòm không có trụ giữa, việc lắp đặt rất phức tạp, tùy thuộc chiều dài và cấu tạo nhịp cũng như địa hình lòng sông. Phương pháp dựng lắp giá vòm tại vị trí cầu thường được sử dụng nhiều : hoặc có thể lắp 2 nửa vòm trên giàn giáo,



*Hình 3.42 : Vị trí hộp cát ở đinh giá vòm giàn*  
1. Nút giá vòm ; 2. Hộp cát

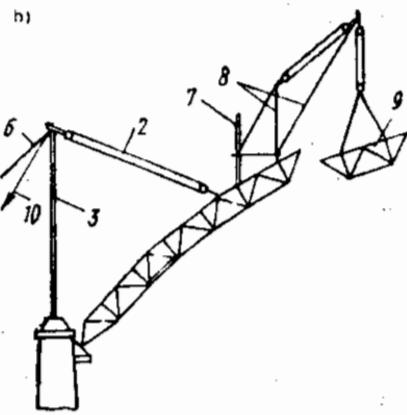
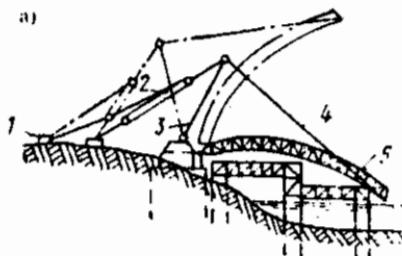
sau đó dùng tời - múp - cáp kéo lên và khớp tại đinh vòm (Hình 3.44a), hoặc có thể dùng phương pháp lắp hằng trong trường hợp sông sâu, nước chảy xiết hay lòng sông có thòng thường trong quá trình thi công (Hình 3.44).

Ngoài ra còn có thể dùng cần trục cáp "thiên tuyến" để lắp giá vòm (Hình 3.45). Phương pháp này thích hợp với trường hợp xây dựng cầu vòm ở vùng núi, đường đầu cầu hai bờ cao, khe suối sâu.



*Hình 3.43 : Cấu tạo chân già vòm*

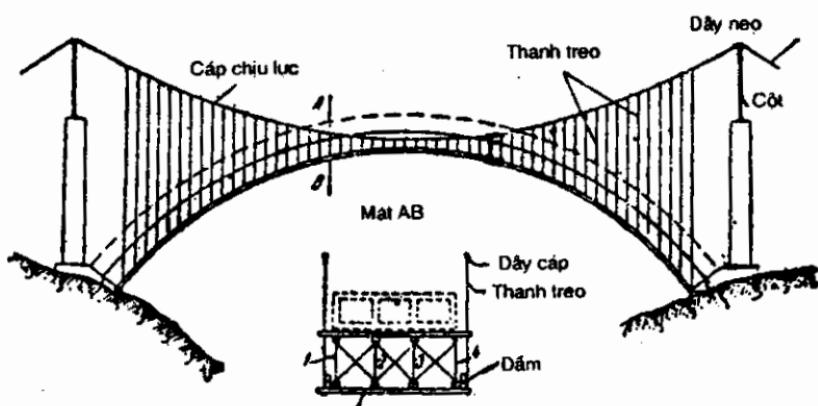
1. Tấm đệm đàn hồi ; 2. Khớp lắp ráp ;
3. Vai đỡ bê tông cốt thép



*Hình 3.44 : Sơ đồ lắp già vòm*

- a. Một nửa già vòm ;
- b. Lắp từng panô ;
1. Tài ; 2. Pa lăng ;
3. Khung lắp ;
4. Dây cáp ;
5. Nửa già vòm ;
6. Cáp neo khung ;
7. Cột tạm ;
8. Cân trục ;
9. Panô già vòm ;
10. Cáp vào tời.

Nếu sông rộng, nước sâu, người ta có thể dùng phương pháp chở nổi để đưa giá vòm vào vị trí. Nửa giá vòm được



Hình 3.45 : Dây cáp lắp giá vòm (thiên tuyến).

lắp trên bờ, sau đó chuyển đến vị trí, khớp chân vòm, rồi dùng tời múa kéo hai nửa giá vòm cùng một lúc và khớp ở đỉnh vòm. Cũng có thể lắp cả giá vòm trên bờ, rồi dùng phương pháp chở nổi đưa vào vị trí. Phương pháp này đảm bảo thi công nhanh chóng nhưng phải có hệ thống chở nổi đủ năng lực và ổn định chống lật tốt.

#### 3.6.4. Tính toán giá vòm

Giá vòm được thiết kế và kiểm toán theo hai giai đoạn thi công : lắp ráp và đúc vòm.

Tải trọng tác dụng gồm :

1) Trọng lượng kết cấu nhịp bê tông cốt thép với trọng lượng thể tích  $25 \text{ KN/m}^3$ . Đối với các bộ phận trực tiếp

còn phải tính thêm hệ số động (xung kích) lúc đổ bê tông, nhưng chỉ khi chiều dày lớp bê tông đổ còn mỏng hơn 1m ;

2) Trọng lượng bản thân của giàn giáo, giá vòm và sàn công tác (nếu có) ;

3) Trọng lượng ván khuôn và các thiết bị vận chuyển và đổ, đầm bê tông, thiết bị cầu trục ;

4) Tải trọng người trên sàn đao (có thể lấy khoảng  $2 \text{ KN/m}^2$ ).

5) Áp lực gió (tùy theo vùng và mùa thi công).

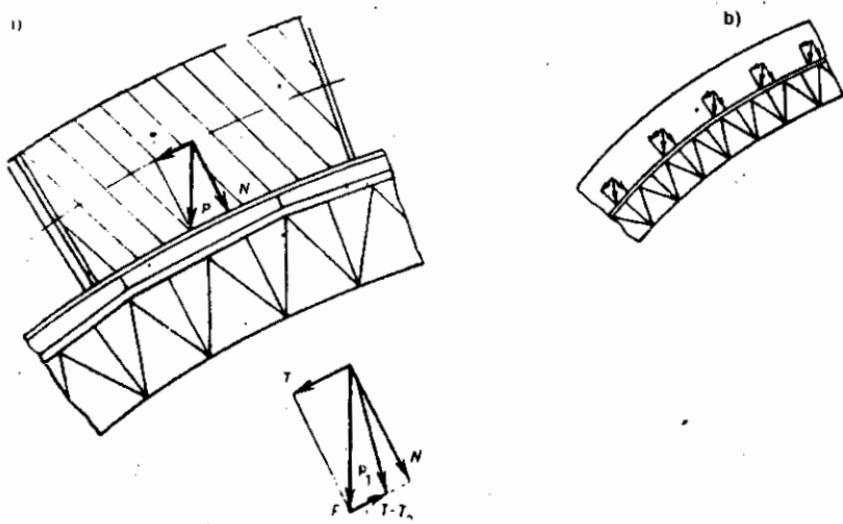
6) Áp lực kích điều chỉnh v.v...

Trong giai đoạn lắp ráp, giá vòm chỉ chịu tải trọng bản thân, trọng lượng cần trục lắp ráp, người và thiết bị (cả lực kích điều chỉnh), trọng lượng sàn công tác và áp lực gió. Trong giai đoạn này phải duyệt theo các trạng thái giới hạn về cường độ, ổn định và độ võng như những kết cấu xây dựng khác.

Trong giai đoạn đổ bê tông, giá vòm chịu trọng lượng bản thân giàn giáo, ván khuôn, bê tông cốt thép kết cấu nhịp, trọng lượng thiết bị vận chuyển bê tông, trọng lượng người, trọng lượng thiết bị và áp lực gió ngang. Ngoài ra còn phải tính thêm áp lực do kích điều chỉnh nội lực trong vành vòm. Đối với giá vòm 2 khớp và không khớp còn phải xét thêm nội lực do nhiệt độ thay đổi. Trong giai đoạn này cũng phải duyệt theo các trạng thái giới hạn.

Sơ đồ truyền tải trọng bê tông vào giá vòm phụ thuộc trình tự đúc vòm và cấu tạo giá vòm. Trọng lượng khói

bê tông P có thể chia làm hai thành phần (Hình 3.46). Thành phần N vuông góc với trục giá vòm. Thành phần T = P. Sina song song truyền xuống thanh trên của giá vòm. Lực ma sát giữa bê tông và ván khuôn đáy là  $T_1 = N \cdot f$ ;  $f = 0,50$  là hệ số ma sát giữa bê tông và ván khuôn. Nếu tại tiết diện này  $T < T_1$ , thành phần đó truyền toàn bộ vào giá vòm. Nếu  $T > T_1$ , khi đó lực ma sát sẽ bị phá hoại (góc nghiêng của khối bê tông lớn hơn góc ma sát giữa ván khuôn và bê tông), phần lực ma sát sẽ truyền vào giá vòm phần còn lại  $T_2 = T - T_1$  muôn làm cho khối bê tông trượt xuống theo mặt ván đáy. Do đó phải có biện pháp ngăn lại.



**Hình 3.46 : Tài trọng bê tông tươi trên giá vòm**  
a. Dỗ phân đoạn ;      b. Dỗ liên tục.

Tùy điều kiện cụ thể,  $T_2$  được truyền vào trụ cầu theo hai trường hợp sau :

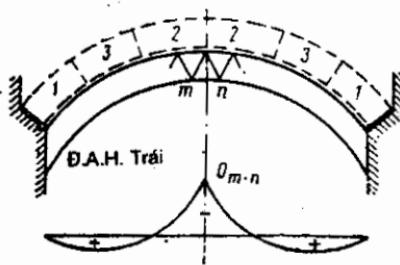
1) Khi đổ bê tông liên tục từ chân lên đỉnh vòm. Thành phần  $T_2$  của khối bê tông đang xét sẽ truyền xuống trụ nếu toàn bộ phần đúc trước vẫn trong giai đoạn chưa ngưng kết (bê tông vẫn ở trạng thái dẻo).

2) Khi đổ bê tông phân đoạn. Thành phần  $T_2$  truyền vào trụ thông qua các thanh chống tạm đặt giữa các khối đã đúc (Hình 3.46)

Lực dọc thông qua ván đáy, gỗ ngang và truyền vào thanh biên trên của giá vòm nhờ các liên kết, các liên kết này sẽ tính với lực  $T_2$ .

Riêng biên trên của giá vòm còn chịu uốn dưới tác dụng tải trọng cục bộ của khối bê tông. Những tải trọng nói trên sẽ truyền vào nút của biên trên giá vòm. Như vậy sơ đồ đặt tải của giá vòm do trọng lượng bê tông có thể xem như các tải trọng tập trung. Nếu góc nghiêng nhỏ hơn góc ma sát, các lực nút sẽ thẳng đứng. Những chỗ khác, lực nút sẽ nghiêng. Khi xác định lực nút tương đương, cần xét đến sự phân bố không đều tải trọng của vòm trên chiều dài nhip.

Khi xác định nội lực trong các thanh của giá vòm kiểu giàn cần lưu ý thứ tự đổ bê tông theo thiết kế quy định. Thuận lợi nhất là vẽ đường ảnh hướng và đặt tải theo trình tự đổ bê tông.



Hình 3.47 : Đường ảnh  
hướng giá vòm.

Ví dụ : xác định lực trong thanh biên dưới của giá vòm dàn trên hình 3.47. Thứ tự đổ bê tông là 1-2-3. Nội lực (kéo) lớn nhất trong thanh mn xuất hiện sau khi đổ bê tông đoạn 1. Đổ bê tông đoạn 2 thì Nội lực sẽ giảm (theo trị số tuyệt đối). Nội lực lớn nhất trong trường hợp trên là :

$$S_{mm} = n_1 \sum P_i y_{pi} + 2n_2 P \cdot \omega^+ + n_3 q \sum \omega$$

Trong đó :

$P_i$ - Tải trọng tương đương tại nút i của các khối bê tông ;

$y_{pi}$ - Tung độ đường ảnh hưởng tương ứng.

$P$ - Tải trọng người và thiết bị phân bố đều.

$q$ - Tải trọng ván khuôn, giá vòm (coi là phân bố đều nếu sự sai khác không quá 10%).

$\omega^+$ - Diện tích phần dương của đường ảnh hưởng.

$\sum \omega$ - Tổng số diện tích đường ảnh hưởng.

$n_1, n_2, n_3$ - Hệ số vượt tải.

Duyệt ổn định của giá vòm trong mặt phẳng cong cũng tương tự duyệt một thanh thẳng chịu nén có chiều dài tự do  $l_0$ . Tuỳ theo sơ đồ tĩnh, chiều dài tự do của giá vòm sẽ tính theo các công thức sau :

Đối với giá vòm 3 khớp :

$$l_0 = 1,28 \left[ 1 + 7 \left( \frac{f_0}{S_0} \right)^2 \right] S_0$$

Đối với giá vòm hai khớp :

$$l_0 = \frac{S}{2} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{S}{2\pi\rho}\right)^2}}$$

Đối với giá vòm không khớp :

$$l_0 = \frac{S}{2,85} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{S}{2\pi\rho}\right)^2}}$$

S = độ dài lý thuyết của trục giá vòm tính theo công thức gần đúng.

$$S \approx \sqrt{l^2 + \frac{16}{3} f_0^2}$$

Trong đó :

$\rho$  = bán kính đường tròn có chung với trục giá vòm 3

$$\text{điểm : chân và đỉnh : } \rho = \frac{l^2 + 4f_0^2}{8f_0}$$

Trong đó :  $S_0$ - Chiều dài dây cung của nửa giá vòm ;

$f_0$ - Đường tên của nửa giá vòm ;

$f_0$ - Đường tên của giá vòm :

Khi kiểm tra ổn định, có thể coi giá vòm là tiết diện đặc.

Vậy mômen quán tính bằng :

$$I = I_t + I_d + F_t C_t^2 + F_d C_d^2$$

Trong đó :

$I_t, I_d$ - Mô men quán tính nguyên của biên trên và biên dưới đối với trục trọng tâm của chúng ;

$F_t$ ,  $F_d$ -Diện tích nguyên của tiết diện biên trên và  
biên dưới :

Ct, Cd- Khoảng cách từ trọng tâm biên trên và biên dưới đến trục trọng tâm chung của già vòm

Vậy độ mảnh tương đương của giá vòm là :

$$\lambda_{td} = \lambda \sqrt{1 + \frac{0,54}{\lambda} \frac{F_t + F_d}{F_x}}$$

Trong đó :

### λ- Độ mảnh của thanh tiết diện đặc ;

$F_x$ - Diện tích nguyên của tiết diện thanh xiên;

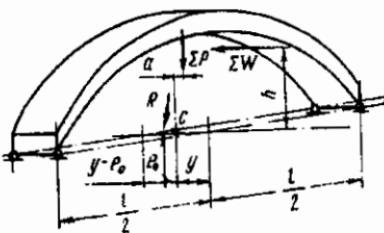
r- Bán kính quan tinh tiết diện giá vòm.

Từ độ mảnh tương đương  $\lambda_{td}$  tra bảng tìm được hệ số uốn dọc  $\varphi$  và duyệt ổn định theo công thức.

$$\frac{S}{\varphi F} \leq R_o$$

Khi duyệt độ ổn lật của giàn vòm theo hướng ngang, ta không xét tải trọng bê tông.

Sơ đồ kiểm tra độ ổn định  
chống lật theo hướng ngang của



Hình 3.48 : Sơ đồ tính  
đơn định giá vòm

giá vòm giới thiệu trên hình 3.48. Tải trọng tác dụng gồm tải trọng đứng do trọng lượng giá vòm và ván khuôn ; Tải trọng ngang do áp lực gió tác dụng lên giàn giáo và ván khuôn. Điều kiện ổn định là :

$$\frac{e_0}{y} - \frac{h\Sigma W + a\Sigma P}{y\Sigma P} \leq m$$

Trong đó :

$e_0$ - Độ lệch tâm của tổng hợp lực đối với điểm C ;

P- Tổng các tải trọng thẳng đứng ;

$\Sigma W$ - Tổng hợp của tải trọng gió ;

a- Cánh tay đòn của hợp lực đứng tới điểm C ;

h- Như trên, đối với tải trọng ngang ;

y- Nửa chiều rộng chân để giá vòm ;

m- Hệ số điều kiện làm việc ;

Thành phần lực pháp tuyến N của trọng lượng bê tông sẽ gây ra mô men uốn trong ván khuôn đáy và gỗ ngang của giá vòm (Hình 3.46). Thành phần tiếp tuyến T (hoặc lực ma sát  $T_1 = N.f$ , nếu  $T > T_1$ ) gây ra lực nén trong ván đáy và gỗ vành lược. Như vậy, ván đáy sẽ chịu nén uốn, gỗ vành lược chỉ chịu nén. Các liên kết ván với gỗ ngang và gỗ vành lược và thanh biên trên của giá vòm xem như để truyền lực T hay  $T_1$ . Biên trên của giá vòm có thể chịu kéo và uốn hoặc nén và uốn. Duyệt cường độ biên trên giá vòm theo công thức.

$$\frac{S}{F_0} + \frac{M}{W_0} \leq R ;$$

Trong đó : S- Nội lực biên trên giá vòm ;

M- Mômen biên trên giá vòm do thành phần lực N của bê tông, ván khuôn, cột đứng giá vòm gây ra ;

$F_o$ - Diện tích thu hẹp của thanh xiên trên giá vòm ;

$W_o$ - Mô đun chống uốn của tiết diện thu hẹp biên trên giá vòm ;

R- Cường độ tính toán của vật liệu làm giá vòm, bằng cường độ tính toán  $R_o$  khi chịu lực dọc trực (nếu  $S/F_o > M/W_o$ ), hoặc bằng  $R_u$  cường độ tính toán khi chịu uốn (nếu  $S/F_o < M/W_o$ ).

Khi duyệt biên trên chịu nén :

$$\frac{N}{\varphi F} \leq R_o$$

Trong đó :  $\varphi$ - Hệ số uốn dọc kể đến sự giảm khả năng của thanh chịu nén dọc trực.

F- Diện tích tiết diện nguyên của biên.

Các thanh khác của giá vòm sẽ duyệt theo nén hoặc kéo dọc trực. Nếu giá vòm làm bằng thanh "vạn năng" hoặc các thanh chế tạo sẵn, điều kiện đảm bảo khả năng chịu lực có dạng :

$$N \leq S_{gh}$$

Trong đó :  $S_{gh}$ - lực giới hạn của thanh

Trong xây dựng, giàn giáo giá vòm, ván để đặt ra làm thế nào sau khi lắp dựng xong, vòm phải có trực đúng với

thiết kế. Vì vậy, khi xây dựng phải tạo cho giá vòm có độ vồng bổ sung. Sau khi đổ bê tông độ vồng đó sẽ triệt tiêu.

Đối với giá vòm có trụ chống ở nhịp, cần xác định độ vồng từng điểm trên các trụ chống.

Đối với giá vòm lắp bằng các phiến chế tạo sẵn, xác định tại bu lông nối giữa các phiến.

Đối với giá vòm kiểu giàn, chỉ cần tính trị số lớn nhất tại đỉnh vòm. Tại các điểm khác ta nội suy theo các công thức sau :

Đối với giá vòm 3 khớp :

$$\Delta_x = \Delta \frac{2f_x}{f_0}$$

Đối với giá vòm 2 khớp và không khớp :

$$\Delta_x = \Delta \frac{f_x}{f_0}$$

Trong đó :  $\Delta$ - Độ vồng tại đỉnh giá vòm ;

$\Delta_x$ - Độ vồng tại tiết diện cách chân giá vòm một đoạn  $x$ .

$f_0$ - Tung độ ở đỉnh của trục giá vòm ;

$f_x$ - Tung độ ở điểm đang xét trên trục giá vòm ;

$l$ - Chiều dài nhịp giá vòm.

Độ vồng tính toán ở đỉnh giá vòm xác định theo công thức :

$$\Delta = \sum \delta_i = \delta_1 + \delta_2 + \delta_3 + \delta_4 + \delta_5$$

Trong đó :

$\Sigma \delta_i$  - Tổng số chuyển vị thẳng đứng ở trung tâm tiết diện đinh vòm bê tông.

Các thành phần chuyển vị nói trên phụ thuộc sơ đồ giá vòm và bản thân vòm bê tông. Với giá kiểu vòm các chuyển vị đó sẽ như sau :

$\delta_1$  - Chuyển vị do nén dàn hồi, gây ra bởi trọng lượng bản thân giá vòm, trọng lượng ván khuôn và trọng lượng bê tông vòm.

$\delta_1$  - Tính theo cơ học kết cấu hoặc theo công thức gần đúng, chẳng hạn :

Của dầm tiết diện đều :

$$\delta_1 = \frac{5}{384} \frac{P l^4}{EI}$$

Của dầm tiết diện thay đổi :

$$\delta_1 = \frac{5}{384} \frac{P l^4}{EI_{max}} \left(1 + \frac{3\alpha}{25}\right)$$

Của dàn :

$$\delta_1 = \frac{5}{384} \frac{P l^4}{EI_{max}} \left(1 + \frac{3\alpha}{25}\right) k$$

$$\text{Trong đó : } \alpha = \frac{I_{max} - I_o}{I_o}$$

I<sub>o</sub>- Mô men quán tính đầu đàm (giàn) ;

K- Hệ số ảnh hưởng của biến dạng các thanh bụng

Đối với giàn có biên song song ta tra bảng sau :

$h/l$	1/12	1/10	1/8	1/7
$k$	1,2	1,27	1,35	1,40

( $h, l$  là chiều cao và chiều dài nhịp giàn). Chuyển vị thẳng đứng tại đỉnh giá vòm 3 khớp tính theo công thức :

$$\delta_1 = \frac{Pl^2}{96 EF} \left[ 8 + 3 \left( \frac{l}{f_o} \right)^2 \right]$$

$\delta_2$ - Chuyển vị do biến dạng của thiết bị hạ giá vòm (nêm gỗ, hộp cát). Khi đặt hộp cát ở đỉnh giá vòm 3 khớp, ta có :

$$\delta_2 = \frac{l\Delta l_1}{f_o}$$

$\delta_3$ - Chuyển vị do lực đẩy ngang của giá vòm tác dụng lên trụ cầu. Nếu tổng vị dịch ngang của trụ cầu là  $\Delta l_2$ , ta được :

$$\delta_3 = \frac{l\Delta l_2}{f_o}$$

$\delta_4$ - Độ vông của vòm bê tông tại đỉnh do toàn bộ tải trọng tĩnh, thay đổi nhiệt độ và co ngót bê tông. Co ngót của bê tông xem như tương đương với biến dạng do nhiệt độ hạ thấp  $20^\circ C$ .

Đối với vòm 3 khớp, nếu độ rút ngắn của dây cung nửa vòm là  $S_0$ , ta có :  $\delta_4 = S_0 \frac{\Delta S_0}{f_0}$

Với  $\Delta S_0$  tính theo công thức :

$$\Delta S_0 = S_0 \left[ \frac{\sigma_{tb}}{E_b} + (20 + \Delta t) \alpha \right]$$

$\delta_5$ - Độ vồng đinh vòm do từ biến của bê tông gây ra và chỉ tính  $\delta_5$  khi nhịp vòm lớn hơn 50m hoặc trọng lượng bản thân kết cấu nhịp vượt quá 70% toàn bộ tải trọng khai thác.

p- Tải trọng phân bố đều trên giàn giáo ;

F- Diện tích nguyên của biên giá vòm kiểu giàn ;

$\Delta l_1$ - Chuyển vị ngang của hộp cát do lực đẩy của giá vòm (lấy bằng 0,5cm) ; nếu dùng chêm thì :

$$\Delta l_1 = 1 \div 2 \text{ cm} ;$$

$\sigma_{tb}$ - Ứng suất trung bình trong vòm bê tông ;

$\Delta_t$ - Hiệu số nhiệt độ trung bình trong năm với nhiệt độ khớp vòm ;

$E_b$ - Môđun đàn hồi của bê tông ;

R- Môđun đàn hồi của thép.

Độ vồng của giá vòm còn phải kể thêm các biến dạng không đàn hồi của mối nối. Biến dạng không đàn hồi phụ thuộc vào số lượng mối nối, giữa ván khuôn, thanh ngang, gỗ vành lược v.v... Cứ mỗi khe nối như vậy đều có biến

dạng không đàn hồi. Chẳng hạn giữa gỗ với gỗ, biến dạng không đàn hồi lấy bằng 2mm. Nếu giữa gỗ và thép lấy 1mm. Độ lún của móng lấy 5mm (trên cát) và 10-20mm (trên sét).

Độ vồng của giá vòm kiểu đầm, kiểu giàn tựa trên các trụ tạm được tính với độ vồng của đầm hoặc giàn và độ lún của trụ tạm.

### 3.6.5. Hạ giàn giáo giá vòm :

Sau khi đổ bê tông và bảo dưỡng một thời gian nhất định theo quy trình thi công, có thể hạ giàn giáo và giá vòm. Đối với nhịp nhỏ hơn 20m, đúc bê tông được 15 đến 20 ngày thì có thể hạ giàn giáo giá vòm. Đối với nhịp lớn hơn 30m, chỉ được hạ giàn giáo giá vòm sau 30 ngày. (Thông thường với cầu đầm, nếu bê tông đạt 70% cường độ, đã có thể hạ được giàn giáo) nhưng với cầu vòm, bê tông phải đạt 100% cường độ mới được hạ giá vòm.

Trước khi hạ giá vòm, toàn bộ trọng lượng vòm và kết cấu bên trên đều do giá vòm chịu. Trong khi hạ các tải trọng này sẽ chuyển dần sang sườn vòm bê tông. Giá vòm phải được hạ từ từ, không thao tác đột ngột, gây xung động lớn, làm cho vòm bị rạn nứt, thậm chí bị phá hoại.

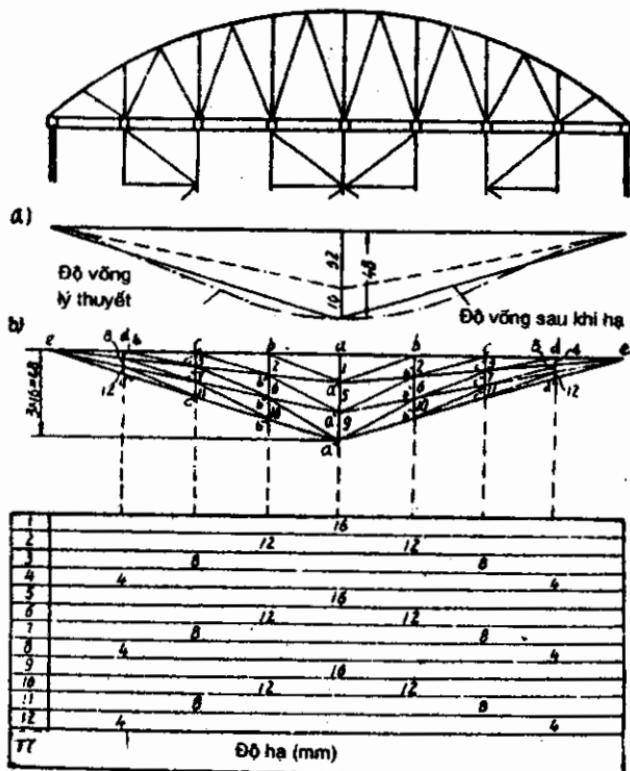
Giàn giáo giá vòm cần phải hạ nhiều lần và theo thứ tự qui định. Khi hạ kết cấu sẽ chịu tải và vồng xuống, ngược lại, giàn giáo giá vòm sẽ giảm tải và có xu hướng nâng lên. Do đó trước tiên phải hạ từ chỗ độ vồng tương đối lớn nhất. Với vòm không khớp và hai khớp có trục

giữa, hạ từ đỉnh vòm dần dần sang 2 bên. Vòm ba khớp, hạ từ  $\frac{1}{4}$  vòm dần sang các khớp một cách cân xứng nhau.

Độ hạ cần thiết tại điểm đặt thiết bị tính theo công thức tương tự trong giàn giáo :

$$h = y + \Delta + C$$

Trong đó :  $y$  - độ vông của nhịp do trọng lượng bắn  
thân gây ra ở điểm đặt thiết bị ha ;



a. Sơ đồ độ võng vòm ; b. Trình tự hạ

Δ- Biến dạng dàn hỏi của giàn giáo giá vòm ;

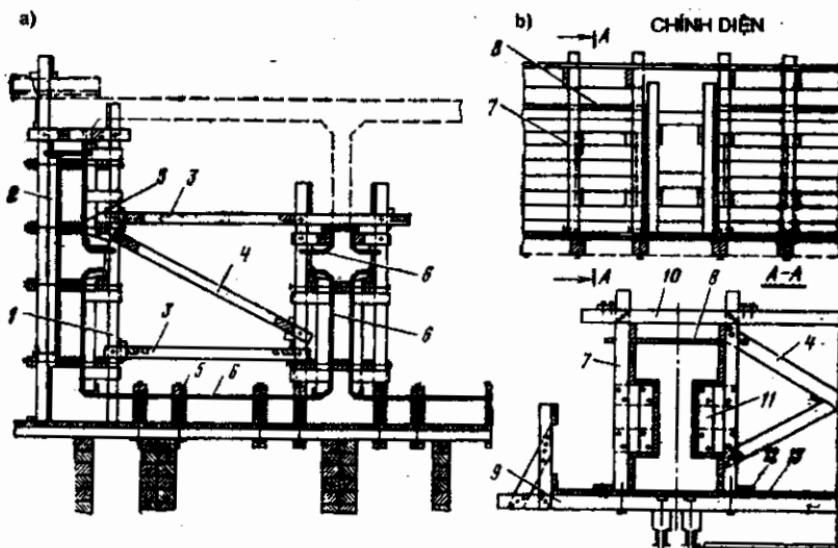
C- Khoảng trống cần thiết giữa giá vòm với mặt dưới vòm, lấy khoảng 10 - 30mm, có khi đến 100 - 150mm.

Chia cao độ cản hạ ra n lần, mỗi lần chỉ hạ khoảng : h/n

Cao độ cản hạ ở chân vòm rất bé vì ở gối độ vông bằng không nên số lần hạ có thể ít hơn ở đỉnh vòm.

Hình 3.49 là một ví dụ cách hạ giá vòm kiểu cột đứng.

### 3.6.6 - Ván khuôn cầu vòm :



Hình 3.50 : Ván khuôn sườn vòm

a- Ván khuôn vòm hộp ; b- Ván khuôn vòm sườn I

1- Sườn trong ; 2- Sườn ngoài ; 3- Thanh chống ;

4- Thanh chéo ; 5- Đemt bê tông 6- Ván khuôn ;

7- Nẹp đứng ; 8- Ván nắp ; 9- Thanh ngang ;

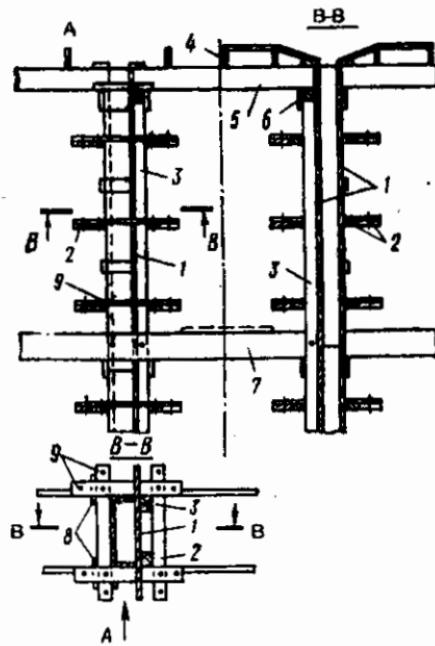
10- Thanh giằng ; 11- Ván khuôn sườn ; 12- Nẹp giữ ; 13- Ván.

Cũng như cầu dầm ván khuôn cầu vòm có thể làm bằng gỗ hoặc thép và được chế tạo trong xưởng, vận chuyển ra công trường ghép lại. Bê dày ván khuôn gỗ không nhỏ hơn 25mm, mặt trong bào nhẵn hoặc phủ lớp vải nhựa hoặc lá thép mỏng. Ván được đóng vào khung, gồm : thanh đứng, gỗ ngang và thanh chéo, liên kết bằng đinh và bu lông. Những chỗ dốc ở mặt trên và dưới vành vòm đều có ván và gông ngang. Theo dọc trục vòm khung đặt cách nhau khoảng 0,7-1,2m phụ thuộc bê dày ván và áp lực của lớp bê tông tươi v.v...

Hình 3.50 là ví dụ cấu tạo ván khuôn của vòm tiết diện hình chữ I và hình hộp. Ván đáy được liên kết với gỗ ngang bằng đinh. Ván trên vòm chỉ lắp từng đoạn, đổ bê tông đến đâu lắp đến đó. Trường hợp góc nghiêng trục vòm nhỏ hơn  $30^\circ$ , không cần làm khuôn mặt trên. Cấu tạo ván khuôn vòm tiết diện hộp phải tuân theo phương pháp đổ bê tông và đặt cốt thép. Trình tự thi công có thể như sau : Trước tiên đặt ván khuôn đáy, ván khuôn trong, đặt cốt thép và lắp ván khuôn ngoài. Bán đáy cũng được đúc trước, rồi đến thành hộp và cuối cùng là bán trên. Để giữ khoảng cách giữa ván khuôn và cốt thép phải dùng miếng đệm xi măng cát. Vành vòm cũng có thể đúc hẵng. Đoạn vòm đầu tiên ở chân thường đúc trên giàn giáo, các đoạn sau được lần lượt đúc hẵng. Ván khuôn và cốt thép được bố trí trên giàn giáo treo.

### 3.6.7. Xây dựng kết cấu trên vòm :

Sau khi đúc vành vòm, người ta lắp ván khuôn, cốt thép và đổ bê tông kết cấu trên vòm.



*Hình 3.51 : Ván khuôn kết cấu trên vòm*

1. Ván đứng ; 2- Khung ; 3- Nẹp đứng ; 4- Nẹp dọc ; 5- Xà ngang ; 6- Gối ; 7- Giằng ngang ; 8- Nêm ; 9- Bu lông hoặc đinh.

Cốt thép cột hoặc tường trên vòm được hàn vào râu cốt thép chờ sẵn ở vành vòm. Cốt thép bản mặt cầu và dầm ngang đặt trong ván khuôn trên dầm đỡ. Cầu tạo ván khuôn của kết cấu trên vòm (Hình 3.51) gồm : ván khuôn, khung ngang và cột đứng. Khoảng cách giữa các khung ngang (theo chiều đứng) lấy trong phạm vi từ 0,5 đến 1,5m, phụ thuộc vào bê tông của ván.

Hình 3.51 là cầu tạo ván khuôn kết cấu trên vòm

Ván khuôn phần hệ mặt cầu phụ thuộc vào nhịp dầm dọc và dầm ngang. Khi nhịp dầm dọc nhỏ, ván khuôn mặt cầu đặt dọc trên gỗ ngang, gỗ ngang gối lên gỗ dọc và gỗ dọc được kê vào đầu cột. Khi nhịp dầm dọc lớn trên 5m, gỗ dọc thay bằng dầm thép và tựa lên dầm ngang. Ván khuôn kết cấu mặt cầu có thể đặt trên giàn giáo thép chế tạo sẵn. Khi cột trên vòm cao có thể dùng ván khuôn trượt. Kết cấu trên vòm thi công sau khi đúc sườn vòm. Trong trường hợp cá biệt giá vòm có thể tháo sau khi đổ bê tông kết cấu trên vòm. Bản bê tông mặt cầu thường đúc liền khối với hệ dầm mặt cầu. Xây dựng cầu vòm đổ tại chỗ có thể sử dụng các loại cần trục (dây cáp, trụ nồi, cần trục có cần, cần trục cổng) nhưng hợp lý nhất là dùng cần trục dây cáp (dây thiên tuyến).

## CHƯƠNG IV

# CHẾ TẠO CẦU BÊ TÔNG CỐT THÉP LẮP GHÉP VÀ BÁN LẮP GHÉP

### 4.1. Nhà máy và các bái đúc sẵn.

Kết cấu bê tông cốt thép đúc sẵn ngày càng được sử dụng rộng rãi trong xây dựng cầu.

Cấu kiện đúc sẵn của cầu bê tông cốt thép thường được sản xuất theo 2 loại công nghệ khác nhau.

1) Chế tạo trong các nhà máy hoặc xí nghiệp bê tông đúc sẵn.

2) Chế tạo trên các bái đúc với dây chuyền công nghệ tạm thời ngay tại công trường cho từng cầu hoặc một nhóm công trình. Cũng có thể trên cơ sở bái đúc phục vụ cho một công trình cầu lớn, sau đó có thể nghiên cứu mở rộng để trở thành một trung tâm sản xuất cầu kiện bê tông đúc sẵn cho cả vùng.

Chế tạo cầu kiện đúc sẵn trong các nhà máy thường có hiệu quả kinh tế cao, chất lượng tốt, tiết kiệm được nhiều nhân vật lực và tận dụng được trang thiết bị. Tuy nhiên, vì kinh phí đầu tư cho một nhà máy bê tông đúc sẵn rất lớn nên khối lượng thành phẩm xuất xưởng phải nhiều mới đạt hiệu quả.

Trước mắt, trong hoàn cảnh nước ta hiện nay, việc xây dựng những nhà máy bê tông đúc sẵn còn gặp khó khăn, do vốn đầu tư hạn hẹp, đồng thời điều kiện về phương tiện chuyên chở còn nhiều hạn chế. Vì vậy từ trước đến nay kết cấu lắp ghép chủ yếu là được chế tạo ngay tại bối đúc trên công trường hoặc được công nghiệp hóa một phần tại các trung tâm sản xuất như cụm Thăng Long (Hà Nội), Vinh, Châu Thới (Thành phố Hồ Chí Minh) với trang thiết bị còn nghèo nàn, không đồng bộ và với bán kính phục vụ chưa kinh tế (vì lý do kinh phí vận chuyển).

Tuy nhiên, để dồn đầu cho kế hoạch xây dựng hàng loạt công trình cầu bê tông cốt thép trên các trục đường ôtô và đường sắt trong thời gian tới sẽ được cải tạo, nâng cấp và mở rộng..., Ngay từ bây giờ cần phải quy hoạch để nhanh chóng xây dựng hoặc nâng cấp một số nhà máy bê tông đúc sẵn phục vụ các công trình cầu cho từng khu vực.

Tuy nhiên, một khi hệ thống các nhà máy bê tông đúc sẵn đã hình thành, vẫn không thể thiếu được những bối đúc tại công trường để giải quyết những cầu kiện cá biệt, thứ yếu hoặc phục vụ thi công cho phần công trình đúc tại chỗ (cơ giới hóa tại chỗ) mà các xí nghiệp đúc sẵn không giải quyết được vì lý do kinh tế, nhất là khi công trình xây dựng có vị trí gần những nơi khai thác vật liệu cát, đá, sỏi rất lợi hại về mặt chi phí vận chuyển. Nước ta, nhiều nơi khí hậu thuận hòa, vẫn để sản xuất tại các bối đúc ngoài trời cũng có nhiều thuận lợi.

Vấn đề phát triển mở rộng hoặc nâng cấp cho các trung tâm đã có sẵn cũng còn phải xem xét nhiều mặt,

trong đó quan trọng nhất là vấn đề cấu trúc giá thành sản phẩm bao gồm tỷ lệ (tính theo %) giá thành vật liệu, nhân lực, năng lượng, nhà xưởng, thiết bị... Tất nhiên vốn đầu tư để xây dựng nhà xưởng trong các xí nghiệp sẽ lớn hơn khá nhiều so với bái đúc tạm thời ; nhưng trái lại vật liệu, nhân lực v.v... trong các trung tâm sản xuất cố định sẽ tiết kiệm nhiều hơn.

Ngoài ra còn phải tính đến chi phí vận chuyển các sản phẩm đúc sẵn. Thường thường, nếu giao thông thuận lợi với đường xá chất lượng tốt v.v... thì giá thành sản xuất  $1m^3$  bê tông đúc sẵn cũng sẽ đắt gấp rưỡi, nếu cự ly vận chuyển đang từ 300 km lên tới 600 km.

Công nghiệp hóa xây dựng cầu là một phương hướng phát triển nhằm nâng cao năng suất chất lượng, hạ giá thành, giảm tỷ trọng lao động thủ công và tăng tỷ trọng thi công cơ giới v.v...

Để đẩy mạnh phương hướng công nghiệp hóa, một công nghệ có nhiều hiệu quả là ứng dụng kết cấu lắp ghép và bán lắp ghép với cấu kiện đúc sẵn tập trung sản xuất tại các cụm công nghiệp.

Đặc biệt, trong kết cấu bán lắp ghép, một giải pháp chỉ sử dụng những cấu kiện đúc sẵn có khối lượng vừa phải, và cấu trúc giản đơn, rất có hiệu quả về mặt chế tạo, bốc xếp, vận chuyển và lắp đặt. Đặc biệt với những cấu kiện đúc sẵn ở dạng thương phẩm, có chất lượng được chế tạo bằng bê tông ứng suất trước cường độ rất cao.

Quá trình chế tạo cấu kiện bê tông cốt thép đúc sẵn bao gồm :

- Gia công cốt thép, hàn, nối, lắp ghép thành khung sườn và lưỡi cốt thép.
- Chế tạo, lắp dựng ván khuôn và bố trí cốt thép.
- Trộn đổ bê tông đúc đầm, bảo dưỡng và tháo dỡ ván khuôn.
- Chuyên chờ, xếp dỡ cấu kiện, giải phóng và vệ sinh bảm đúc cho các chu kỳ sản xuất tiếp sau.

Trường hợp sản xuất cấu kiện bê tông ứng suất trước, cần giải quyết thêm một số công đoạn khác nữa, như :

Gia công bó cốt thép, bố trí các ống rãnh tạo lỗ để lắp đặt bó cốt thép, căng kéo cốt thép và neo cố, bơm vữa bảo vệ bô thép v.v...

Dù thi công bằng công nghệ nào, phương pháp sản xuất cũng phải vươn tới trình độ tiên tiến, với các cơ sở kỹ thuật hiện đại, thiết bị máy móc tối tân.

Trong công nghệ xây dựng cầu, biện pháp sản xuất theo dây chuyền vốn được chú trọng ; Tuy nhiên, vì thành phẩm cũng như các bán thành phẩm đều nặng nề, không giống như sản xuất các chi tiết máy nhẹ nhàng, dễ tháo lắp... nên cần phải nghiên cứu tổ chức dây chuyền cho hợp lý với qui mô trang thiết bị, cũng như kích cỡ và chủng loại các sản phẩm đúc sẵn.

Hai công nghệ có thể nghiên cứu áp dụng là :

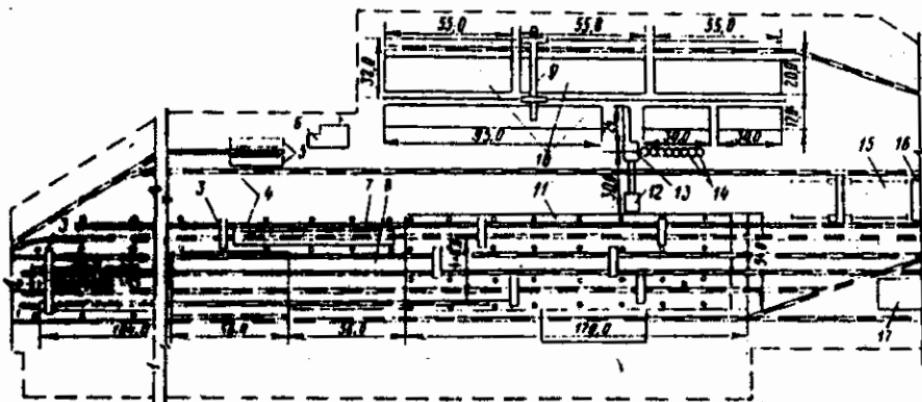
1) Công nghệ đúc trên bệ cố định, trong đó sản phẩm được tạo hình tại vị trí bệ cảng, các thiết bị công nghệ được chuyển đến để thực hiện từng công việc theo thứ tự

qui định trong một dây chuyền chấn chê cho tới khi tháo dỡ ván khuôn và cấu thành phẩm, giải phóng bệ cảng.

2) Công nghệ đúc trên bệ di động, trong đó từng công đoạn (lắp ghép ván khuôn, bố trí cốt thép, đúc bê tông, sấy hấp bảo dưỡng, tháo dỡ ván khuôn, cấu nhắc và xếp dỡ thành phẩm) được thực thi tại các vị trí khác nhau trên dây chuyền. Bệ sẽ được di chuyển từ trạm này đến trạm khác, với thiết bị công nghệ riêng biệt và cố định.

Hiện nay, ở các nước tiên tiến, cấu kiện bê tông đúc sẵn thường chế tạo trong các nhà máy xí nghiệp, nhất là đối với những cấu kiện sản xuất hàng loạt, theo tiêu chuẩn định hình. Trong nhà máy bê tông đúc sẵn thường có những phân xưởng sau : Xưởng cốt thép, xưởng mộc, trạm trộn bê tông, các phân xưởng tạo hình, hầm bảo dưỡng và kho thành phẩm. Ngoài ra còn có các trạm cung cấp năng lượng (biến thế, hơi ép, hơi nước) phân xưởng cơ khí, vận tải, kho bãi vật liệu, bộ phận hành chính, trung tâm điều hành v.v... Nhà máy có thể sản xuất nhiều mặt hàng như các loại cọc, ống cống, các khối trụ mố, bản mặt cầu, các khối đường bộ hành và đầm cầu. Vị trí của nhà máy cần chọn sao cho đạt hiệu quả kinh tế : khoảng cách tới vị trí xây dựng công trình không quá xa, phải gần nơi sản xuất cát, đá, sỏi, để giảm chi phí vận chuyển. Trong nhà máy phải bố trí sản xuất theo phương pháp dây chuyền và áp dụng cơ giới hóa tối đa. Các thiết bị phải sử dụng được nhiều lần và chu kỳ quay vòng nhanh, chẳng hạn chế tạo cấu kiện trên bệ di động với ván khuôn thép định hình và dùng cần trực cồng vạn năng, linh hoạt v.v...

Khi bố trí quy hoạch mặt bằng của nhà máy phải chú ý thu hẹp diện tích và bảo đảm dây chuyền sản xuất hợp lý nhất, đồng thời cần lưu ý đường vận chuyển vật liệu và cấu kiện phải liên hệ chặt chẽ và thuận lợi với hệ thống đường sắt và giao thông thủy bộ bên ngoài. Hình 4.1 là một ví dụ bố trí mặt bằng một nhà máy sản xuất cấu kiện bê tông đúc sẵn công suất lớn ( $40.000\text{m}^3/\text{năm}$ ). Lưới đường sắt và đường ôtô trong nhà máy được nối với mạng lưới đường quốc gia để vận chuyển vật liệu thiết bị đến nhà máy và các sản phẩm của nhà máy đi nơi khác. Trong nhà máy được qui hoạch như sau (Hình 4.1).



Hình 4.1 : Nhà máy có công suất  $40.000\text{ m}^3/\text{năm}$

1. Bệ kéo 1 ; 2. Bệ kéo 2 ; 3. Cầu cẩu trục ; 4. Đường di chuyển ; 5. Kho ; 6. Nồi hơi ; 7. Bài ; 8. Hầm bảo dưỡng ;
9. Cán trục chân dề ; 10. Kho cuội ; 11. Nhà chính ;
12. Xưởng bê tông ; 13. Hành lang ; 14. Kho xi măng ;
15. Kho ván khuôn ; 16. Kho cốt thép ; 17. Xưởng sửa máy.

- 1) Các bãi cát, đá, sỏi, bốc dỡ bởi cần trục cồng và gầu xúc.
- 2) Các xilô chứa một vài loại xi măng, số hiệu khác nhau.
- 3) Kho chứa cốt thép có mái che, xếp dỡ bằng cầu.
- 4) Phân xưởng cốt thép và tạo hình có kích thước 170 × 54m, chia làm ba phân đoạn gia công và có hai đường sắt song song.

Phân đoạn I, sản xuất cọc ống  $\phi = 0,4m \div 0,6m$  và các phiến đầm dài 21 - 24m.

Phân đoạn II, sản xuất đầm 6 - 12m và 12 - 18m.

Phân đoạn III, dài 38m, sản xuất cọc và các loại cầu kiện dài.

5) Trạm trộn bê tông bố trí bên cạnh phân xưởng cốt thép. Bê tông tươi được vận chuyển bằng thùng chứa đặt trên đường gaoggong, hoặc ôtô.

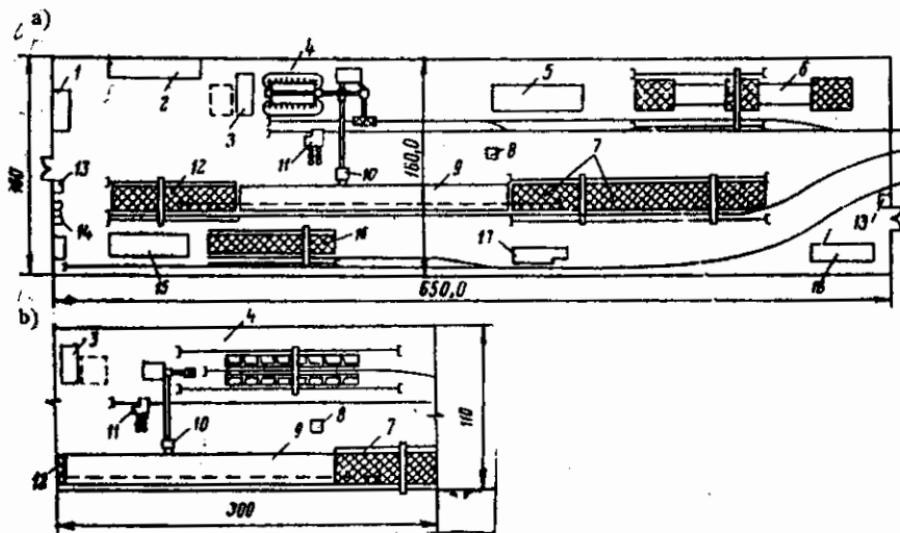
6) Bãi xếp thành phẩm, kích thước 160 × 54m. Cầu kiện được xếp thành 3 hàng và 2 đoạn dài 32 và 18m.

Ngoài ra còn bố trí bãi đúc phụ, buồng dưỡng hộ, xưởng cơ khí v.v...

Hình 4.2 giới thiệu bình đồ bố trí một bãi đúc tập trung có công suất  $10.000m^3$  sản phẩm/năm, chỉ gồm một phân xưởng có mái che, kích thước  $210 \times 18$  m, để bố trí các phân xưởng cốt thép và tạo hình cùng với buồng dưỡng hộ sản phẩm. Bên cạnh là bãi chứa vật liệu có khối lượng 720 t và trạm trộn gồm 2 máy trộn bê tông.

Một bãy đúc nhỏ khác công suất  $3000\text{m}^3$  sản phẩm/năm, trong một xí nghiệp xây dựng cầu, để phục vụ cho một công trình lớn hoặc cho nhiều công trình nhỏ gần nhau, hoặc vừa chế tạo cấu kiện đúc sẵn, vừa cung cấp bê tông tươi cho một số công trường lân cận.

Vì sản xuất với khối lượng nhỏ và có tính chất tạm thời, nên qui mô đầu tư không lớn, thiết bị không hoàn chỉnh.



Hình 4.2 : Măt bằng trung tâm nhà máy

a. Có mái che ; b. Không mái che

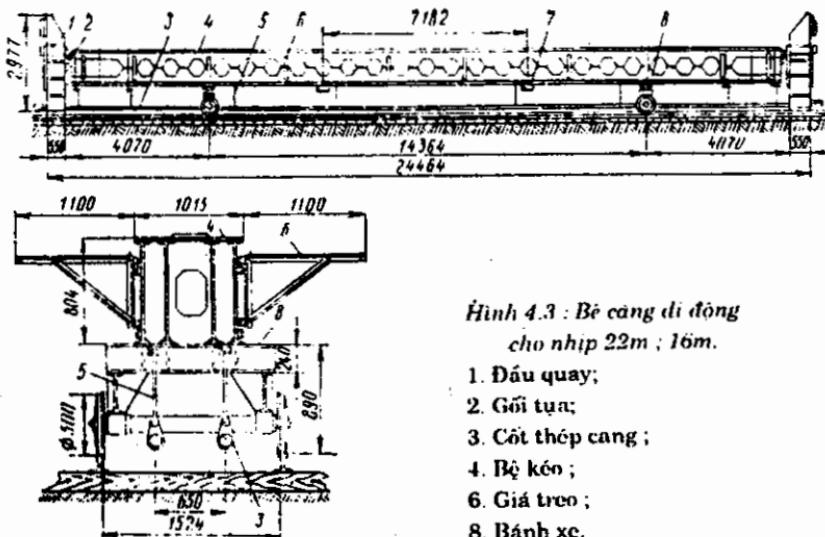
- Chỗ rửa ; 2. Nhà xe ; 3. Xưởng sửa máy ; 4. Kho thành phẩm ; 5. Vật liệu có mái che ; 6. Xưởng cưa ; 7. Kho sản phẩm lô thiêng ; 8. Máy hàn ; 9. Kho cốt thép có mái che và xưởng khuôn mẫu ; 10. Trạm trộn bê tông ; 11. Kho xi măng ; 12. Kho cốt thép lô thiêng ; 13. Trạm kiểm soát ; 14. Kho chuyển ; 15. Xưởng máy móc có mái che ; 16. Xưởng máy không có mái che ; 17. Nồi hơi và mazút ; 18. Khu hành chính.

Tuy vậy trên bê đúc cũng phải có đủ các kho báu vật liệu, các phân xưởng ván khuôn, cốt thép và tạo hình. Tùy sản lượng của bê đúc cũng có thể có buồng bảo dưỡng bằng hơi nước v.v...

#### 4.2. Chế tạo dầm bê tông cốt thép trên bệ di động theo phương pháp dây chuyền

Dầm cầu bê tông cốt thép ứng suất trước đúc sẵn thường được chế tạo trong nhà máy theo công nghệ sản xuất dây chuyền đặc biệt trên các bệ di động (kiểu toa xe). Yêu cầu đối với bệ di động là : vận chuyển dễ dàng, sử dụng luân chuyển được nhiều lần, kết cấu bền chắc an toàn, dễ dàng thi công trong mọi công đoạn trên dây chuyền.

Bệ di động có thể cấu tạo theo nhiều cách khác nhau. Hình 4.3 giới thiệu một loại bệ cảng cốt thép thẳng và gập khúc.



Hình 4.3 : Bệ cảng di động  
cho nhịp 22m ; 16m.

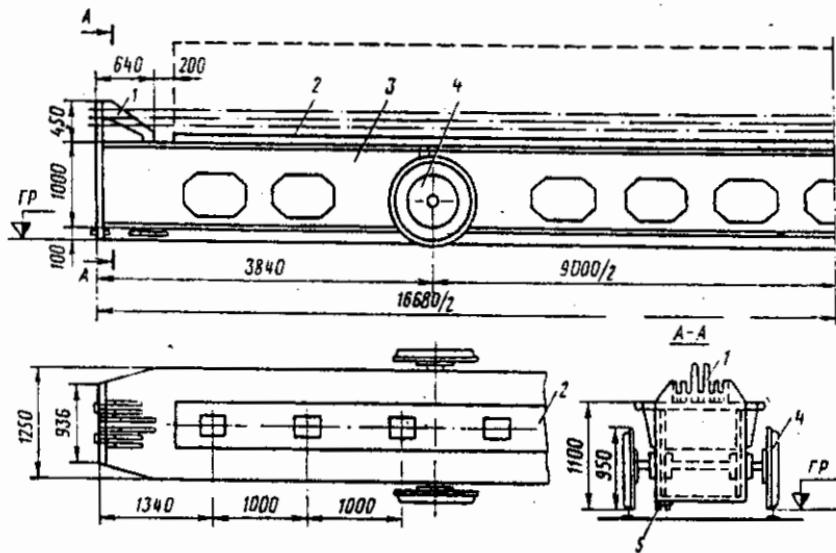
1. Đầu quay;
2. Gối tựa;
3. Cốt thép cảng;
4. Bộ kén;
5. Giá treo;
6. Bánh xe.

Cốt thép kể cả cốt thép thường sẽ được bố trí trước khi đổ bê tông. Lực căng kéo cốt thép sẽ do dầm thép đặt trên hai trục của toa xe đường sắt chịu. Ở đầu dầm đáy, bố trí các dầm tựa kích có dạng công xôn, liên kết tựa lèch tâm với dầm đáy qua một gối khớp. Đầu dưới của các dầm tựa kích được nối với nhau bằng thanh căng.

Cốt thép ứng suất trước được căng theo đường gãy khúc hoặc đường thẳng nhờ kích thủy lực và neo bố trí trên dầm công xôn tựa kích. (Các dây néo bố trí với mục đích tạo đường gãy khúc cho các bó thép xiên). Ván khuôn thép đặt trực tiếp trên dầm đáy bệ. Hình 4.4 là một loại bệ di động khác, được đặt lên hai trục bánh xe đường sắt. Bó hoặc thanh cốt thép sẽ căng bằng kích thủy lực đặt ở đầu công xôn của dầm hộp. Loại bệ này có lợi nhất để chế tạo các phiến dầm loại trung bình dài 21, 24m chỉ có các bó cốt thép nằm ngang cũng như để chế tạo cọc bê tông ứng suất trước.

Loại bệ di động này gọn gàng và cấu tạo công xôn tựa kích cũng đơn giản hơn.

Chế tạo dầm theo dây chuyền sản xuất, công việc phải liên tục. Ngoài các phân xưởng sản xuất theo dây chuyền như cốt thép, ván khuôn, đổ bê tông, còn phân xưởng chế tạo bó cốt thép và neo đặt ngoài và đặt trong, cũng như lưỡi cốt thép hàn, sườn hàn và chuẩn bị sẵn các chi tiết (gối đệm v.v...). Thành phẩm sản xuất dây chuyền ở một trạm, xong được chuyển đến trạm khác nhờ bệ di động. Bệ di động được kéo bởi tời điện.



**Hình 4.4 : Bệ di động chế tạo dầm dài 15m chỉ có cốt thép thẳng**  
 1. Sườn răng lược ; 2. Tấm đai ; 3. Bệ kéo ;  
 4. Bánh xe ; 5. Trang bị điều chỉnh.

Trình tự các công việc sẽ như sau :

- Chế tạo sẵn các bộ cốt thép với neo ở 2 đầu ; các khung sườn và lưới cốt thép hàn, chuẩn bị sẵn các mảng ván khuôn ; các phụ kiện và các chi tiết khác (gối dầm, móc cầu, bản nối v.v...) Tất cả đã được chế tạo sẵn trong các phân xưởng riêng.

Các công chủng chủ yếu sẽ hoàn thành trên bệ di động được bố trí làm nhiều trạm :

- Trạm thứ nhất : bố trí và căng kéo cốt thép.
- Trạm thứ 2 : Dựng ván khuôn và đúc dầm. Dừng lại ở đây khoảng 6 - 8 giờ.

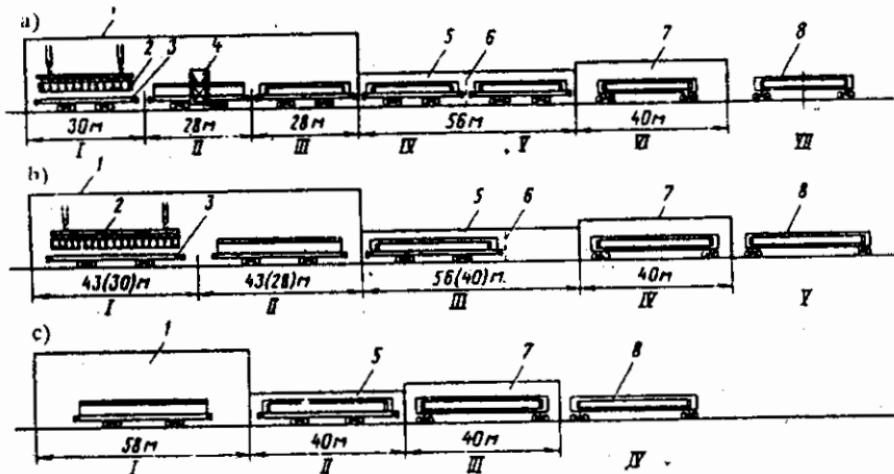
- Trạm thứ 3 : Tháo ván khuôn thành. Dừng lại thêm khoảng 4 giờ.

- Trạm thứ 4 : Bảo dưỡng bằng hơi nước nóng (chia làm 2 trạm : sấy nóng và để nguội).

- Trạm thứ 5 : Kiểm tra chất lượng bê tông, sửa chữa những khuyết tật.

- Trạm thứ 6 : Thả cho cốt thép ứng suất trước truyền lực vào bê tông.

Tháo dỡ dầm khỏi bệ và chuyển vào bãi thành phẩm. Bệ kéo lại quay trả về vị trí ban đầu để tiếp tục chu trình sản xuất sau tại trạm đầu tiên.



Hình 4.5 : Sơ đồ sản xuất dây chuyền

a. 7 trạm ; b. 5 trạm (kích thước trong ngoặc cho dầm 24m ngoài ngoặc cho dầm 33m ; c. 4 trạm ; I-VII số trạm ; 1. Xưởng chế tạo ; 2. Sườn thép ; 3. Dầm hộp ; 4. Đố bê tông ; 5. Phòng dưỡng hộ ; 6. Tấm ngắn ; 7. Trạm sửa chữa ; 8. Kho dầm.

#### Hình 4.5 giới thiệu trạm theo dây chuyền sản xuất đầm chế tạo sẵn

Theo nguyên tắc, đầm được đổ bê tông theo từng lớp nghiêng trên toàn bộ chiều cao đầm với góc nghiêng không lớn quá  $45^{\circ}$  so với mặt nằm ngang, sau khi bầu đầm đã được rải trước một lớp nằm ngang dài 1,5 - 2m. Nếu phiến đầm có nhịp lớn cần phải đổ bê tông đồng thời từ giữa nhịp ra hai đầu. Như vậy sẽ tăng được độ ổn định chống nứt do nhiệt độ gây ra trong quá trình dưỡng hộ bằng hơi nước nóng.

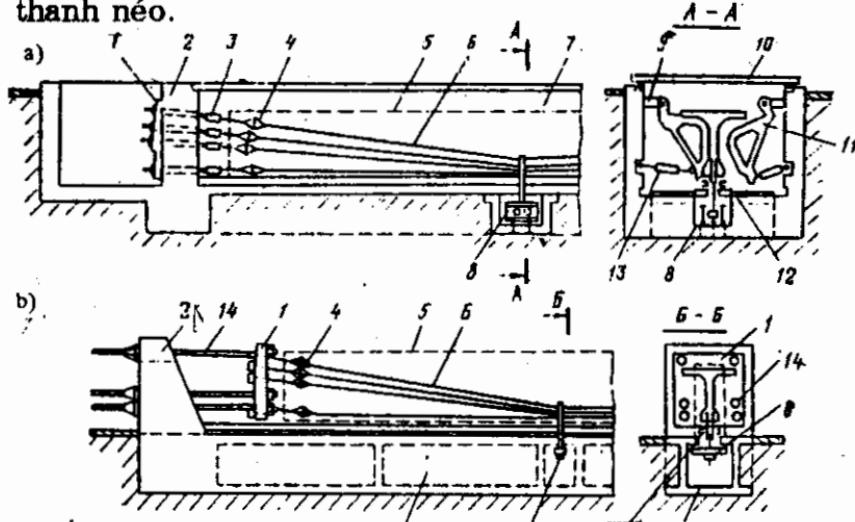
Để kiểm tra chất lượng đầm bê tông nhất là tại vị trí có nhiều cốt thép người ta bố trí "cửa sổ" ở ván khuôn bầu và sườn đầm. Đổ bê tông tươi đến gần cửa sổ thì đóng lại. Đối với ván khuôn thép có thể khoan lỗ thăm dò đường kính 10mm. Bê tông đổ đến đâu, nút lỗ đến đó.

#### 4.3. Chế tạo đầm bê tông cốt thép trên bệ cố định.

Bệ cố định thường sử dụng trong các xí nghiệp bê tông đúc sẵn có khối lượng sản xuất không lớn và sản phẩm thường là các phiến đầm và cấu kiện cho các nhịp cầu bê tông cốt thép loại nhỏ và vừa cùng các sản phẩm khác như cống lù, cọc móng v.v... Bệ cố định có thể làm bằng bê tông cốt thép hoặc bằng thép dạng tháo lắp được, để có thể sử dụng vào các mục đích khác nhau. Hình 4-6a là sơ đồ một dạng bệ cố định, vừa là bệ cảng vừa là hầm bảo dưỡng hơi nước nóng, có thể đóng mở được cũng như bảo đảm cơ giới hóa công việc tháo lắp ván khuôn. Bệ kéo có thể chế tạo một hoặc nhiều đầm cùng một lúc. Đầm nẹp đặt cách đầm kia bởi khung cố định để tạo cho bô cốt thép có dạng gãy khúc. Các bô cốt thép được kéo

đồng thời cả 2 đầu và được cắt đứt dần từ 2 đầu vào đến các khung giữa hoặc tốt nhất là dùng biện pháp hạ dần lực căng ở 2 đầu.

Điểm uốn bó thép được neo xuống đáy sàn bằng các thanh néo.



Hình 4.6 : Bệ cố định bằng bê tông cốt thép

1. Tấm sát gối ; 2. Đầu nối ; 3. Chỗ nối ; 4. Neo chìm ;
5. Dầm bê tông chế tạo ; 6. Bó thép ; 7. Tường ;
8. Neo cố định ; 9. Giá đỡ ; 10. Nắp đậy ;
11. Ván khuôn ; 12. Dầm thép ;
13. Ốc tăng giảm ; 14. Thanh giằng ; 15. Bệ kéo.

Bệ cố định bằng bê tông cốt thép (Hình 4.6b) gồm dầm tựa xây cố định vào nền. Ở hai đầu dầm có ụ công xôn để chịu lực căng kéo cốt thép. Bó cốt thép được kéo bằng kích hai tác dụng và dùng neo hình nón bằng thép tì lên tấm đệm và thay đổi được vị trí tùy theo chiều dài của dầm chế tạo. Bó cốt thép uốn xiên được do neo xuống đáy bệ.

Bảo dưỡng bê tông bằng hơi nước, có thể trùm kín cấu kiện bằng một buồng hấp cơ động bảo đảm chế độ nhiệt cần thiết.

Để tăng cường năng lực sản xuất, có thể dùng một số bệ cố định làm việc theo dây chuyền.

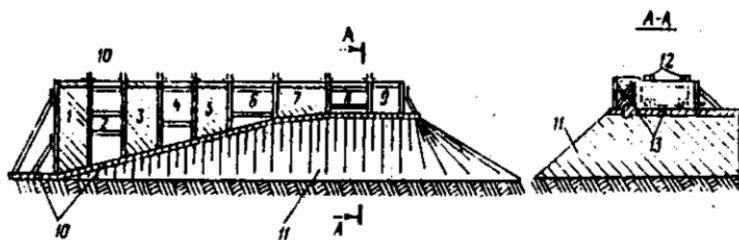
Trình tự công việc chế tạo đầm bê tông cốt thép ứng suất trước trên bệ cố định cũng tương tự sản xuất trên bệ di động. Cốt thép và bê tông tươi được chuẩn bị sẵn bên ngoài sau đó vận chuyển và thao tác trên bệ. Vật công việc trực tiếp trên bệ gồm : bôi dầu ván đáy, lắp ván khuôn thành, đặt cốt thép, bố trí cốt dai và bó cốt thép. Dùng kích thủy lực căng bó cốt thép, lắp ván khuôn thành phía bên còn lại, đặt cốt thép bản và đúc đầm.

Bê tông cũng rót từ trên mặt đầm xuống nhờ xe vận chuyển dọc đầm và đổ theo lớp nằm ngang ở bầu đầm và lớp nghiêng ở bụng đầm. Đầm lèn bê tông có thể dùng đầm dùi và đầm ngoài được gắn chặt bên ngoài ván khuôn. Sau khi đổ bê tông xong phải phủ lên mặt bê tông bao tải để giữ độ ẩm. Ván khuôn chỉ được tháo ra khi bê tông đã cứng. Trong quá trình dưỡng hộ phải kiểm tra cường độ bê tông (qua mẫu thí nghiệm), để có kế hoạch cắt cốt thép truyền lực kéo vào đầm bê tông. Sau đó đầm được chuyển vào kho bằng cẩu trực (loại cần, loại chân dê, cần trực cổng v.v...).

#### 4.4. Chế tạo các khẩu đầm bê tông cốt thép lắp ghép (phân khối ngang)

Các đầm cầu giản đơn và khung đầm nhịp trung bình và nhịp lớn có thể cắt khúc để chế tạo. Sau này sẽ luôn

bó cốt thép ứng suất trước trong các ống rãnh và cảng kéo để liên kết các khối với nhau theo kiểu "xâu táo", khi lắp ráp. Các khối đúc sẵn đó cũng được chế tạo hoặc trong nhà máy hoặc trên các bãi đúc theo phương pháp dây chuyền. Kết cấu nhịp có chiều cao không đổi và tối đa bằng 3m có thể dễ dàng chế tạo tại nhà máy đúc sẵn và vận chuyển bằng các toa Trần đường sắt và được ghép lại bằng keo dán. Khe nối phải khít, bê rộng không được lớn quá  $1 \div 1,5$ mm. Để đảm bảo độ chính xác đó có thể lấy đầu khối nọ làm ván khuôn cho đầu khối kia (Hình 4.7) (chế tạo theo cách in oản). Đầu tiên đổ các khối số lẻ, sau đó đổ các khối số chẵn. Như vậy sẽ bảo đảm bê rộng khe nối trong phạm vi cho phép. Trước khi đổ bê tông khối chẵn, đầu các khối đổ trước phải quét một lớp dầu, hoặc vừa vôi, cũng có thể bôi mỡ hoặc chất dẻo để các khối không dính với nhau.



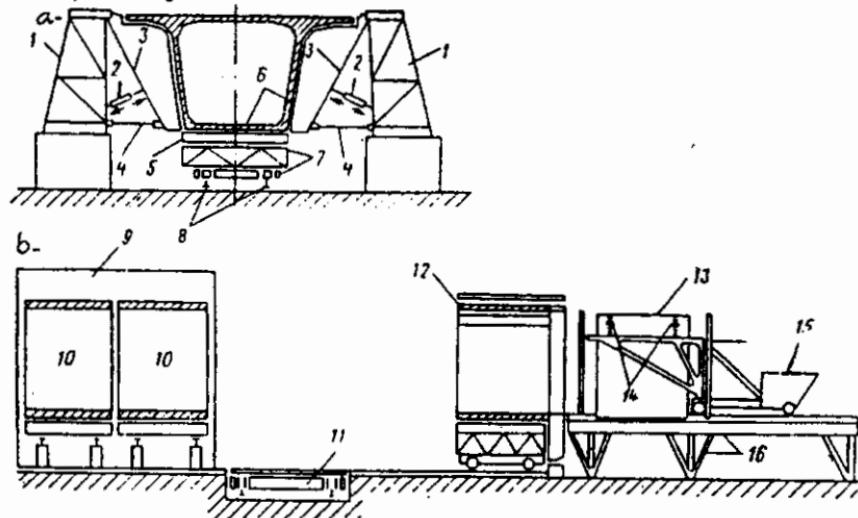
Hình 4.7 : Bé chế tạo các khối đầm

- 1-9. Các khối bê tông đầm ; 10. Lớp bê tông bệ ;  
11. Đất đắp ; 12. Bàn định vị ; 13. Ống dẫn hơi

Để đảm bảo mối nối hai khối trùng nhau khi lắp ráp, lúc chế tạo các khối có thể đặt ở hai đầu khối các tấm thép liền kết để định vị hai khối và đảm bảo cho hai khối

khớp nhau cả chiều đứng và ngang. (Mỗi khe nối đặt ba đến bốn tấm thép liên kết). Biện pháp này rất hiệu quả, nhất là những đầm có chiều cao thay đổi. Các khối thường được chế tạo trên bệ đắp bằng đất, trên đổ một lớp bê tông mặt. Bệ đúc cũng có thể lắp bằng giàn giáo cong theo biên đầm. Trong lớp bê tông bệ có thể đặt ống dẫn hơi nước nóng để dưỡng hộ bê tông đáy đầm. Ván khuôn thành cũng có thể đặt ống để dưỡng hộ bằng hơi nước.

Vị trí và cấu tạo của bệ đúc phải thuận tiện và đảm bảo cho cần trục di chuyển dễ dàng khi tháo lắp ván khuôn, bố trí cốt thép, vận chuyển bê tông và cầu nhắc các khối để vận chuyển đi nơi khác.



Hình 4.8 : Sơ đồ chế tạo khối đầm

1. Giá đỡ ván khuôn ; 2. Kích thủy lực điều chỉnh ván khuôn ;
3. Ván khuôn ngoài ; 4. Thanh chống ngang ; 5. Ván đáy ;
6. Khối chế tạo ; 7. Goòng ; 8. Đường ray ; 9. Phòng dưỡng hộ hơi nóng ; 10. Khối đầm ; 11. Goòng vận chuyển ; 12. Khối sau khi đổ ; 13. Ván khuôn trong ; 14. Vít điều chỉnh ván khuôn trong ; 15. Đôi trọng xe goòng ; 16. Giá đỡ.

Ván khuôn ngoài được cố định trên giá đặc biệt và giữ đúng vị trí bằng kích điều chỉnh. Ván khuôn trong bằng thép được liên kết với một dàn mút thừa gắn vào xe goòng được giới thiệu trên hình 4.8.

Để tách khuôn trong khỏi bê tông người ta dùng vít hoặc kích thủy lực. Sườn và lưới cốt thép được đặt vào ván khuôn bằng cần trục. Trong đàm đặt ống thép hoặc ống nhựa để tạo lỗ, sau luồn các bó cốt thép.

Dây chuyền chế tạo được bố trí như sau (Hình 4.8).

I- Ván khuôn trong đặt trên giá mút thừa của xe goòng. Trên xe goòng khác (xe chế tạo) lần lượt đặt ván đáy của ván khuôn ngoài, khung cốt thép và cuối cùng là ván khuôn thành.

II- Nhờ xe goòng đưa ván khuôn trong vào vị trí và có con đệm giữ khoảng cách của lớp bảo vệ. Đúc bê tông khối K-1 và bảo dưỡng bằng hơi nước nóng.

III- Tháo ván khuôn khỏi K-1 chuyển xe ra vị trí mới bên cạnh và dùng đầu của khối K-1 làm ván khuôn đầu cho khối K-2. Tiếp tục dùng cần trục đặt ván khuôn đáy, sườn cốt thép và ván khuôn thành lên xe thứ hai.

IV- Đưa ván khuôn trong vào vị trí, đổ bê tông khối K-2.

V- Chuyển khối K-1 vào phòng dưỡng hộ hơi nước nóng. Sau 12 giờ bê tông đạt cường độ thiết kế, Chuyển khối K-2 vào vị trí mới và đầu của nó lại làm ván khuôn cho khối K-3.

VI- Đưa ván khuôn trong vào vị trí và đúc khối K-3 chuyển khối K-1 ra bã thành phẩm hoặc chuyển đi nơi khác để sử dụng.

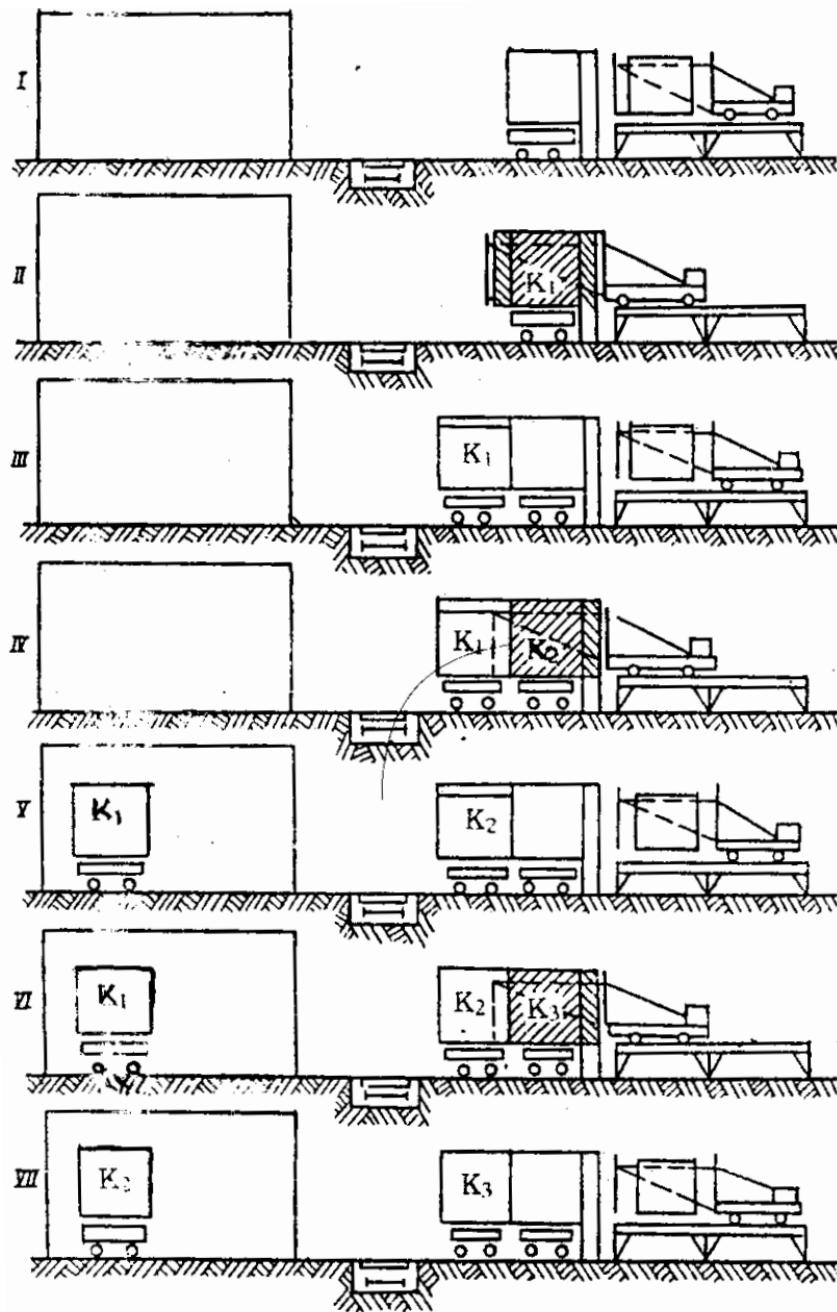
VII- Chuyển khối K-2 vào phòng dưỡng hộ và chế tạo tiếp K-4 v.v...

Theo số liệu của Pháp, tốc độ chế tạo mỗi khúc là một ngày đêm. Nhịp điệu như vậy đảm bảo cho các công việc sau đây được hoàn thành song song : chế tạo khung cốt thép, cơ giới hóa quay vòng sử dụng ván khuôn bảo dưỡng bê tông bằng hơi nước nóng. Các khâu dầm lắp ghép chế tạo theo phương pháp này được sử dụng trong xây dựng các loại dầm giản đơn và liên tục theo một công nghệ đặc biệt : phương pháp "xâu táo". Trong quá trình đổ bê tông bố trí sẵn ống thép hoặc ống nhựa. Sau khi đổ bê tông khoảng 2 đến 4 giờ có thể dùng tời rút ống để tạo lỗ luồn bó thép.

#### 4.5. Vận chuyển các khối bê tông cốt thép đúc sẵn

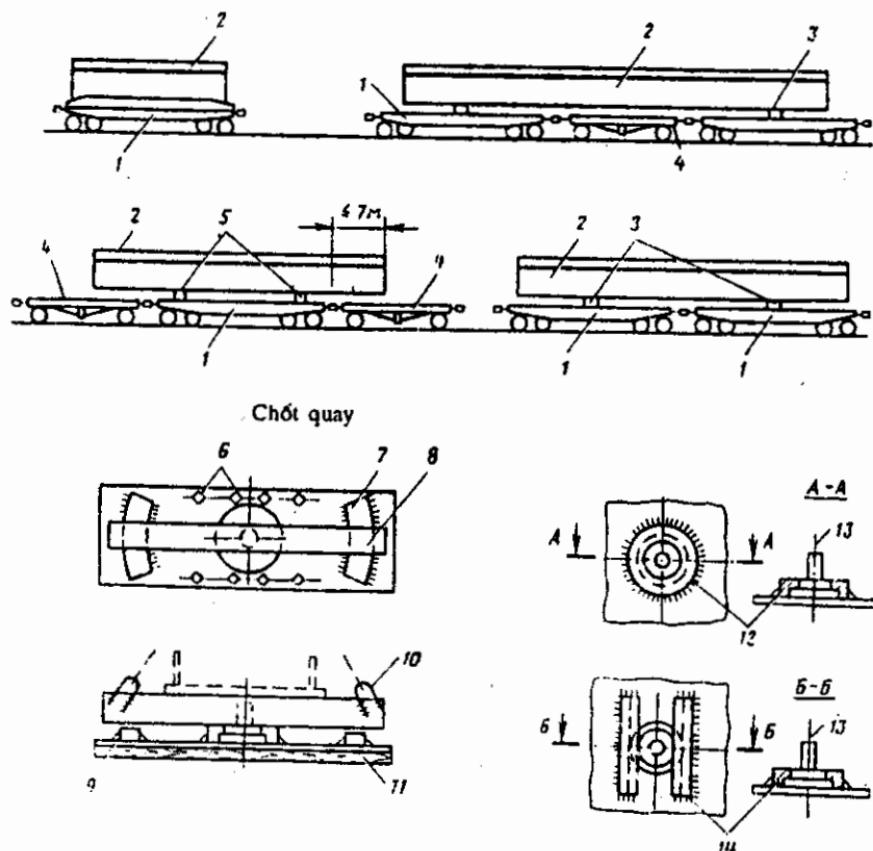
Các khối bê tông cốt thép đúc sẵn được chuyên chở bằng ôtô trên xà lan hoặc các toa xe lửa có trọng tải khoảng 500-600 KN. Hình 4.10 là một ví dụ sơ đồ bố trí cầu kiện trên toa xe lửa.

Các phiến dầm và cọc khi chiều dài nhỏ hơn 7m có thể đặt trên một toa xe. Nếu dài hơn phải đặt trên hai toa, ở giữa có toa đệm. Để dễ dàng di trên đường vòng bán kính nhỏ, dầm được đặt trên đĩa quay bố trí ở giữa toa xe. Đĩa còn có tác dụng phân bố đều tải trọng cho các bánh xe. Những khối đúc sẵn cỡ lớn phải có ba kích



*Hình 4.9 : Chế tạo khói dày chiều cao không đổi*  
I-VII công nghệ ; K<sub>1</sub>, K<sub>2</sub>, K<sub>3</sub> ... kí hiệu các khối.

thước không gian nằm trong phạm vi khổ qui định của toa xe mới có thể vận chuyển được bằng đường sắt.



Hình 4.10 : Vận chuyển dầm bằng toa xe lửa

1. Tua xe ; 2. Dầm ; 3. Dia quay ; 4. Toa đệm ; 5. Gối đỡ ;
6. Bu lông ; 7. Bản thép ; 8. Thanh trượt ; 9. Bản thép đỡ ;
10. Móc néo ; 11. Sàn tua xe ; 12. Long đèn ; 13. Chốt quay ;
14. Giải định hướng.

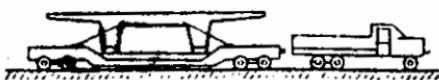
Trong trường hợp đặc biệt kích thước vượt ra ngoài khổ đường sắt, phải tuân theo yêu cầu đặc biệt, qui định trong bản hướng dẫn vận chuyển vật quá khổ, theo các mức khác nhau.

Tùy theo kích cỡ và trọng lượng các khối có thể đặt chồng lên nhau hai lớp.

Khi vận chuyển, các khối phải được liên kết chặt trên toa xe, để bảo đảm ổn định chống trượt và lật do mọi tác động có thể xảy ra, như tác động xung kích, quán tính v.v...

Tùy theo kích thước và trọng lượng, cầu kiện đúc sẵn cũng có thể vận chuyển bằng ô tô (Hình 4.11). Chẳng hạn như vận chuyển bản mặt cầu, khói bộ hành, lan can, ống cống, Các khối móng và các cầu kiện bê tông cốt thép có nhỏ thì đặt trên một ôtô. Khi các khối lắp ghép có chiều dài lớn (cột, cọc, phiến dầm v.v...) thường phải dùng ôtô có rơ moóc. Các phiến dầm dài tối đa 33m, các khối đặc biệt có trọng lượng lớn như các khẩu dầm hộp, dầm chữ I kép, xà mū, cũng có thể vận chuyển bằng ôtô, có kéo rơ moóc hoặc máy kéo đặc biệt. Vận chuyển bằng ôtô còn phụ thuộc vào trạng thái và chất lượng tuyến đường, nhất là trên các tuyến đường cấp thấp ở nông thôn và miền núi trong các mùa mưa lũ.

Sơ đồ đặt khẩu dầm lắp ghép trên rơ moóc 50 KN như hình 4.11.



Hình 4.11 : Vận chuyển bằng rơ moóc 50 KN

#### 4.6. Tính toán bệ cảng cố định và bệ cảng di động

Bệ kéo chịu tải trọng bản thân, trọng lượng ván khuôn, cốt thép và bê tông khối **chế tạo** cũng như lực kéo của bó cốt thép. Bệ được tính theo **các** trạng thái giới hạn.

Tính toán theo trạng thái giới hạn về độ cứng và biến dạng rất quan trọng đối với **bệ di động** bằng thép (bệ cố định bằng bê tông cốt thép có thể không cần vì nói chung đã đủ độ cứng).

Bệ cố định tính như một đầm nằm trên nền đất hồi vì được xây dựng trên nền đất. Nếu bệ chế tạo các loại cấu kiện chỉ bố trí một loại cốt thép thẳng, chẳng hạn cọc móng (Hình 4.12a), **xét theo** chiều cao tổng hợp lực căng cốt thép xem như **tác dụng** tại trọng tâm đầm dọc của bệ (Hình 4.12a).

Trọng lượng bản thân của bệ, trọng lượng cấu kiện chế tạo và áp lực nền đất trong trường hợp này không lớn, có thể coi như không ảnh hưởng đến nội lực và biến dạng của bệ. Vì vậy sơ đồ tính được xem như một khung chữ nhật chỉ chịu mô men uốn trong mặt phẳng ngang, chủ yếu là do lực căng cốt thép gây ra. Để bảo đảm khung chịu lực cân đối, cấu kiện nên **chế tạo** đối xứng với trục tim của bệ. Nội lực trong cốt thép khi căng cấu kiện sẽ tác dụng lên bệ được tính theo như công thức sau :

$$N_i = A_p \cdot \sigma_p \cdot n \cdot m$$

Trong đó :

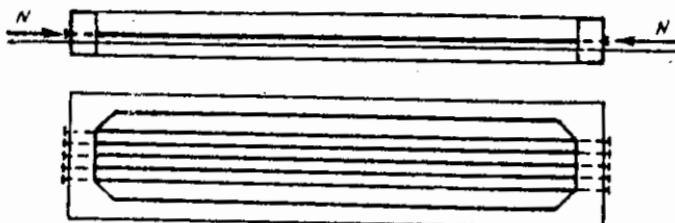
$A_p$  - Tiết diện cốt thép ứng suất trước ;

$\sigma_p$  - Ứng suất căng cốt thép ;

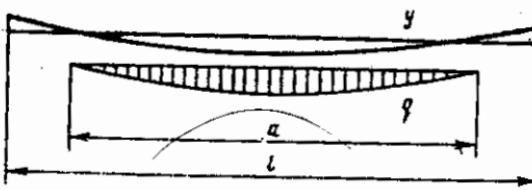
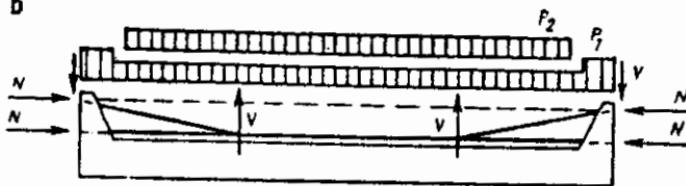
$n = 1,1$  hệ số kéo vượt;

$m = 1,1$  hệ số kéo không đều. Căn cứ vào sơ đồ để tính nội lực trong khung và duyệt lại cường độ, ổn định v.v... các bộ phận của bệ.

a



b



Hình 4.12 : Sơ đồ tính bệ cố định

Khi chế tạo cấu kiện đúc sẵn có bó cốt thép xiên ngoài lực dọc, bệ còn chịu uốn trong mặt phẳng đứng do lực kéo (Hình 4.12b). Bệ sẽ chịu tác dụng của các hệ sau: lực dọc  $N$  và lực đứng  $V$  do kéo bó cốt thép, lực phân bố do trọng lượng bệ  $P_1$  và cấu kiện chế tạo  $P_2$ , phản lực đất nền  $q$ .

Tung độ biểu đồ của phản lực đất nền sẽ là :

$$q = ky$$

Trong đó :  $y$  - chuyển vị đứng của trục đầm ;

$k$  - hệ số nền .

Gọi  $a$  là độ dài của đoạn xuất hiện chuyển vị dương (võng xuống), ta có thể xác định được chiều dài  $a$  và tung độ biểu đồ của phản lực  $q$ , từ hai điều kiện sau :

- Điều kiện cân bằng của tổng các lực đứng :

$$Ap_1 + Ap_2 + A_q = 0$$

- Điều kiện chấp chuyển vị :

$$y = y_N + y_{q,p}$$

Trong đó :

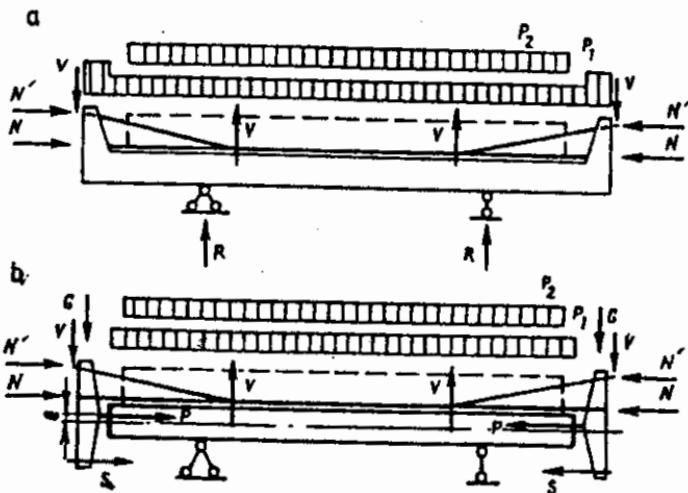
A- Diện tích biểu đồ tương ứng :

$y_N$  - Độ võng của đầm ở đoạn  $a$  do lực căng cốt thép gây ra;

$y_{p,q}$  - Độ võng của đầm ở đoạn  $a$  do tải trọng  $p_1, p_2$  và  $q$  gây ra.

Để đơn giản tính toán, giả thiết rằng biểu đồ phản lực  $q$  phân bố theo đường cong parabol bậc 2. Vậy diện tích biểu đồ có :

$$A_q = \frac{2}{3} a \cdot q_{\max}$$



Hình 4.13 : Sơ đồ tính bệ di động

Bệ di động có sơ đồ tính như hình 4.13, trong đó sơ đồ của bệ di động có công xôn tựa kích loại cố định (Hình 4.13a), và của bệ di động có công xôn tựa kích loại gói khớp (Hình 4.13b).

Trong sơ đồ các lực  $N$ ,  $N'$  và  $V$  đã được xác định khi thiết kế cấu kiện đúc sẵn. Phản lực  $P$  tác dụng lên dầm dọc và lực  $S$  tác dụng lên thanh căng, xác định theo các hệ thức sau :

$$P = \frac{N(a + d) + N'(a' + d) - V.b}{d} \times n.m$$

$$S = \frac{N.a + N'.a' - V.b}{d} \times n.m$$

Căn cứ vào các lực tác dụng, tính cho từng bộ phận của bệ. Riêng đầm dọc cần tính theo các giai đoạn sau :

*Giai đoạn 1* : Vừa kéo xong cốt thép. Đầm tựa trên 2 điểm (xe gòòng) chịu phản lực  $P, V$ .

*Giai đoạn 2* : Đặt ván khuôn đúc đầm. Thêm tải trọng phân bố của ván khuôn cốt thép và bê tông tươi.

*Giai đoạn 3* : Tháo ván khuôn và cắt dây néo bó thép xiên. Thêm  $V$  và tải trọng ván khuôn. (nhưng ngược chiều).

*Giai đoạn 4* : Cắt cốt thép, ứng lực trước sẽ truyền vào đầm bê tông đúc sẵn, đầm sẽ vồng lên. Đầm dọc của bệ tính theo trọng lượng đầm bê tông kê trên 2 gối ở hai đầu.

*Chú ý :*

- Nếu phản lực  $P$  không tác dụng đúng tâm, phải xét thêm mômen lệch tâm  $P.e$ .

- Sau khi xác định nội lực, phải duyệt cường độ, ổn định và độ cứng của đầm dọc.

## CHƯƠNG V

# LAO LẤP CẦU BÊ TÔNG CỐT THÉP LẤP GHÉP

### 5.1. Đặc điểm lao lắp các đầm bêtông cốt thép đúc sẵn

Các khối đúc sẵn trong kết cấu nhịp bêtông cốt thép lắp ghép thường rất nặng nề, cho nên việc lao lắp rất khó khăn và phức tạp, đòi hỏi phải hết sức cẩn thận và nhẹ nhàng. Ráp nối các khối lắp ghép cũng tốn nhiều công sức và thời gian, vì vậy khi thiết kế chế tạo cần chú ý phân khối cho phù hợp với phương tiện vận chuyển và lao lắp. Các mối nối khi chế tạo cũng như thi công phải chính xác, nếu không kết cấu sẽ chịu lực không phù hợp thiết kế và gây ra nhiều khó khăn sau này. Cầu kiện bêtông cốt thép và bêtông ứng suất trước là những kết cấu chịu lực theo sơ đồ nhất định và không đồng đều ở các chiều khác nhau, cho nên trong quá trình xếp dỡ, vận chuyển và lao lắp phải hết sức cẩn thận, có khi phải gia cố thêm và móc cầu tại những vị trí thích hợp. Bêtông là vật liệu ròn, khi lao lắp cần chú ý không để cầu kiện va chạm mạnh và bêtông phải đủ cường độ qui định.

Thiết bị cầu lắp phải bảo đảm thao tác nhanh gọn đầy mạnh tiến độ thi công và tốt nhất có thể để dàng di chuyển cầu kiện về mọi phía.

Cần đặc biệt chú ý kiểm tra an toàn các thiết bị trước khi lao lắp.

Công việc cẩu lắp cầu kiện đúc sẵn trong kết cấu lắp ghép và bán lắp ghép bao gồm hai giai đoạn : Chuẩn bị và lắp ráp.

- Giai đoạn một gồm : Chuẩn bị hiện trường như làm giàn giáo, dựng cần trục, chuẩn bị bải để dầm và đường vận chuyển ; tiếp nhận cầu kiện, làm vệ sinh và tẩy gi các chi tiết, mối nối ; sửa chữa các khuyết tật và sai lệch ; lắp thử ; kiểm tra thiết bị kích kéo, cần trục v.v...

- Giai đoạn hai gồm : bố trí các gá lắp để buộc và cẩu dầm ; lao lắp các phiến dầm vào vị trí bằng cần trục hoặc già lao ; điều chỉnh và liên kết các mối nối ; hoàn thiện mặt đường trên cầu.

Khi buộc và nâng dầm cần đặc biệt chú ý vị trí buộc phải chính xác (nếu không có móng cẩu phải đánh dấu cẩn thận), năng lực trọng tải của thiết bị phải bảo đảm cẩu được trọng lượng các phiến dầm. Khi cẩu phải đúng chiều chịu lực của cầu kiện, tuyệt đối không được quay lật tùy tiện.

## 5.2. Lao lắp cầu dầm đơn giàn bêtông cốt thép lắp ghép

### 5.2.1. Lắp dầm và bàn bằng cần trục

Cầu kiện đúc sẵn của cầu dầm và cầu bàn bêtông cốt thép được cẩu lắp bằng các loại cần trục hoặc các thiết bị lao đặc biệt.

Tùy theo điều kiện địa hình cần trục có thể đứng ngay trên mặt đường hoặc bãi sông gầm cầu để cẩu lắp dầm vào vị trí, cũng có thể bố trí cần trục đứng trên kết cấu

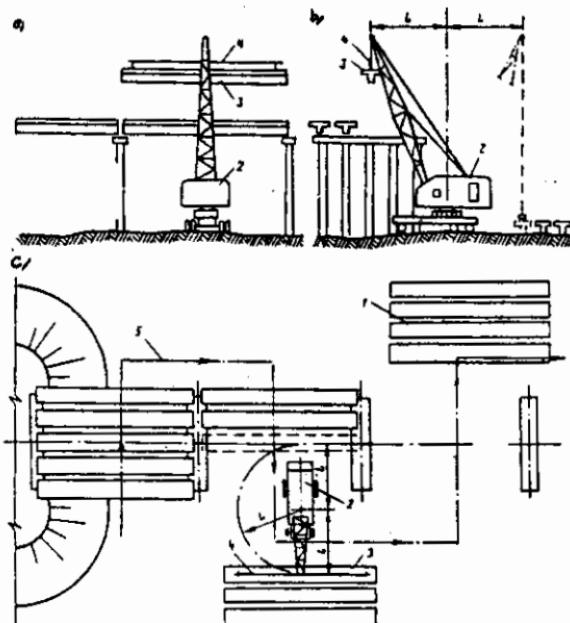
nhịp đã thi công để lắp nhịp tiếp sau. Nếu mức nước trong quá trình thi công không sâu và chiều cao gầm cầu vừa tầm, còn có thể cho cần trục di trên giàn giáo, cầu tạm để lao lắp kết cấu nhịp.

Cần trục thường dùng là loại tự hành, bánh xích hoặc bánh lốp. Trong cầu đường sắt có thể dùng cần trục đường sắt có cần (Hình 5.1) chạy trên đường ray từ một phía đầu cầu để lắp dầm.

Nếu cần trục di chuyển trực tiếp trên mặt đất thì cường độ của nền phải tốt. Chẳng hạn, nếu lao bằng cần trục bánh lốp, ứng suất nền đất phải là  $4 - 5 \text{ daN/cm}^2$ ; Nếu là cần trục bánh xích, ứng suất ít nhất cũng phải đạt  $2 - 3 \text{ daN/cm}^2$ . Trường hợp nền đất yếu, có thể kê ván gỗ hoặc lót tôn thép ở vét bánh xe của cần trục. Hình 5.1 là một phương án lao lắp bằng cần trục đứng trên bãi sông. Cần trục có thể quay một góc  $180^\circ$  để lấy dầm và đặt vào vị trí.

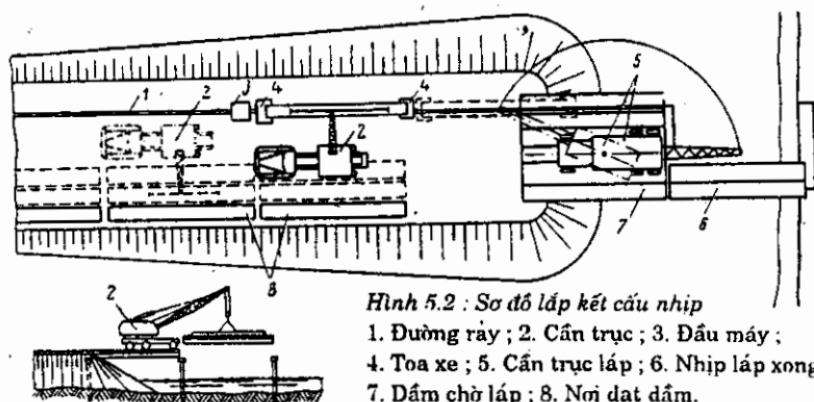
Muốn sử dụng tối đa khả năng cần trục, tầm với của cần phải ở vị trí nhỏ nhất. Để đảm bảo cầu kiện tương đối dài làm việc đúng thiết kế, khi lao lắp phải dùng một đòn treo. Dùng đòn treo còn có tác dụng giảm được dây cầu và tránh cho dầm bêtông chịu lực nén khi cầu dầm. Dây và đòn treo sẽ chịu tải trọng bản thân, trọng lượng khói cầu, tính cả hệ số xung kích. Sau khi dầm được đặt vào vị trí gối cầu, cần trục lùi ra, lấy dầm khác và lắp tiếp. Vị trí cần phải là vị trí có khả năng cầu được tải trọng lớn nhất, bảo đảm được ổn định của cần trục lúc di chuyển. Tuy nhiên, chỉ khi nào cầu kiện nhẹ hơn 50%

khả năng cẩu, mới cho cần trục vừa mang cầu kiện vừa di động.



Hình 5.1 : Sơ đồ lắp dầm bằng cần trục có cần

- a. Chính điện ;
- b. Nhìn cạnh ;
- c. Chiếu bằng
- 1. Bài để dầm ;
- 2. Cần trục ;
- 3. Dầm lắp ;
- 4. Đòn treo ;
- 5. Đường di chuyển cần trục.



Hình 5.2 : Sơ đồ lắp kết cấu nhịp

- 1. Đường ray ;
- 2. Cần trục ;
- 3. Đầu máy ;
- 4. Toa xe ;
- 5. Cần trục lắp ;
- 6. Nhịp lắp xong ;
- 7. Đầu đỡ ;
- 8. Nơi đặt dầm.

Dùng cẩu trục có cần, di trên bờ sông để lao lấp thường chỉ cẩu được các phiến đầm có chiều dài tối đa là 21m và trọng lượng không vượt quá 300 - 350 KN. Nếu một cần trục không cẩu nổi có thể dùng 2 cần trục nhưng phải chú ý điều khiển để khi cẩu lấp đầm được nhịp nhàng, cân đối. Trường hợp đầm không dài, có thể buộc trực tiếp vào móng cẩu (Hình 5.3a), với góc nghiêng của dây cáp buộc trong giới hạn từ  $30^\circ$  đến  $60^\circ$ . Nếu góc nghiêng nằm ngoài giới hạn trên, hoặc dây sẽ quá dài, hoặc lực căng trong dây sẽ quá lớn.

Độ bền của dây cáp buộc tính theo công thức sau :

$$\frac{m Q}{n \cos \alpha} \leq \frac{R}{K}$$

Lực nén lệch tâm do dây treo tác dụng vào cầu kiện sẽ là :

$$N = \frac{m Q}{n \cot \alpha}$$

Như vậy, khi treo trực tiếp, cầu kiện sẽ làm việc như một đầm mút thừa chịu tác dụng của tải trọng bản thân và lực nén lệch tâm N.

Trường hợp dùng đòn treo và dây cẩu đầm buộc gián tiếp, cách điểm treo của đòn một đoạn bằng a (Hình 5.3b), độ bền của dây cáp sẽ tính theo công thức :

$$\frac{m(n_1 Q + n_2 P)}{n \cos \alpha} \leq \frac{R}{K}$$

Trong các công thức trên, ta kí hiệu :

$Q$  - trọng lượng cầu kiện ;

$m$  - hệ số xung kích (xem phụ lục) ;

$n$  - số nhánh dây treo (nếu  $n > 3$  chỉ lấy  $n = 3$ ) ;

$\alpha$  - góc nghiêng của dây treo so với đường thẳng đứng ;

$P$  - trọng lượng đòn treo ;

$n_1, n_2$  - hệ số vượt tải lần lượt của  $Q$  và  $P$  ;

$R$  - lực kéo đứt của dây cáp treo ;

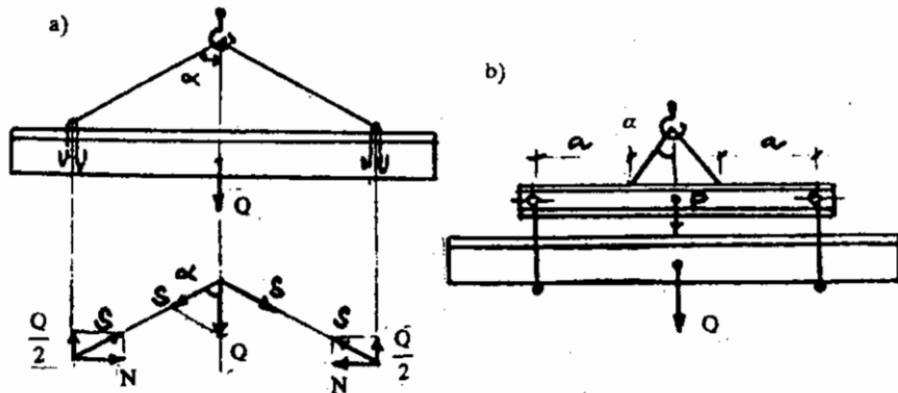
$K$  - hệ số an toàn của dây cáp lấy từ 3 đến 8 ;

Nội lực trong đòn treo tại điểm buộc cáp sê là (nếu  $n = 2$ ) :

$$M = \frac{ma}{2} \left( n_1 Q + n_2 \frac{P \cdot a}{l} \right);$$

$$N = \frac{m(n_1 Q + n_2 P)}{2 \cot \alpha}$$

Trong đó :  $l$  - là chiều dài của đòn treo.



Hình 5.3: Dây cầu đầm

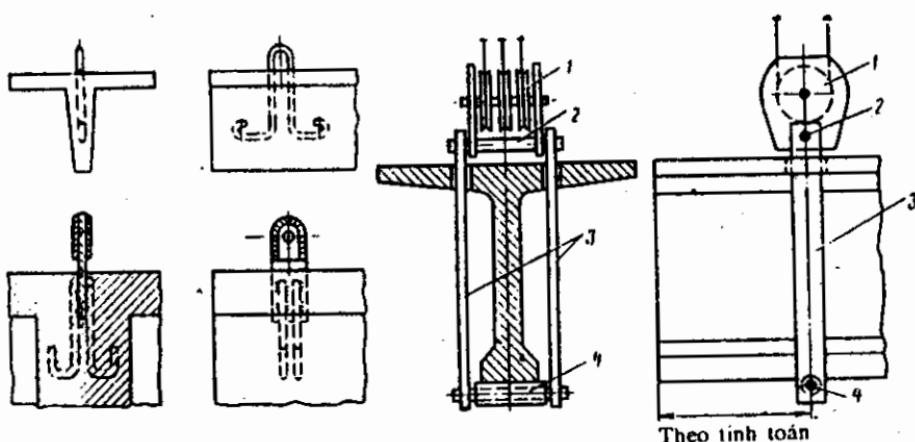
a. Treo trực tiếp ; b. Qua đòn treo

Cần chú ý khi sử dụng đòn treo bằng thép, tại chỗ buộc phải có đệm gỗ để tránh cho dây cáp có góc gãy và bê tông bị sứt mẻ do dây cáp siết chặt lúc cẩu. Khi nền đất bãi sông yếu hoặc mực nước sâu, cần trực lắp dầm có thể dùng phương án đi trên nhịp để lao. Trường hợp này cần trực phải có tầm với dài để cầu dầm phía trước. Các phiến dầm lắp ghép sau khi vận chuyển và đặt ở nơi tập kết được đưa lên xe goòng để cần trực cầu lên đưa vào vị trí. Vì cần trực di trực tiếp trên kết cầu nhịp nên chỉ lao được các phiến dầm có chiều dài tối đa là 16m, tương ứng với trọng lượng tối đa khoảng 140 - 150 KN.

Lắp những nhịp ở giữa sông, có thể sử dụng cần trực đặt trên hệ nổi, để giảm tầm với và tăng sức nâng của cần trực. Để cầu lắp được thuận lợi phải bố trí các móc treo tại vị trí qui định theo tính toán trên cấu kiện. Hình 5.4 giới thiệu một số cầu tạo móc treo dầm lắp ghép. Móc treo đơn giản nhất là dùng một thanh (móc) cốt thép chôn vào bê tông như hình 5.4a. Đối với dầm có trọng lượng lớn hơn nên dùng bản thép hàn với cốt neo trong dầm như hình 5.4b. Trường hợp trọng lượng cầu lớn nữa, có thể dùng móc như hình 5.4c, gồm trực ngang 2 nối với "múp" 1, thanh kẹp 3 và trực đỡ 4. Hai thanh kẹp được bố trí đối xứng và luồn qua lỗ đã chừa sẵn trên cánh dầm.

### 5.2.2 · *Lắp dầm và bản bằng giá long môn*

Giá long môn (cần trực cổng) dùng thích hợp để lao lắp cầu dầm bê tông cốt thép nhiều nhịp, đặc biệt với cầu có chiều cao khá lớn, và nhịp dài. Cần trực long môn thông thường có sức nâng đến 650 KN. Cần trực long môn lắp bằng thanh "vạn năng" có sức nâng đến 1000 KN.



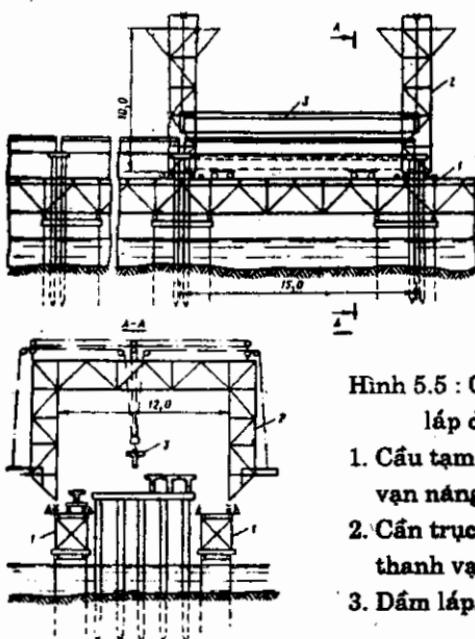
Hình 5.4 : Móc treo cầu

a. Móc bằng thép tròn ; b. Móc bằng thép bản ; c. Móc ngoài.

Cần trục loại này có nhược điểm là thời gian lắp ráp lâu, nhưng ưu điểm nổi bật là cầu lắp được cấu kiện có trọng lượng nặng, ở độ cao lớn, vì vậy được sử dụng rộng rãi trong xây dựng cầu.

Lao lắp dầm có chiều dài 18 - 21m có thể dùng một cần trục long môn. Nếu nhịp dài 24m hoặc lớn hơn phải dùng 2 cần trục để cầu lắp. Cần trục di chuyển dọc cầu bằng đường ray đặt trên bờ sông (nếu cầu thấp và địa chất tốt), hoặc di trên cầu tạm (nếu cầu cao, nền đất xấu). Kết cầu nhịp dầm vận chuyển bằng xe ga ra vị trí, được giá long môn nâng lên và vận chuyển ngang, rồi hạ xuống gối như hình 5.5.

Không được nâng tải khi cần trục long môn di chuyển. Muốn không cản trở dòng chảy, cầu tạm (giàn giáo) cho cần trục di chuyển có thể làm bằng thanh vạn năng, để



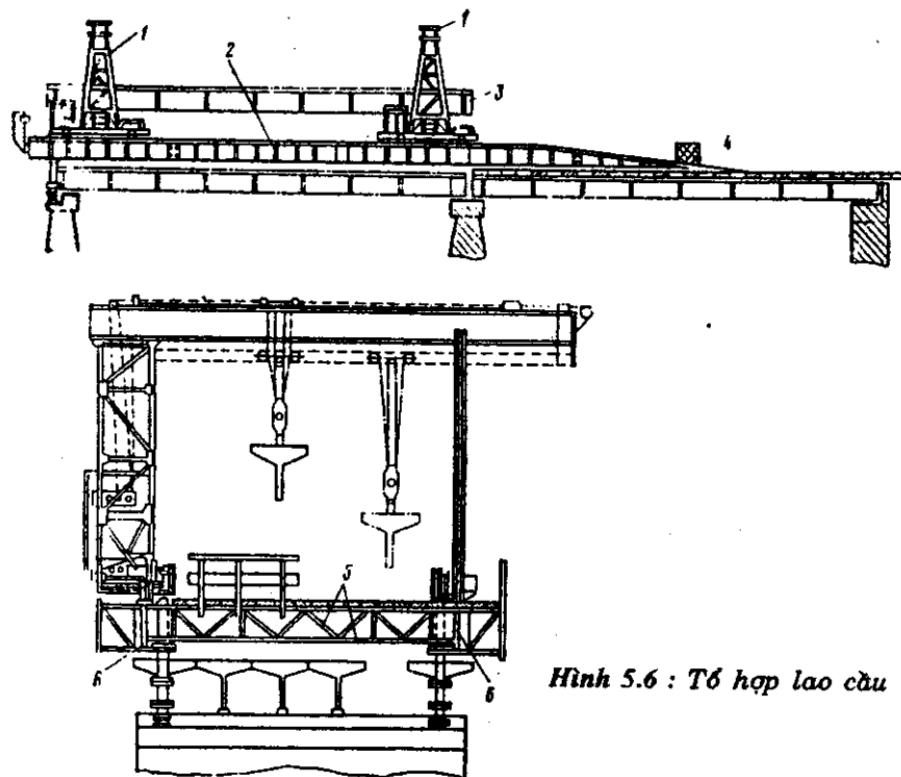
Hình 5.5 : Cầu trục long môn  
lắp dầm

1. Cầu tạm bằng thanh vạn năng;
2. Cầu trục long môn bằng thanh vạn năng;
3. Dầm lắp.

vượt nhịp dài và tiết kiệm vật liệu. Ngoài ra, khi sông sâu, đáy sông là nền đá, có thông thường đường thủy trong thời gian thi công, dùng cầu trục long môn để lao lắp, đôi khi không thích hợp, vì xây dựng cầu tạm (giàn giáo) sẽ kéo dài thời gian và tăng giá thành xây dựng cầu lên đến 20%.

### 5.2.3. Lắp dầm bằng các thiết bị tổ hợp lao cầu

Tổ hợp lao lắp cầu là một tổ hợp các thiết bị đặc biệt gồm dàn hoặc dầm dẫn, các già long môn, toa xe hoặc xe gác gác chở dầm. Hình 5.6 giới thiệu một loại tổ hợp thường dùng để lao lắp cầu dầm có nhịp dài đến 21m, với khổ đường xe chạy rộng 7m và đường người đi  $2 \times 1,5m$ . Trọng lượng mỗi phiến dầm nặng đến 240 KN.



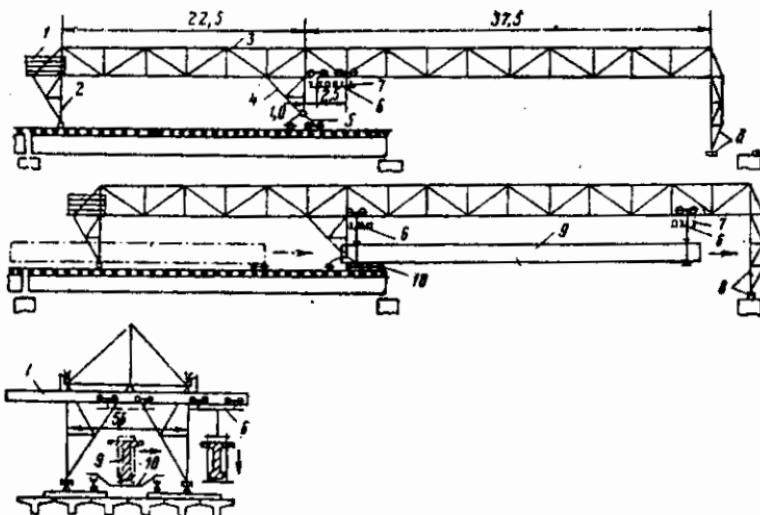
Hình 5.6 : Tổ hợp lao cầu

Tổ hợp gồm cầu dẫn (2), hai cẩu trục long môn tự hành (1) chạy bằng đường ray đặt trên cầu dẫn, có khả năng cẩu 120 KN, để nâng hạ phiến đầm (3). Đổi trọng (4) có tác dụng giữ ổn định cho cầu dẫn khi kéo về phía trước bằng tời và dây cáp. Cầu dẫn gồm hai đầm chính (6) nối với nhau bằng liên kết ngang (5).

Cẩu trục long môn đặt trên hệ bánh xe cách nhau 7,8m và 9,2m theo chiều ngang tương ứng với khoảng cách giữa 2 đầm biên. Khi đặt phiến đầm (3) lên gối cũng phải dùng 2 cẩu trục vận hành cùng một lúc. Như vậy, các phiến đầm có thể được lao dọc và sàng ngang một cách dễ dàng.

Trình tự lắp kết cầu nhịp như sau : cần trục long môn cầu dầm bêtông cốt thép và chạy dọc trên đường đầu cầu và cầu dẫn (2). Sau đó phiến được chuyển ngang và hạ xuống gối. Muốn lao nhịp tiếp theo, cầu dẫn được kéo dọc đến vị trí mới. Tổ hợp này chỉ dùng để lao lắp nhịp cầu có tổng chiều ngang các dầm chính rộng tới 8 - 9m.

Khi lao lắp kết cầu nhịp dầm có trọng lượng dưới 1000 KN có thể dùng các tổ hợp kiểu "mút thừa". Hình 5.7 giới thiệu một loại tổ hợp mút thừa để lao lắp nhịp có chiều dài tối đa là 33m, trọng lượng mỗi phiến dầm 600 KN và khoảng cách hai dầm biên là 8,7m.



Hình 5.7 : Tổ hợp kiểu mút thừa lao cầu

Tổ hợp gồm : dàn liên tục 2 nhịp (3) gối trên trụ (2) và (4). Khi làm việc dàn còn được gối lên trụ (8). Chân trụ (2) đặt trên hệ bánh xe một trục, chân trụ giữa đặt trên gioóng ba trục và do động cơ điện điều khiển di

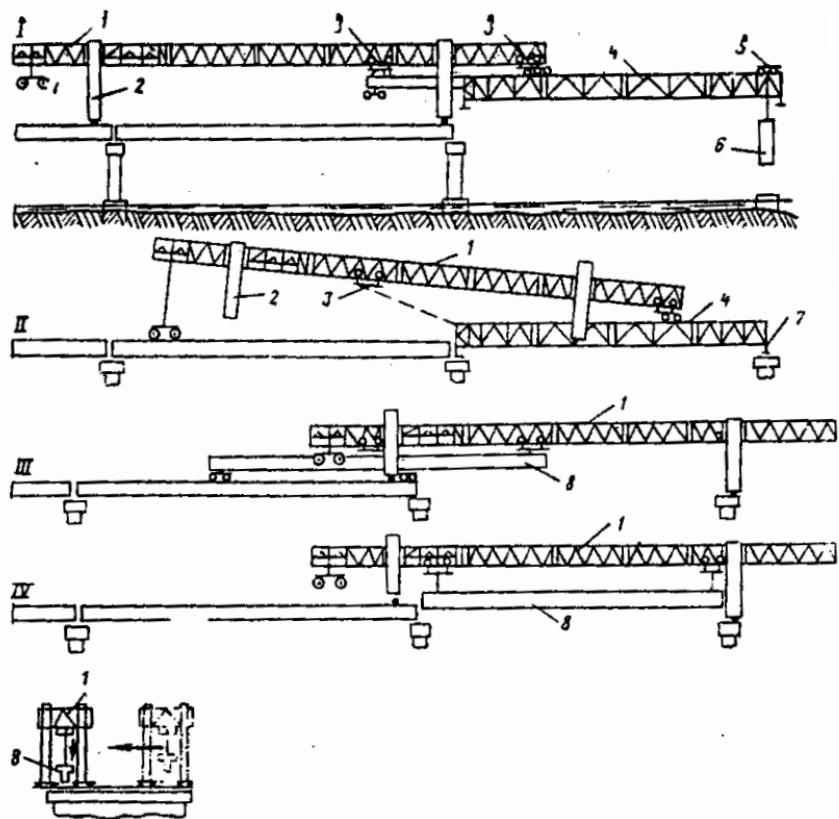
chuyển. Trụ (8) có đặt kích răng điều chỉnh độ vông của đầu dàn khi lao sang nhịp khác. Để vận chuyển phiến đầm bêtông cốt thép dọc theo dàn phải dùng 2 đầm ngang mút thừa (7). Khi phiến đầm bêtông tới vị trí, dùng rốc rách (bánh xe) và palăng xích (6) sàng ngang để hạ đầm xuống gối. Muốn dàn ổn định khi kéo sang nhịp khác, cần bố trí đặt đối trọng (1). Dầm bêtông cốt thép (9) được đặt trên xe goòng (10) để di chuyển ra trụ (4). Sau đó dùng palăng xích (6) nâng đầm và kéo về phía trước. Trụ (2) và (4) chạy trên đường ray.

Để lao lắp đầm bêtông cốt thép nhịp dài tối đa 42m, khổ cầu rộng hơn 8m, trọng lượng phiến đầm 1000 KN có thể dùng loại tổ hợp lao lắp kiểu mút thừa loại lớn. Hình 5.8 giới thiệu một loại tổ hợp lao cầu có sức cầu lớn. Cấu tạo gồm : dàn chính và dàn phụ trong đó dàn phụ làm cần mút thừa để lắp trụ cầu và làm cầu tạm để lao dàn chính đến vị trí lắp đầm bêtông cốt thép.

Các phiến đầm được nâng hạ lao dọc nhờ các hệ thống rốc rách và được sàng ngang cùng với tổ hợp. Đầm bêtông cốt thép được chở bằng xe goòng đến tổ hợp, được nâng lên, chuyển dọc rồi sàng ngang và đặt xuống gối cầu. Sau khi lắp hết các đầm trong một nhịp lại tiến hành các bước như trên cho các nhịp tiếp theo. Tổ hợp có các chân chống di chuyển được trên đường ray. Chân chống có thể quay xung quanh trục đứng, do đó có thể lao lắp được cả cầu chéo và cầu cong.

#### 5.2.4. Lao lắp kết cấu nhịp bằng đầm dẫn và giá long môn

Dùng xe goòng di trên một đầm dẫn để chở phiến đầm ra vị trí, sau đó dùng hai giá long môn đặt trên mố trụ nâng lên và sàng ngang rồi hạ phiến đầm xuống gối cầu.



*Hình 5.8 : Tổ hợp lao cầu tải trọng lớn*

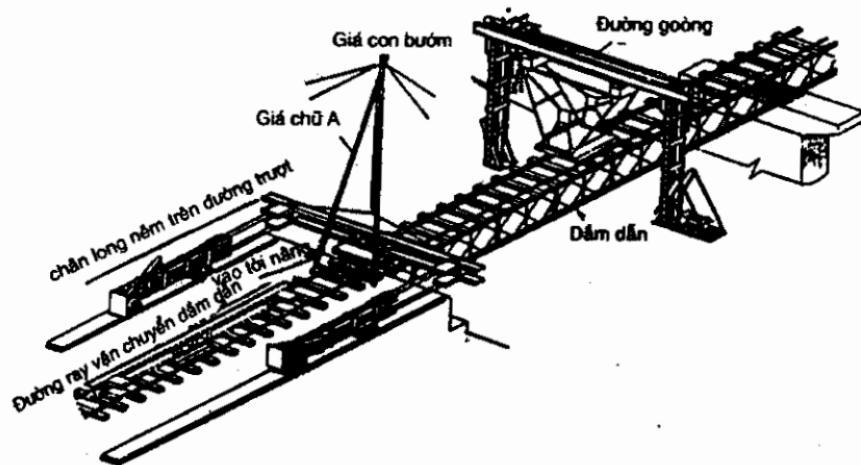
I. Lắp trụ ; II. Di chuyển già đặt dầm ;

III. Di chuyển dầm BTCT.

1. Dàn chủ ; 2. Trụ phía sau ; 3. Goòng nâng tải ;
4. Dàn phụ ; 5. Goòng nâng tải ; 6. Đặt trụ cẩu ;
7. Trụ trước dàn phu ; 8. Đặt dầm vào vị trí.

Dầm dẫn có thể làm bằng thép hình hoặc là một dàn thép gồm các thanh vạn năng hoặc các phiến dàn quân dụng Nhật, dàn Bailey ghép lại.

Lắp dầm dẫn ở đường đầu cầu, rồi dùng con lăn, đường trượt, kéo dọc ra vị trí. Giá long môn cấu tạo hoặc bằng thép hình, lắp ở đường đầu cầu, rồi dùng giá chữ A dựng lên. Sau đó dùng giá "con bướm" chạy trên dầm dẫn, đưa giá long môn đặt trên trụ cầu (Hình 5.9)

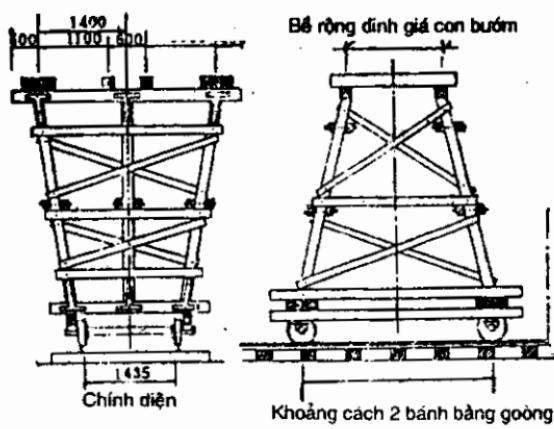
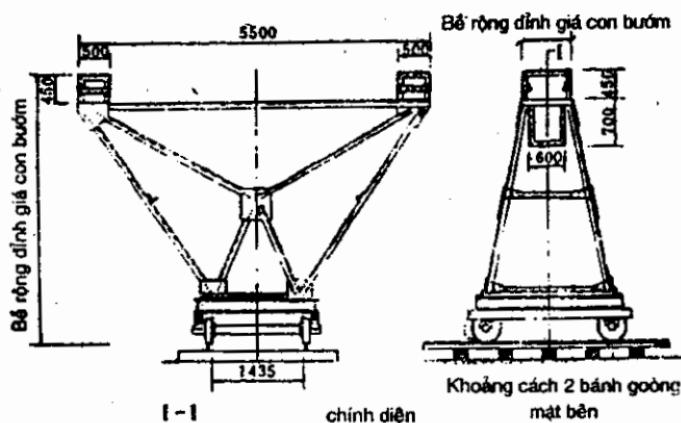


Hình 5.9 : Lắp giá long môn

Giá "con bướm" có thể làm bằng gỗ hoặc bằng thép như hình 5.10.

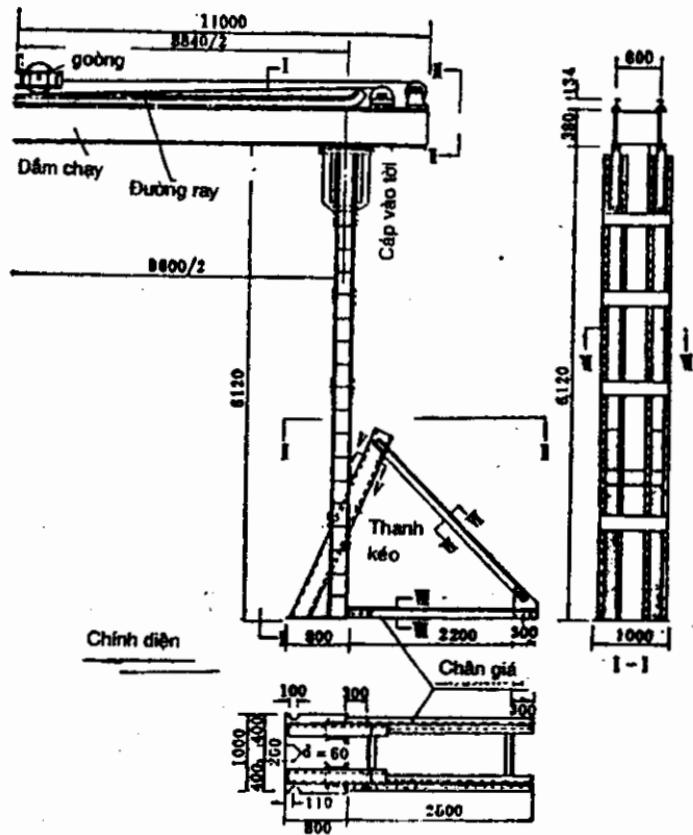
Hình 5.11 là cấu tạo giá long môn để lắp các phiến dầm tiết diện chữ T dài khoảng 20m.

Trên mặt cát ngang, vì dàn dẫn chiếm chỗ, nên phiến dầm cuối cùng được giá long môn đặt tạm lên phiến dầm đã lắp. Sau khi kéo dàn dẫn về phía trước để lao nhịp tiếp theo, giá long môn nâng dầm này lên và hạ vào vị trí.



*Hình 5.10 : Giá con bướm bằng gỗ  
và thép kích thước bằng mm*

Công việc lao lắp các nhịp tiếp theo sẽ được lắp lại các bước tương tự. Sau khi lao lắp xong phải tháo dàn dǎn và giá long môn bằng cách dùng giá long môn và giá chữ A cẩu dàn dǎn, đặt lên xe goòng để vận chuyển đi. Giá long môn được tháo dỡ nhờ giá chữ A.



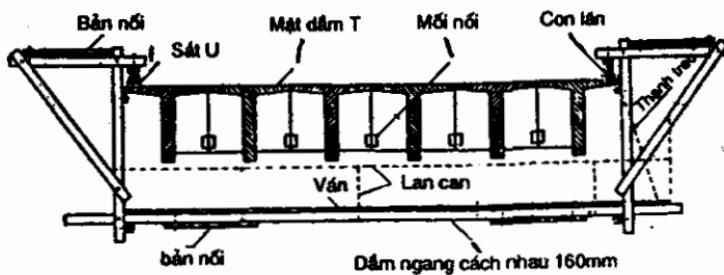
Hình 5.11 : Cấu tạo già long mòn, kích thước mm

#### 5.2.5. Liên kết các phiên bản và công tác hoàn thiện

Sau khi các phiến đầm bêtông cốt thép đã được đặt vào vị trí, cần liên kết lại thành một kết cấu chính thể. Mỗi nối có thể ở bản mặt cầu, ở đầm ngang và thường dùng cốt thép để liên kết. Sau khi nối xong tiến hành đổ bêtông. Mỗi nối cốt thép có thể dùng liên kết hàn hoặc neo. Trước khi hàn phải nắn thẳng cốt thép theo thiết kế.

Đỗ bêtông mối nối thường dùng ván khuôn treo ốp vào bản mặt cầu. Mối nối có thể bảo dưỡng bằng hơi nước nóng để bêtông nhanh chóng đạt cường độ và thông xe có thể sớm hơn.

Muốn tiến hành liên kết các mối nối ở dầm ngang phải làm giàn giáo treo bằng gỗ hoặc bằng thép như hình 5.12. Giàn giáo treo có thể di động được nhờ bánh xe chạy trên lồng thép I hoặc thép U. Như vậy có thể thi công dễ dàng tất cả các mối nối trong mọi dầm ngang của nhịp cầu.



Hình 5.12 : Giàn giáo treo di động khi liên kết dầm ngang

Sau khi các phiến dầm đã được liên kết thành một khối chật chẽ, tiến hành rải lớp đệm tam giác, tạo дốc thoát nước. Tiếp theo là đặt các khối bộ hành và lan can. Vì trọng lượng nhỏ, các khối này được chở ra vị trí bằng ôtô, rồi dùng cẩu trục bánh lốp để lắp và liên kết chật xuống bản mặt cầu. Thứ tự đặt các khối bộ hành từ đầu nhịp đến cuối nhịp. Cột lan can liên kết hàn với bản thép hoặc liên kết bằng bulông đặt trong khối bộ hành. Sau khi đặt xong phải đổ bêtông phủ bản thép hoặc bulông để bảo vệ và giữ được mỹ quan.

Thi công các công việc trên lớp mặt cầu gồm :

Đặt ống thoát nước, làm khe biến dạng, đặt tầng phòng nước, lớp bảo vệ, đặt đá via, cuối cùng phủ lớp mặt đường.

Ống thoát nước đặt vào lỗ đã chừa sẵn trên bản mặt cầu. Ống phải được đánh gi quét một lớp nhựa đường nếu cần. Lớp tạo dốc tam giác thoát nước có thể là vữa xi măng hoặc bêtông, mặt trên phải nhẵn. Sau khi làm được 2-3 ngày đêm mới cho phép đặt tầng phòng nước. Khe biến dạng phải bảo đảm làm cho mặt cầu liên tục, xe di êm thuận, (có thể dùng các bản thép cài răng lược).

### 5.3. Lao lắp cầu đầm liên tục và mút thừa

#### 5.3.1. Các phương pháp lao lắp

Cầu đầm liên tục bằng bêtông cốt thép cũng có thể lắp ghép với nhiều công nghệ khác nhau.

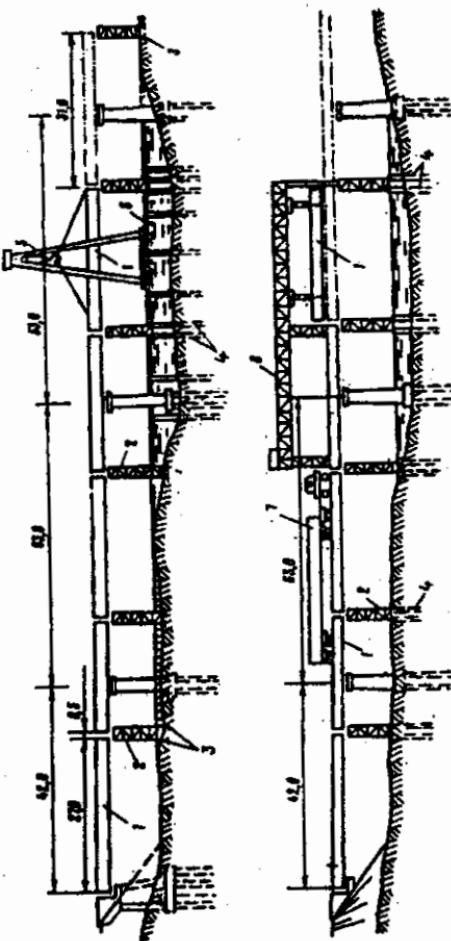
Dầm liên tục được cắt ra từng đoạn. Vị trí cắt được bố trí hoặc trên trụ, hoặc ở chỗ dầm chịu momen nhỏ nhất. Sau khi các khối dầm lao ra vị trí, phải liên kết lại thành dầm liên tục. Công tác lao dầm được tiến hành hoặc bằng cẩu trực, hoặc giá long môn và cầu tạm.

Phương pháp khác, các khúc dầm được chế tạo ở nhà máy bêtông đúc sẵn và lắp ráp trên đường đầu cầu, sau đó được lao dọc và đặt lên gối cầu bằng hệ kích đẩy thủy lực. Phương pháp thứ 3, cầu đầm liên tục được cắt ra nhiều phiến theo chiều dọc, chế tạo trực tiếp trên công trường, và lao lắp trên giàn giáo, hoặc trên hệ thống chở nổi.

### 5.3.2 - Lao lắp cầu dầm liên tục trên giàn giáo cố định

Cầu dầm bêtông cốt thép liên tục có thể chế tạo dầm và bản riêng rẽ và lắp ghép lại trên giàn giáo cố định. Khi lắp ráp có thể dùng cần cầu, giá long mòn hoặc cần trục mút thửa. Cần trục có thể di chuyển trên bãi sông hay trên cầu tạm; cũng có thể cho đi trên kết cấu đã lắp, để lao các nhịp sau, tùy theo chiều cao cầu và địa hình vị trí xây dựng. Hình 5.13 là sơ đồ lắp dầm liên tục bêtông cốt thép ứng suất trước trên các trụ tạm. Trụ tạm được lắp bằng thanh "vạn năng" và đặt trên móng cọc.

Khi lắp bằng giá long mòn, di chuyển trên nền đất và cầu tạm, khối lắp ghép trên trụ tạm và trụ cố định chỉ chịu tải trọng bản thân. Nếu lắp bằng cần trục mút thửa, cần xét thêm tải trọng của thiết bị



Hình 5.13 : Sơ đồ lắp dầm liên tục chế tạo từ các khối lớn

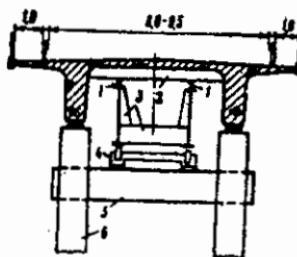
- a. Cần trục long mòn 450 KN ;
- b. Cần trục mút thửa khả năng nâng này  $2 \times 300\text{kN}$
1. Khối dầm ; 2. Trụ tạm ;
3. Xà đáy trụ tạm ;
4. Cọc trụ tạm ;
5. Cần trục long mòn ; 6. Cầu tạm ;
7. Goòng chờ dầm ;
8. Cần trục mút thửa.

lao lắp. Trong mọi giai đoạn thi công các khối dầm và trụ tạm phải đủ chịu lực. Một số bó cốt thép để liên kết các phiến dầm có thể đặt trong rãnh kín hoặc nằm ngoài kết cấu (dầm bêtông ứng suất trước căng ngoài) và chỉ kéo sau khi đã trét khe nối ngang, do đó một số mối nối ngang phải đủ rộng để đặt kích. Sau khi hoàn thiện, dầm lắp ghép được nâng lên, giải phóng trụ tạm và hạ xuống gối bằng kích thủy lực.

Nhược điểm của phương pháp xây dựng này là : khối lượng công tác lớn, chi phí lao động nhiều vì phải xây dựng trụ tạm và đổ bêtông tại chỗ với khối lượng chiếm khoảng 20-25% khối lượng nhịp. Phương pháp lao lắp này thường ít dùng ở những nước có thời tiết không thuận lợi.

### 5.3.3. Lao lắp cầu dầm liên tục trên giàn giáo di động

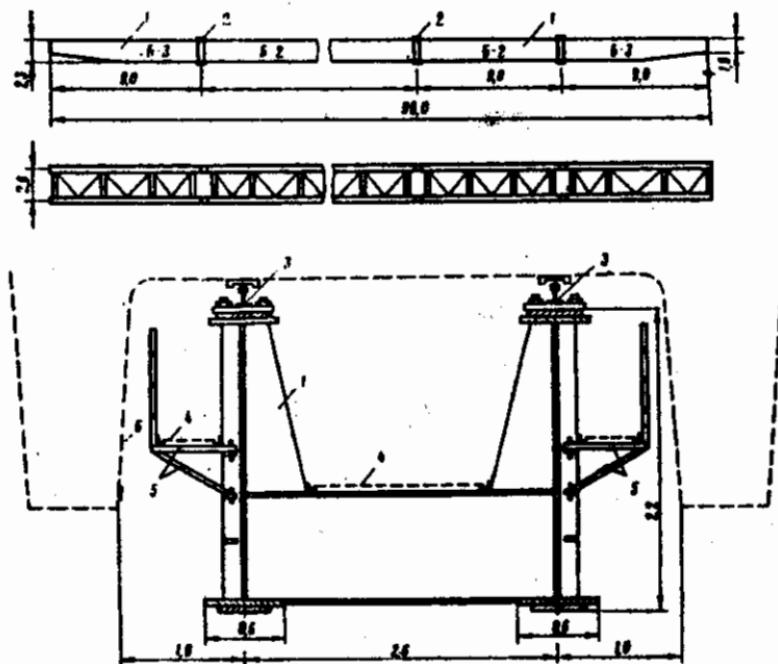
Cầu dầm liên tục trên đường ôtô và cầu thành phố được chế tạo thành từng khối lớn trong nhà máy. Các khối này vận chuyển ra công trường tiến hành lao lắp và ghép các mối nối. Khối lượng bêtông tươi để ghép các mối nối tại công trường được hạn chế đến mức tối thiểu, chỉ chiếm 3 - 4% khối lượng bêtông kết cấu nhịp. Để tăng nhanh tốc độ thi công có thể làm sẵn lớp phòng nước và lớp bảo vệ ngay trong nhà máy. Các khối lắp ghép được chế tạo với bề rộng bằng bề rộng cầu (Hình 4.14) khoảng 11-15m, bề dài của mỗi khối khoảng 3m. Trọng lượng mỗi khối từ 300 - 500 KN.



Hình 5.14 : Sơ đồ lắp dầm trên giàn giáo di động

1. Đường ray ; 2. Dầm ngang ; 3. Giàn giáo di động ; 4. Con lăn ; 5. Dầm thép đỡ giàn giáo ; 6. Trụ

Các khối đúc sẵn được lắp ráp trên nhịp bằng một dàn hoặc dầm thép tựa trên trụ mó cầu và sau đó có thể lao dọc để lắp ráp các khối dầm của nhịp tiếp theo. Sau đây giới thiệu một loại dầm thép để lắp ráp nhịp từ 33 - 63m, cầu tạo gồm hai dầm I hàn cánh rộng, chiều cao 230cm, đặt cách nhau 260cm, nối với nhau bằng các liên kết ngang và dọc (Hình 5.15).



Hình 5.15 : Mặt cắt ngang giàn giáo thép

- Khối giàn giáo ; 2. Mối nối bulong cường độ cao ; 3. Ray biên trên ; 4. Ván ; 5. Giá công tác ; 6. ; 7. Biên dưới khối lắp.

Dầm I gồm nhiều đoạn dài  $9 \div 13,5$ m, ghép với nhau bằng bulong cường độ cao. Để lắp ráp các khẩu dầm tại

nhịp, dầm I phải có chiều dài phù hợp khi lao dọc, chẵng hạn, với nhịp 33m, dầm phải dài 72m; với nhịp 42m, dầm lắp phải dài tới 90m. Phía trước có mũi dẫn để giảm độ vông của giàn giáo. Phía sau cũng kéo dài thêm để có chỗ làm việc cho công nhân. Mặt trên dầm thép có đặt đường ray với độ vông cần thiết để chống vông dưới tác dụng của tải trọng các khối lắp. Các trục lăn đặt trên trụ để di chuyển dầm thép về phía trước bằng tời và múa cáp.

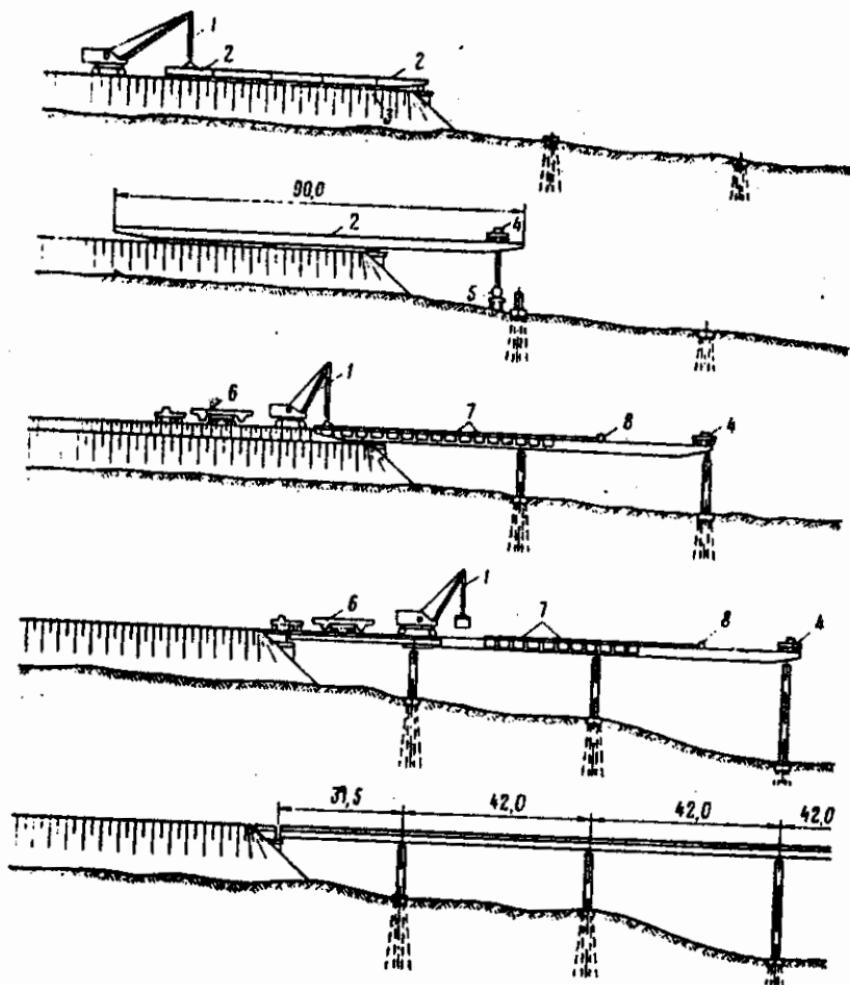
Sau khi lao dầm thép, kích thủy lực đặt trên trụ cầu hạ dầm thép vào vị trí và bắt đầu lao các khối dầm bê tông cốt thép trên ray và nối ráp ngay tại nhịp.

Mũi dẫn còn có thể dùng để cầu lắp trụ cầu. Trường hợp này mũi dẫn có xe gòòng nhỏ để nâng hạ và vận chuyển các khối trụ lắp ghép. Phương pháp này phù hợp với trụ cao. Trọng lượng cầu kiện trụ lắp ghép có thể tới 250 KN nếu nhịp chỉ dài 33m. Trường hợp nhịp dài hơn, chẵng hạn 42m, mũi dẫn chỉ có khả năng cầu được 200 KN.

Hình 5.16 giới thiệu các bước lắp ráp cầu dầm liên tục có nhịp dài 33 và 42m.

Bước thứ nhất đặt con lăn đường trượt trên nền đường đầu cầu, sau đó lắp dầm thép và đặt thanh ray trên cánh dầm để lao các khối lắp ghép nhịp và trụ cầu (nền đường chỉ đắp tới cao độ mũ mố).

Bước 2, Kéo dầm thép ra nhịp đầu tiên, kê kích trên đinh mố và lắp trụ thứ nhất. Sau khi mối nối trụ lắp ghép đạt độ cứng, dầm thép được kéo sang nhịp thứ 2 và đắp tiếp nền đường tới cao độ thiết kế, đồng thời lắp trụ 2. Lúc này dầm thép kê trên 3 điểm và bắt đầu phục vụ cho



*Hình 5.16 : Công nghệ lắp dầm liên tục  
 $31,5 + n \times 42,0 + 31,5$ m*

1. Cầu trục 600 KN ; 2. Giàn giáo ; 3. Con lăn chuyển giàn giáo ; 4. Tời nâng đặt trụ lắp ghép ; 5. Khối trụ ; 6. Khối nhịp ; 7. Khối nhịp trên giàn giáo ; 8. Tời

công tác lắp ráp các khối dầm : cần cầu lắp dần các khối lên đinh ray trên dầm thép và các khối được kéo trượt vào vị trí. Giữa các khối lắp có khe hở khoảng 20cm để thuận tiện khi phết keo. Sau đó khe dán được ép lại nhờ căng cốt thép để liên kết các khối bằng kính thủy lực. Các bước thi công như vậy cứ tiếp tục thực hiện với các trụ và nhịp. Giữa các đoạn qui định gồm nhiều khối phải bố trí các khe đặt neo có bể rộng từ 60 - 70cm để nối các bó cốt thép. Các mối nối đó thường bố trí tại tiết diện có mômen bé nhất. Sau khi lắp xong từng đoạn và căng kéo cốt thép, có thể đổ bêtông khe nối rộng đó bằng ván khuôn chuyên dùng. Công việc cuối cùng là phải bơm vữa bảo vệ bó cốt thép. Mọi công việc phụ trợ đều tiến hành trên xe treo nhẹ, di chuyển trên kết cấu nhịp.

Sau khi lắp ráp xong nhịp cuối cùng dầm thép được kéo vào nền đường đầu cầu và tháo ra thành từng đoạn chuyển di nơi khác. Đường đầu cầu sẽ đắp tiếp đến cao độ thiết kế.

Các khối lắp đã được đặt tầng phòng nước và lớp bảo vệ trong nhà máy, do vậy khi lao lắp xong, tại công trường chỉ cần đặt tầng phòng nước và lớp bảo vệ tại chỗ mối nối.

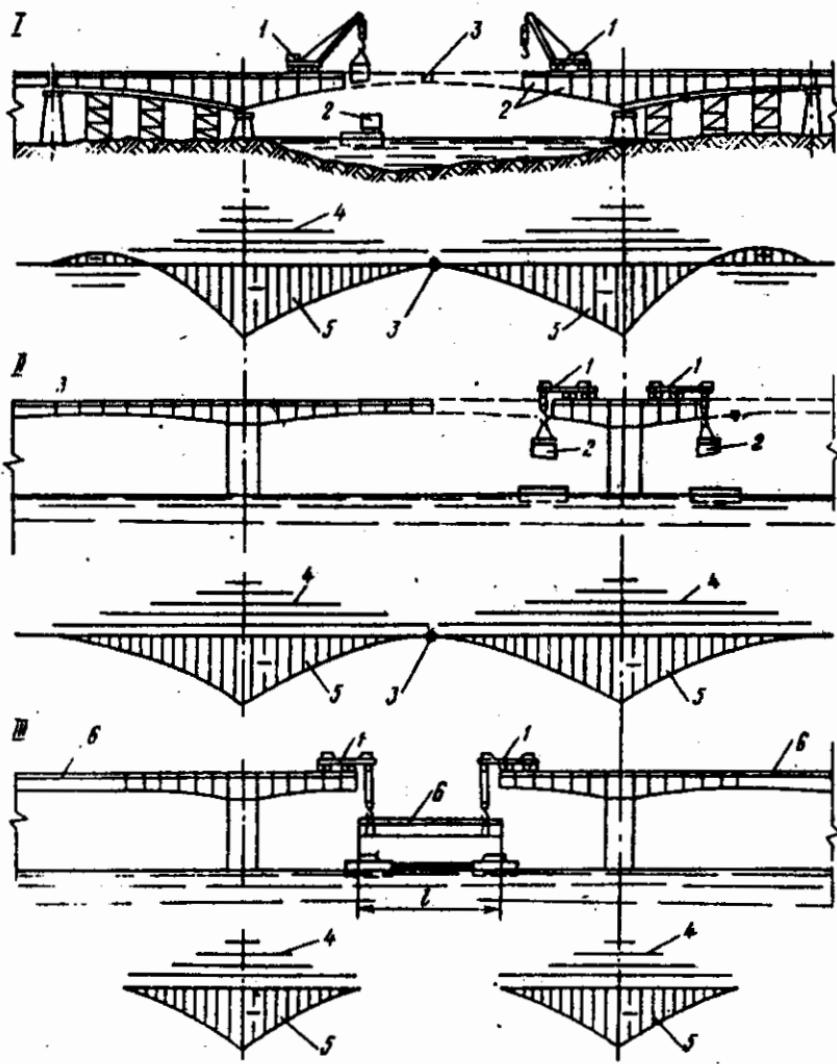
#### 5.4. Lao lắp cầu dầm bêtông cốt thép nhịp lớn

Cầu dầm bêtông cốt thép lắp ghép nhịp lớn có thể xây dựng bằng nhiều phương pháp khác nhau. Nhưng công nghệ được ứng dụng rộng rãi hơn cả là phương pháp lắp hằng. Chọn phương án thiết kế cầu tạo kết cấu nhịp và phương pháp thi công được dựa trên cơ sở so sánh kinh tế kỹ thuật có xét điều kiện cụ thể ở hiện trường và khả

năng tận dụng kỹ thuật tổng hợp những phương tiện cơ giới sẵn có.

Phương pháp lắp hằng có thể bắt đầu từ một phía với các khối lắp sẵn trên giàn giáo, hoặc lắp hằng cả 2 phía cân đối hai bên trụ cầu. Phương pháp lắp hằng đặc biệt thuận lợi đối với những kết cấu nhịp chỉ chịu lực một đầu dưới tác dụng của tải trọng khai thác cũng như lúc kết cấu nhịp chịu tải trọng bắn thân trong quá trình thi công. Đó là các loại cầu mút thừa, cầu khung chữ T, chủ yếu chịu mômen âm, với các bó cốt thép ứng suất trước bố trí tại thó trên các cánh hằng (Hình 5.17). Kết cấu nhịp được phân khối theo chiều ngang thành từng khẩu và chế tạo trong các nhà máy bêtông đúc sẵn hoặc đúc ngay tại công trường. Tùy điều kiện thực tế thi công, các khẩu dầm được vận chuyển bằng nhiều phương tiện khác nhau đến vị trí thi công và dùng cần trực tiến hành lắp ráp, đồng thời bố trí các bó cốt thép ứng suất trước vào rãnh hở hoặc ống vách kín để cảng kéo và liên kết các khối với nhau. Trong giai đoạn này cốt thép chỉ chịu tải trọng bắn thân của phần dầm đã lắp và những tải trọng tạm thời phục vụ thi công như trọng lượng giàn giáo treo, tải trọng người và các thiết bị. Phương pháp lắp hằng rất phù hợp với cầu dầm cánh T có nhịp đeo lắp ghép.

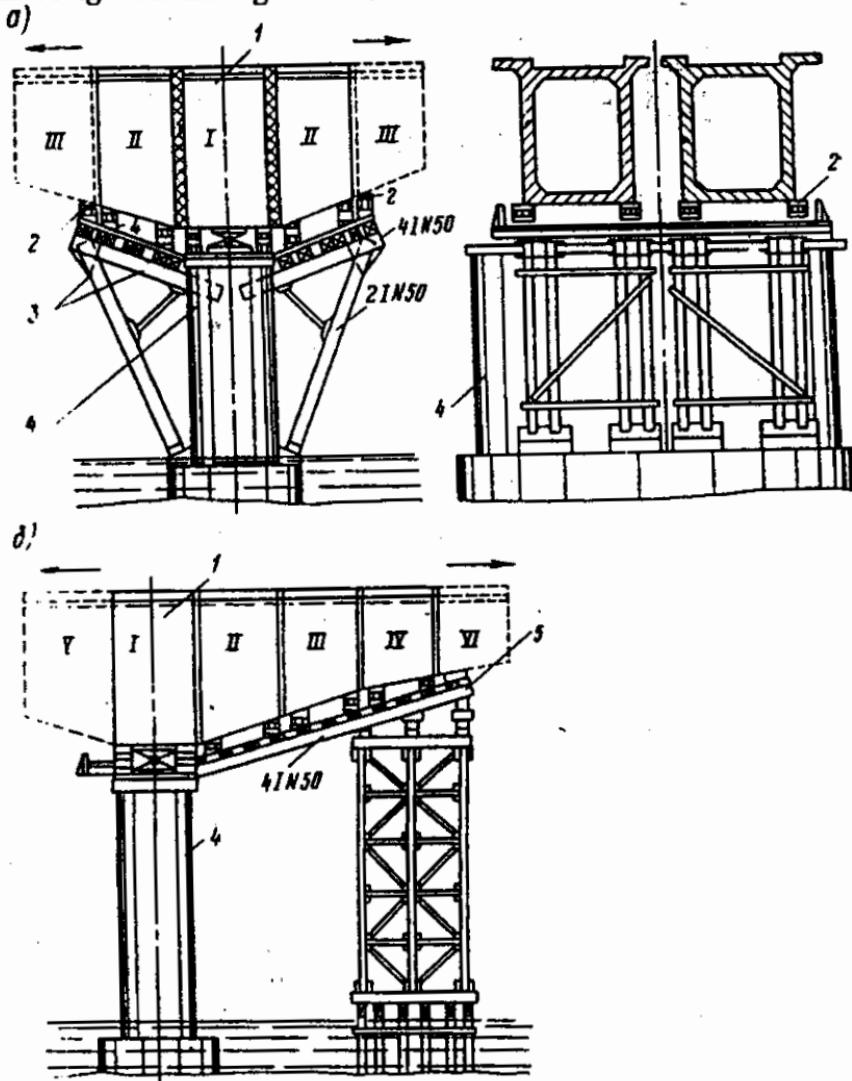
Đối với cầu nhiều nhịp, thường lắp hằng các khẩu dầm từng đôi một cân xứng 2 bên trụ cầu để tránh không gây mômen trong thân trụ. Quá trình lắp ráp phải đảm bảo ổn định trong mọi tình huống, kể cả khả năng lệch tải do khối lượng hai cánh mút thừa không cân bằng, do tải trọng gió, hoặc do đặt cần trực và các thiết bị khác trên cánh



*Hình 5.17 : Sa dỡ (I-III) Lắp móng thừa*

1. Cân trục ; 2 - Khối lắp ; 3. Vị trí hợp long ;
4. Đô bao vật liệu (thép kéo) ; 5. Biểu đồ mômen ; 6 - Dầm treo

mút thừa. Phương pháp lắp hàng đối xứng thích hợp khi thi công cầu khung chữ T.



Hình 5.18 : Trụ tạm

1. Khối định trục ; 2. Nêm ; 3. Vai đỡ tạm ;
4. Trụ cầu ; 5. Thép hình; I-VI. Thứ tự lắp các khối.

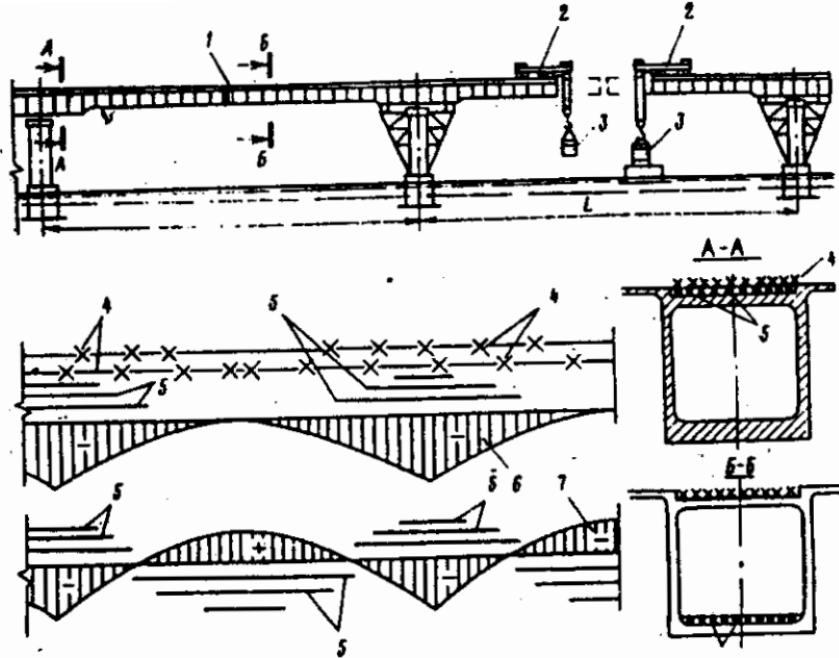
Đối với dầm mút thừa và liên tục kê trên các gối khớp tất nhiên khi lắp hằng sê gấp khó khăn phức tạp hơn. Để có thể áp dụng phương pháp lắp hằng đối xứng cần phải mở rộng đinh trụ như hình 5.18a, hoặc làm thêm trụ tạm như hình 5.18b. Kết cấu tạm sẽ chịu tải trọng các khối lắp và thiết bị tùy theo trình tự lắp ráp.

Ở nước ta phương pháp lắp hằng đối xứng đã được áp dụng để thi công ba cầu khung T có dầm đeo cho cầu Rào, cầu Niệm và cầu An Dương ở Hải Phòng.

Ở các nước khác phương pháp lắp hằng đối xứng được dùng để thi công cầu dầm liên tục, nhịp từ 84m trở lên. Phần kết cấu nhịp gần trụ vì thó trên chịu kéo nên có thể thi công bằng phương pháp lắp hằng đối xứng. Còn phần giữa nhịp, thó dưới chịu kéo, nên bố trí thành một phiến tương tự nhịp treo. Cánh mút thừa và các khối giữa sê khớp nhau bằng các bó cốt thép chịu mô men dương.

Một phương án khác lắp hằng cầu dầm liên tục được giới thiệu trên hình 5.19. Trong trường hợp này mỗi nồi bố trí giữa nhịp. Khi nối liền hai đầu cánh hằng, dầm làm việc với momen âm trên toàn bộ chiều dài nhịp. Để dầm làm việc như thiết kế phải điều chỉnh nội lực bằng các bó cốt thép căng ở phía dưới tiết diện giữa nhịp, đồng thời giải phóng các bó thi công ở phía trên tiết diện gối. Như vậy nội lực do tĩnh tải trong dầm liên tục đã được chỉnh lại trong khi "hợp long".

Khi chia kết cấu nhịp ra từng khối, người ta có thể phân theo chiều dọc hoặc chiều ngang cầu tùy thuộc khả năng phương tiện vận chuyển và cầu lắp. Xây dựng cầu



**Hình 5.19 : Sơ đồ lắp treo cầu đầm liên tục**

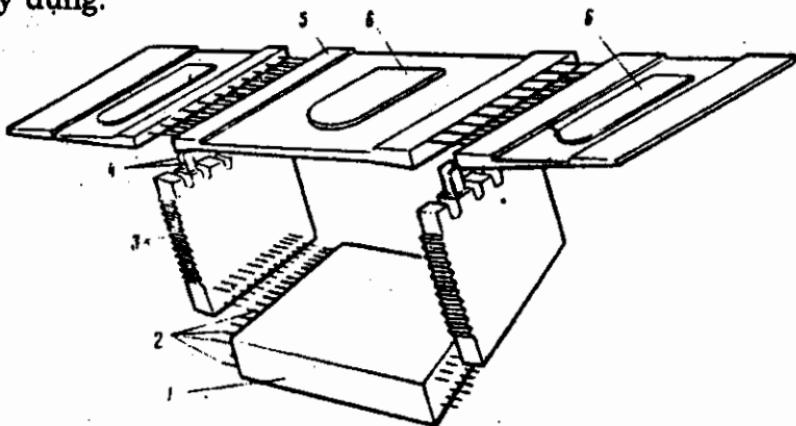
1. Mối nối ; 2. Cân trục lắp ; 3. Khối đầm ; 4. Bó thép trên ;
5. Thép kéo chính ; 6. Độ mômen điều chỉnh lực ;
7. Độ mômen sau điều chỉnh.

nhịp lớn, khối lắp ghép có thể nặng từ 150 - 1800 KN, hợp lý nhất là trọng lượng mỗi khối không lớn quá 650 KN.

Kích cỡ những cầu kiện vận chuyển phải xác định tùy theo phương tiện giao thông. Đối với cầu nhịp lớn (dài trên 100m) có tiết diện hình hộp, thường kích thước của khẩu đầm gần trụ rất lớn không thuận lợi khi vận chuyển đi xa.

Trường hợp này có thể chia khối hộp thành những cầu kiện nhỏ dạng tấm phẳng gồm : thành bên, bản trên bản dưới. Tại công trường những tấm phẳng này (Hình 5.20)

được ghép lại thành khối hộp và được cầu lắp vào vị trí. Sự lắp như vậy sẽ tổn công sức và tăng thêm chi phí xây dựng.



*Hình 5.20 : Khối hộp gồm các tấm*

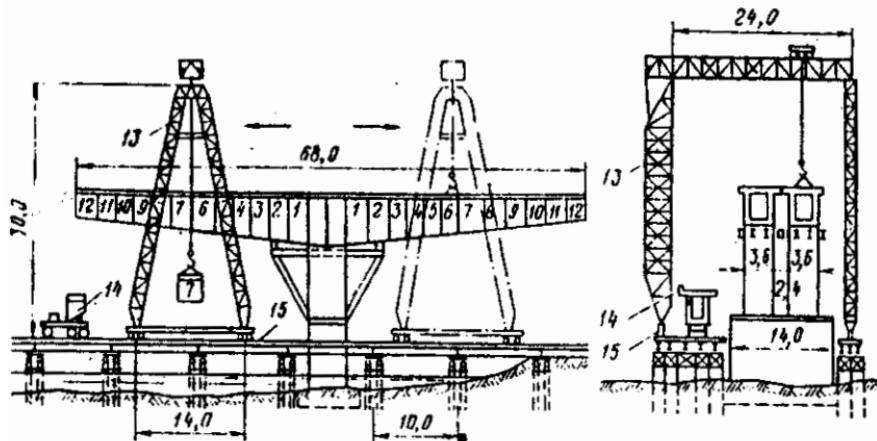
1. Bán đáy ; 2. Thép chờ ; 3. Bản đứng ;
4. Khe nối ; 5. Bản mặt ; 6. Mấu neo.

Trong khi nghiên cứu thiết kế giải pháp thi công phải tiến hành kiểm tra lại cường độ ổn định các khối dầm và trụ. Dùng phương pháp lắp hằng, nội lực xuất hiện trong quá trình thi công có khi vượt quá nội lực do tải trọng khai thác gây ra. Lúc đó yêu cầu phải gia cố dầm hoặc trụ bằng cách tăng thêm kích thước hoặc bố trí bổ sung cốt thép phụ. Ngoài ra còn phải xác định độ vông của nhịp trong quá trình lắp hằng. Độ vông của từng khâu dầm phải được chỉnh ngay, để cuối cùng sau khi hoàn công, mặt cắt dọc cầu phải đúng thiết kế. Chuyển vị thẳng đứng (độ vông) của mút thừa do tính tải, hoạt tải và các nhân tố khác gây ra. Tải trọng tác dụng có tính chất thường xuyên gồm trọng lượng bản thân kết cấu nhịp và các tinh

tải khác, cũng như các lực do căng kéo bó thép, do lún của móng trụ, do co ngót và từ biến của bê tông v.v... Hoạt tải ở đây gồm trọng lượng các thiết bị lắp ráp và vật liệu xây dựng. Độ vông tại các điểm khác nhau của cánh mút thừa dưới tác dụng tải trọng thường xuyên thường đã được tính trong lúc thiết kế cấu tạo. Độ vông do thiết bị lắp ráp và nguyên vật liệu gây ra sẽ được tính bổ sung và cụ thể trong quá trình thi công. Suốt thời gian thi công phải thường xuyên dùng máy đo đặc để kiểm tra độ vông của cánh mút thừa. Do đó trên mặt các khối lắp cần vạch trước các mốc trắc đặc phù hợp.

### 5.5. Cần trục và kỹ thuật lắp hăng

Các khẩu đầm bê tông cốt thép có thể lắp hăng bằng cần trục cổng (cần trục chân dê) hoặc cần trục nổi đi dưới cầu dọc theo chiều lắp ghép (Hình 5.21). Cũng có thể

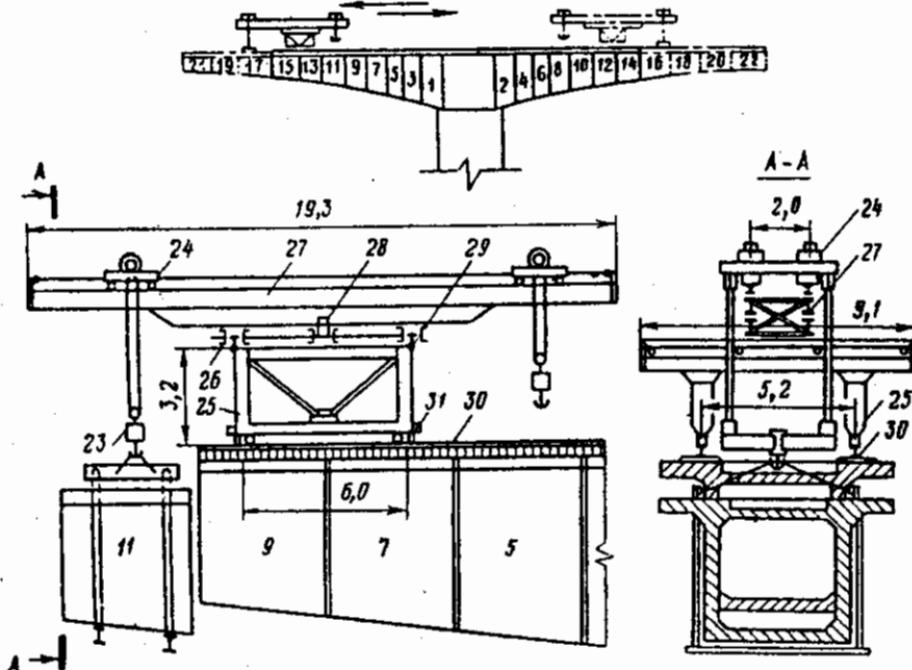


*Hình 5.21: Lắp treo bằng cần trục cổng*  
1-12 Thứ tự khối lắp ; 13. Cần trục 450 KN ;  
14. Gióng chờ ; 15. Cầu tạm

dùng cần trục có cần hoặc cầu đặc biệt, di chuyển trên mặt các khối đã ráp nối để lắp hằng các khối khác.

Cần trục cồng đi trên đường ray đặt trên bãi sông hoặc cầu tạm, có thể lắp ở độ cao đến 25m. Khi nước sông khá sâu có thể dùng cần trục Derich, cần trục tự hành, đặt trên hệ nổi, hoặc do các loại cầu nổi đặc biệt. Cần trục cồng và cần trục nổi thường chỉ lắp được các khối có trọng lượng tối đa 650 KN.

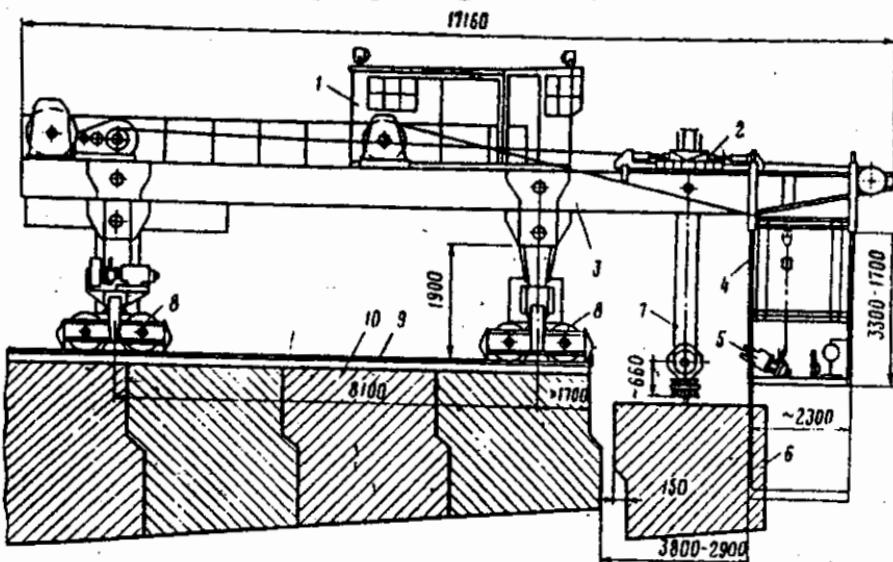
Phương pháp lắp hằng có thể dùng cần trục đặc biệt có tên là tổ hợp lắp hằng, đơn vị thi công có thể tự chế tạo được.



Hình 5.22 : Tổ hợp lắp hằng

1-22. Thủ tự khối lắp ; 23. xà nâng ; 24. Tời ; 25. Chân xe lao ; 26. Dầm ngang ; 27. Dầm mút thừa ; 28. Chốt xoay ;  
29. Đường xoay ngang ; 30. Đường dọc ; 31. Bộ phận giữ.

Hình 5.22 giới thiệu cấu tạo một loại tổ hợp lắp hăng ; gồm 2 dầm đặc mút thừa dài 19,3m, trên có xe goòng để nâng hạ khối lắp ráp. Dầm mút thừa có thể quay ngang quanh một chốt đứng. Tổ hợp có bánh xe chạy theo đường ray đặt trên các khối dã lắp. Nâng hạ các khối dầm bằng tời và di chuyển cả tổ hợp bằng mô tơ điện. Trọng lượng cả tổ hợp nặng 400 KN và được đặt lên đinh trụ bằng cần trục nổi có sức nâng 450 KN. Đinh trụ phải đủ rộng (7m) để đặt tổ hợp lắp hăng loại này.



Hình 5.23 : Tổ hợp lắp hăng kiểu cổng

1. Bàn điều khiển ; 2. Kích thủy lực ; 3. Xe lao CM65 ; 4. Dàn giáo treo ; 5. Vị trí kích ; 6. Khối dầm ; 7. Ba lăng xích ; 8. Xe tự hành ; 9. Đường cẩu trục ; 10. Cánh mút thừa.

Hình 5.23 giới thiệu cấu tạo một kiểu tổ hợp khác dạng cổng, có bánh xe chạy trên đường ray. Trên đỉnh cổng có khung dầm mút thừa dài 17,2m. Đầu mút thừa đặt tời

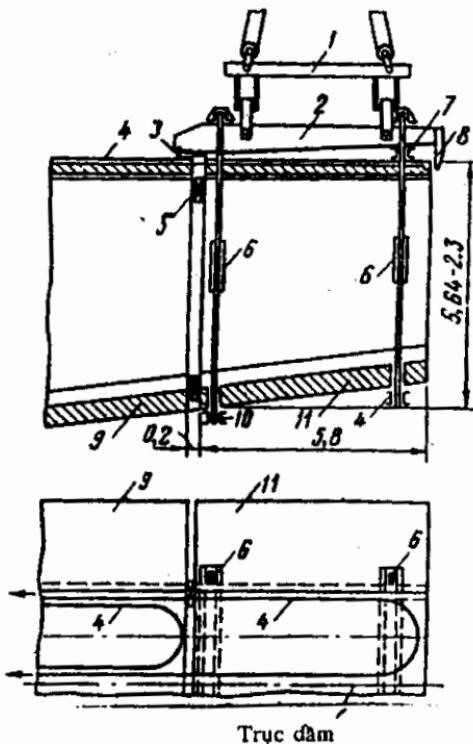
nặng hạ và giá treo, còn đầu kia đặt đối trọng. Toàn bộ trọng lượng tổ hợp nặng tới 700 KN và có thể lắp được nhịp dài trên 100m (đến 160m). Bề rộng mặt trên khối hộp phải lớn hơn 4m. Bề rộng đinh trụ cầu phải rộng 5m để đủ chỗ lắp tổ hợp.

Phương pháp lắp hằng cầu bêtông cốt thép gồm các thao tác công nghệ sau : Vận chuyển các khối đến dưới cần trục, nâng và ráp các khối vào vị trí, liên kết các mối nối ngang, luồn và căng kéo bó cốt thép, nhồi bêtông hoặc bơm vữa vào ống cốt thép và bảo dưỡng. Nội dung thực hiện các thao tác đó tùy thuộc vào đặc điểm kết cấu, điều kiện thi công, trang thiết bị và thời hạn xây dựng cầu.

Ở trên cạn các khối được vận chuyển bằng xe gôòng. Vận chuyển trên sông bằng xà lan hoặc phao chế tạo sẵn, sau đó dùng cần trục nâng lên và đưa vào vị trí (Hình 5.24) để liên kết.

Mỗi nối ướt giữa các khối rộng từ 2 đến 3cm. Để bảo đảm bề rộng mối nối chính xác, khối lắp được treo vào dầm hằng bằng thép hình, một đầu liên kết với khối bêtông đã lắp trước (Hình 5.25), một đầu treo khối lắp bằng bulong và giữ đến khi vừa ximăng ở mối nối đạt cường độ, sau đó luồn và căng bó cốt thép dọc.

Trường hợp mối nối bằng keo dán, sau khi cầu tới độ cao, gần vị trí thiết kế, mặt tiếp xúc được quét đều một lớp keo rồi dùng thiết bị đặc biệt ép chặt vào khối đã lắp, đặc biệt lưu ý phần dưới tiết diện. Liên kết bằng keo dán sẽ chắc chắn, nhanh gọn và ít khăn hơn so với mối nối bằng bêtông tươi.

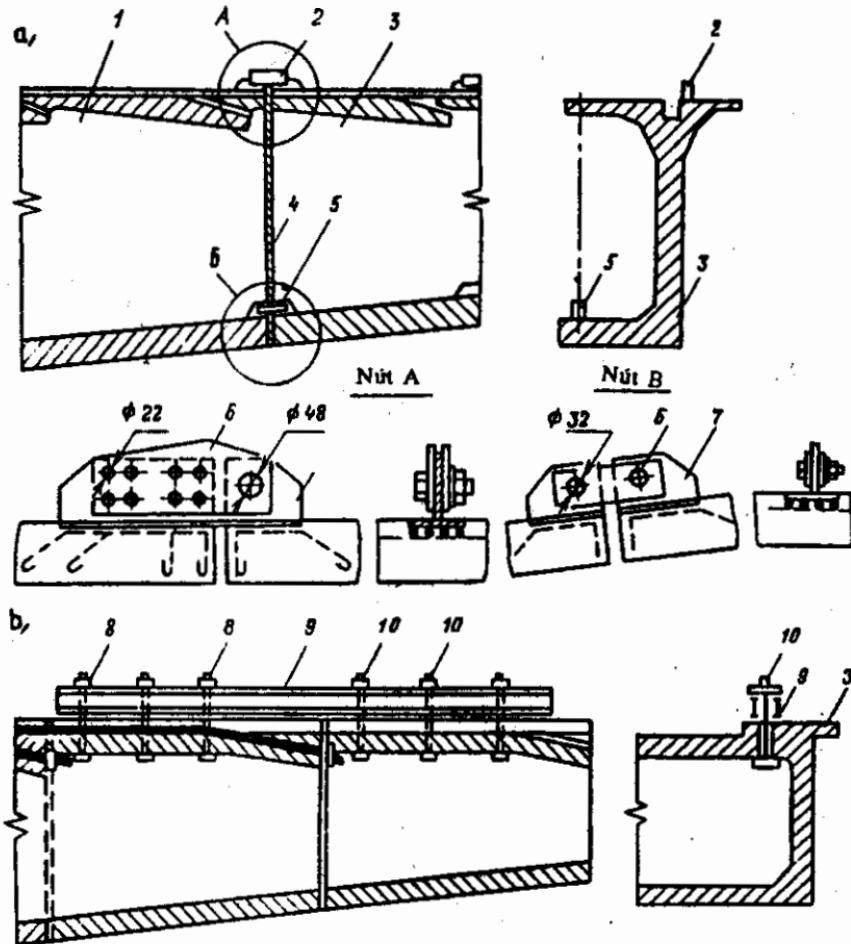


Trục dầm

**Hình 5.24 : Liên kết các khối**

1. Balang và đòn nâng ; 2. Dầm mút thừa ; 3. Bản thép điều chỉnh ; 4. Thép UST ; 5. Dụm BTCT giữ bê tông mối nối ; 6. Bản chịu kéo ; 7. Đòn ngang ; 8. Bản giữ vị trí khối ; 9. Khối đã lắp ; 10. Dầm đỡ dưới ; 11. Khối lắp.

Muốn cho mặt tiếp xúc giữa các khối lắp chính xác và chặt chẽ cần bố trí các chốt định vị ở mặt tiếp xúc để chịu tải trọng tác dụng từ khi bắt đầu ráp mối cho tới lúc keo dán chịu lực. Các tấm thép định vị này được đặt trước trong quá trình đúc các khối dầm và ứng với mỗi khe nối cần gắn tại 4 điểm. Như vậy mỗi khối đúc sẵn gồm 4 tấm thép định vị ở bản đinh và 4 tấm ở bản đáy.



Hình 5.25 : Mối liên kết các khối

a. Bằng mặt bích ; b. Bằng đầm phu.

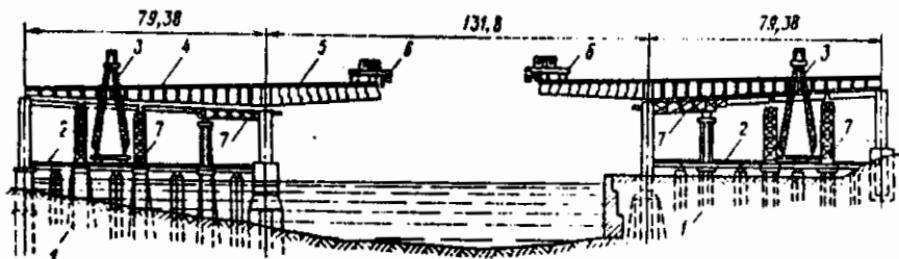
1. Khối đã lắp ; 2. Mặt bích trên ; 3. Khối đang lắp ; 4. Mối nối ; 5. Mặt bích dưới ; 6. Bản liên kết ; 7. Bộ phận liên kết mặt bích ; 8. Neo bulong ; 9. Đầm thép ; 10. Bulong.

Khi ráp nối dùng bản nối và bulong tinh chế để chốt. Phương pháp lắp hằng thường dùng các bó cốt thép cường độ cao đặt trong rãnh hở hoặc ống kín. Với bó cốt thép

sợi song song có thể dùng neo kiểu khói (đầu neo) sẽ hiệu quả hơn. Với bó cáp xoắn, nên căng kéo đồng thời cả hai đầu và dùng neo kiểu chốt ma sát (cốc neo).

### 5.6. Phương pháp lắp trên giàn giáo

Trong phương án này các khối đầm bêtông cốt thép được lắp ngay tại nhịp. Muốn vậy phải làm giàn giáo và vận chuyển các khối tới vị trí lắp. Phương án này thường được dùng khi xây dựng giàn giáo không gặp khó khăn chẳng hạn đất nền tốt, sông không có thông thương hoặc mật độ thông thương ít. Đối với những nhịp giữa sông hoặc cầu nhịp lớn, dùng giàn giáo thi công thường rất phức tạp. Vì vậy việc lắp trên giàn giáo chỉ thích hợp cho các nhịp ở hai bờ sông hoặc trên cạn (Hình 5.26).

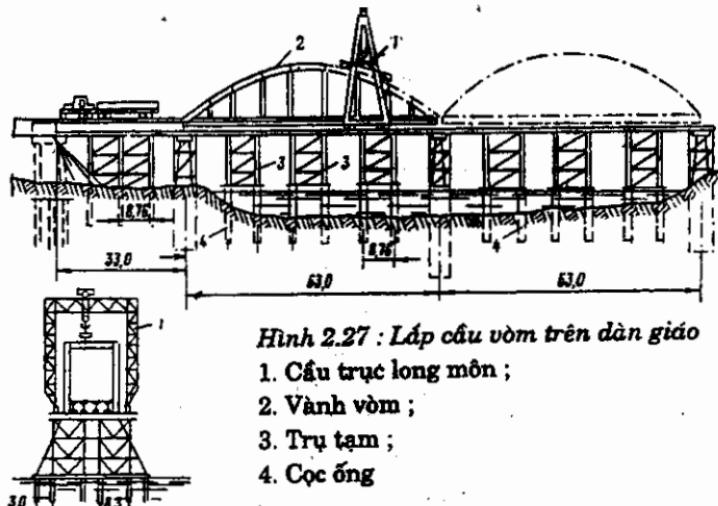


Hình 5.26 : Lắp kiểu mút thừa

1. Cọc ; 2. Cầu tạm ; 3. Cân trục long môn ;
4. Neo mút thừa ; 5. Mút thừa trong sông ;
6. Xe lao ; 7. Giàn giáo bằng thanh vạn năng.

Để lắp ráp các khối phải dùng cần trục đi trên cầu tạm (các khối của nhịp giữa sông dùng các phương tiện khác để lắp). Vận chuyển các khối trong bờ bằng đường giao thông, các khối ở giữa sông vận chuyển bằng chở nổi.

Trong điều kiện thuận lợi, có thể dùng giàn giáo "đặc" (Hình 5.27), chẳng hạn để thi công cầu vòm liên hợp lắp ghép có đường xe chạy dưới người ta đã dùng càn trục cống để lắp các bộ phận và cầu kiện đúc sẵn. Càn trục cống chạy trên giàn giáo. Do đó sơ đồ cấu tạo của giàn giáo phụ thuộc kích thước và trọng lượng khối lắp và thiết bị. Biến dạng của giàn giáo dưới tác dụng của tải trọng thi công là khá lớn, đôi khi khó xác định được, vì vậy thường chọn kết cấu giàn giáo có sơ đồ tĩnh định.



Hình 2.27 : Lắp cầu vòm trên dàn giáo

1. Cầu trục long môn ;
2. Vành vòm ;
3. Trụ tạm ;
4. Cọc ống

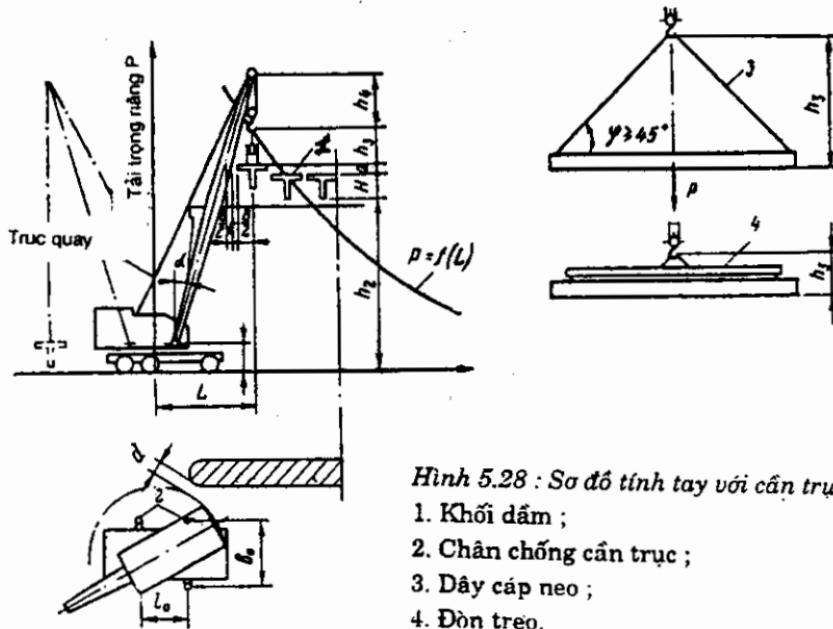
Giàn giáo và trụ tạm thường làm bằng các thanh hoặc dầm thép chế tạo sẵn (kể cả dầm quân dụng) đặt trên bệ móng (rọ đá xếp) hoặc trên nền cọc.

## 5.7. Tính toán kết cấu phụ trong thi công

### 5.7.1. Chọn các thông số của càn trục

Chọn càn trục thường căn cứ vào trọng lượng, kích thước khối lắp, chiều dài tâm với và chiều cao cần thiết.

Cần trục sẽ làm việc tốt nhất khi tay với nhau, lúc đó khả năng nâng tải của cần trục sẽ lớn. Độ hở giữa khói lắp và cần được xác định như sau :



Hình 5.28 : Sơ đồ tính tay với cần trục  
 1. Khối dầm ;  
 2. Chân chống cần trục ;  
 3. Dây cáp neo ;  
 4. Đòn treo.

$$C = (h_3 + h_4) \operatorname{tg} \alpha - \frac{B + b}{2} \geq [C]$$

trong đó : C - độ hở giữa dầm và đường tê cần trục ;

[C] - Độ hở cho phép bằng 0,2cm ;

$h_3$  - Chiều cao buộc dây cáp để treo dầm ;

$h_4$  - Khoảng cách từ móc treo đến tâm của ròng rọc cố định trên đỉnh cần ; ( $h_{4\min}$  phụ thuộc cấu tạo cần trục, giới hạn từ 2 - 5m).

Ký hiệu khác xem trên hình 5.28.

Chiều cao  $h_3$  phụ thuộc vào cách treo và đàm gánh (Hình 5.28).

Nếu điều kiện  $C > [C]$  không thỏa mãn, khi cần trục làm việc thì phải tảng tay với hoặc chiều dài cần và khoảng cách  $h_4$  min.

Chiều dài tầm với xác định :

$$l = \sqrt{(H + a + h_3 + h_4 - h_1)^2 + L^2}$$

trong đó :

$h_1$  - Chiều cao từ mặt đường đến khớp chân cần trục (với đa số cần trục, chiều cao này bằng 2m).

Khi chọn cần trục, cần dựa vào đồ thị  $P = f(L)$ .

Chọn cần trục phải xác định được độ hở  $d$  giữa thành trụ cầu và quỹ đạo di chuyển xa nhất từ trục của bệ quay cần trục. Khoảng cách này không nhỏ hơn 0,5m để bảo đảm an toàn.

Xác định tầm với của cần trục như sau (Hình 5.29)

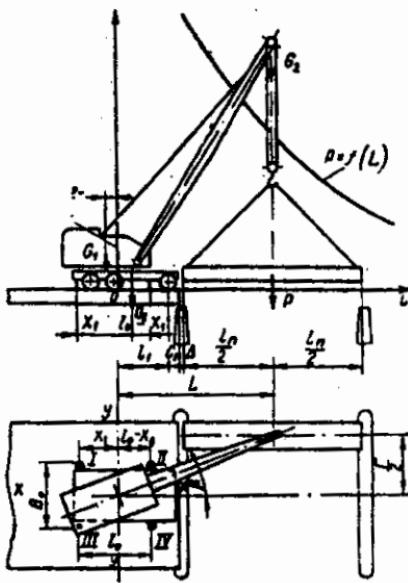
$$L = \sqrt{\left(l_1 + C_1 + \Delta + \frac{l_1}{2}\right)^2 + \left(\frac{K}{2}\right)^2}$$

trong đó :

$K$  - Khoảng cách giữa tâm hai đàm biên ;

$l_1$  - Khoảng cách từ tâm quay của cần trục đến tâm bánh xe trước ;

$C_1$  - Khoảng cách nhỏ nhất từ tâm bánh xe trước đến đầu đàm, lấy bằng 1m để an toàn ;



Hình 5.29 : Sơ đồ tay với cần trục

$\Delta$  - Khe hở giữa 2 đầu đầm của 2 nhịp kề nhau ;

$l$  - Chiều dài đầm lắp.

Từ chiều dài tầm với ( $L$ ) đã tính, tra biểu đồ tìm được khả năng cầu, so với trọng lượng phiến đầm và rút ra kết luận.

Khi cần trục làm việc, tính được áp lực tại chân đỡ (hoặc bánh xe, bánh xích) của cần trục. Dùng phản lực này để tính kết cấu đỡ cần trục (giàn giáo hay cầu tạm). Thông thường xác định trị số áp lực này khi tim của tay với (cần) và tim dọc của bệ tạo một góc  $\beta$  (Hình 5.29) tức là khi cần xoay một góc  $\beta$ .

Trọng lượng của cần một nửa truyền về khớp, một nửa truyền lên đầu cần trực.

Tải trọng thẳng đứng tác dụng tại trực quay của cần trực:

$$N = G_1 + G_2 + P .$$

Mômen các lực thẳng đứng đối với tâm quay :

$$M = G_1 e - (G_2 + P)L ,$$

trong đó :

$G_1$  - Trọng lượng phần quay của cần trực bao gồm cả một nửa trọng lượng cần ;

$G_2$  - Trọng lượng hệ múp đầu cần và một nửa trọng lượng cần ;

$e$  - Khoảng cách từ trọng tâm phần quay đến trực quay.

Phân tích mômen  $M$  thành  $M_x$  và  $M_y$  trong hai mặt phẳng theo trực dọc và ngang, ta có :

$$M_x = M \cos \beta \quad M_y = M \sin \beta$$

Từ  $N$ ,  $M_x$ ,  $M_y$  và trọng lượng bệ xe  $G_3$  (phần không quay), có thể tính được phản lực  $R_1$  tại chân đỡ (Hình 5.29).

$$R_1 = \frac{N(l_o - x)}{2l_o} + \frac{G_3(l_o - x_1)}{2l_o} - \frac{2M_x + N(2x - l_o)}{4l_o} + \frac{M_y(l_o - x)}{B_o l_o} ;$$

$$R_2 = \frac{Nx}{2l_o} + \frac{G_3 x_1}{2l_o} + \frac{2M_x + N(2x - l_o)}{4l_o} + \frac{M_y x}{B_o l_o} ;$$

$$R_3 = \frac{N(l_o - x)}{2l_o} + \frac{G_3(l_o - x_1)}{2l_o}$$

$$- \frac{2M_x + N(2x - l_o)}{4l_o} - \frac{M_y(l_o - x)}{B_o J_o};$$

$$R_4 = \frac{Nx}{2l_o} + \frac{G_3 x_1}{2l_o}$$

$$+ \frac{2M_x + N(2x - l_o)}{4l_o} - \frac{M_y \cdot x}{B_o J_o},$$

trong đó :

$x$  và  $(l_o - x)$  - Khoảng cách từ chân đỡ đến trục quay của cần trục ;

$x_1$  và  $(l_o - x_1)$  - Khoảng cách từ chân đỡ đến trọng tâm bệ xe.

Phản lực lớn nhất tại chân đỡ  $R_i$  tương ứng với góc quay  $\beta$  được xác định theo điều kiện  $\frac{dR_i}{d\beta} = 0$

Chẳng hạn, tại chân đỡ số 1 (Hình 5.29) ta có :

$$\frac{dR_1}{d\beta} = \frac{M \sin \beta}{2l_o} + \frac{M \cos \beta (l_o - x)}{B_o J_o} = 0$$

$$\text{Từ đó rút ra : } \beta = \arctg \frac{2l_o (l_o - x)}{B_o J_o}$$

Tương tự xác định  $\beta$  để tìm phản lực lớn nhất ở các chân đỡ khác.

Tại một chân nào đó có thể xuất hiện sự quá tải do lực quán tính của bộ phận quay. Tuy nhiên, trị số quá tải không lớn, nên có thể bỏ qua.

Hợp lực gió ngang  $W_1$  tác dụng lên cần trục sẽ gây ra mômen  $M_{wy}$  trong mặt phẳng đứng song song với trục y - y.

$$M_{wy} = W_1 \cdot h_1$$

Hợp lực gió dọc  $W_2$  tác dụng lên cần trục, gây ra mômen  $M_{wx}$  trong mặt phẳng song song với trục x - x.

$$M_{wx} = W_2 \cdot h_2$$

Trong đó :  $h_1$  và  $h_2$  là khoảng cách từ hợp lực  $W_1, W_2$  đến chân đỡ.

Mômen  $M_{wy}, M_{wx}$  sẽ gây ra các phản lực phụ  $R_{iw}$  ở chân đỡ, xác định tương tự như đối với mômen  $M_x$  và  $M_y$ . Trường hợp cần trục bánh xích, áp lực lên đai xích (Hình 5.30) tính theo biểu đồ xác định bởi phương pháp nén lệch tâm.

Tung độ áp lực ở hai mép ngoài đai xích, tính theo công thức :

$$P_i = \frac{N}{2l_0} \pm \frac{3M_x}{l_0^2} \pm \frac{M_y}{B_0 l_0}$$

trong đó :  $l_0$  - chiều dài đai xích ;

$B_0$  - khoảng cách giữa tim 2 đai xích ;

$$i = (1 \div 4)$$

Dấu trước các số hạng lấy tùy theo vị trí quay của cần.

Muốn tìm áp lực lớn nhất ở mép ngoài đai xích phải  
tìm góc xoay :  $\beta = \arctg \frac{l_0}{3B_0}$

Từ áp lực đã biết kiểm tra khả năng chịu tải của đầm bêtông cốt thép khi cần trục đi trên đầm. Trường hợp này đầm bêtông cốt thép được tính giống như với tải trọng khai thác. Trường hợp cần trục đi trên giàn giáo, dùng áp lực này để tính toán giàn giáo hoặc đất nền dưới cần trục khi đang hoạt động.

### 5.7.2. Tính dây cáp treo đầm bêtông

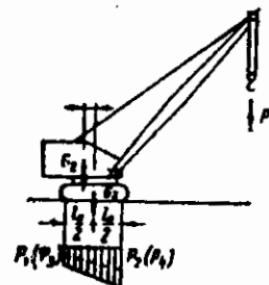
Dây cáp và đầm gánh chịu tải trọng bản thân và trọng lượng vật nâng. Ngoài hệ số vượt tải, trọng lượng bản thân và trọng lượng vật nâng còn phải xét thêm hệ số xung kích  $(1 + \mu) = 1,1$ . Hơn nữa, cần phải tính lực gió tác dụng vào vật nâng và đầm gánh.

Khi tính kiểm tra lại đầm bêtông cốt thép lúc lao lắp, phải kể trọng lượng bản thân với hệ số vượt tải n và hệ số xung kích  $(1 + \mu)$  và lực gió ngang W. Sơ đồ tính dây cáp và đầm gánh vẽ trên hình 5.31.

Khi dùng dây cáp mềm bằng thép, ta tính theo công thức :

$$\frac{R_k}{S} > K ; \quad S = P_n (1 + \mu) \frac{\cos \varphi}{n_c}$$

Trong đó :  $R_k$  - Lực kéo dứt dây cáp ;



Hình 5.30 : Áp lực dai xích.

K - hệ số an toàn ( $K = 6$  đối với cáp buộc) ;

S - lực trong dây cáp ;

$n_c$  - số nhánh buộc ;

$\varphi$  - góc nghiêng dây cáp so với mặt ngang.

Dầm gánh vừa chịu nén, vừa chịu uốn, trong mặt phẳng đứng và mặt phẳng ngang. Dầm gánh cũng phải được duyệt cường độ và ổn định.

Dầm gánh đồng thời chịu mômen trên cả chiều dài và chịu nén dọc trong đoạn a (Hình 5.31) khoảng cách giữa hai móc treo.

Điều kiện về cường độ (bending)

$$\frac{M}{W_o} \leq R_u$$

Trong đoạn a :

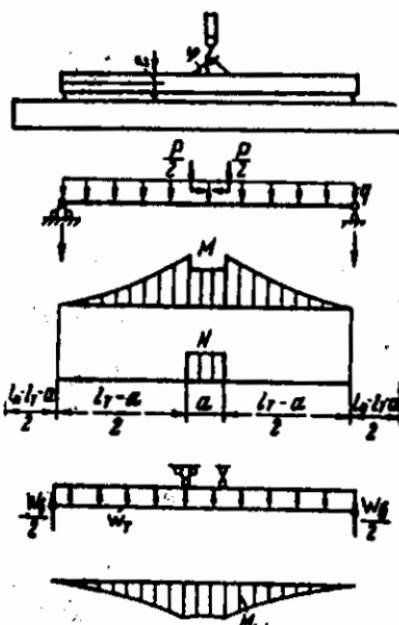
$$\frac{N}{F_o} + \frac{M}{W_o} \leq R$$

Khi  $R = R_o$

$$\text{thì } \frac{N}{F_o} > \frac{M}{W_o}$$

và khi  $R = R_u$  thì :

$$\frac{N}{F_o} < \frac{M}{W_o}$$



Hình 5.31 : Sơ đồ tính  
và biểu đồ  $M$ ,  $N$  và  $M_w$ .

Điều kiện ổn định uốn phẳng đầm gánh có thể thay bằng điều kiện ổn định của biên chịu nén như một thanh chiều dài  $l_t$  (bên dưới chịu nén) hai đầu liên kết khớp. Lực nén  $N_1$  trong biên đầm gánh tính theo công thức :

$$N_1 = \frac{M}{h}$$

Trong đó :  $M$  - Mômen uốn lớn nhất trong đầm gánh ;

$h$  : Khoảng cách giữa trọng tâm của hai biên;

Lực gió ngang tác dụng vào đầm gánh bằng :

Lực tập trung :  $W_s = \Omega W_o$

Lực phân bố :  $W_T = h_T \cdot W_o$

Trong đó :

$\Omega$  - Diện tích hứng gió của đầm gánh ;

$W_o$  - Cường độ gió lấy bằng  $25 \text{ daN/m}^2$ ;

$h_T$  - Chiều cao đầm gánh ;

Khi cầu đầm bêtông cốt thép, chiều dài mỗi đầu mút thừa bằng (Hình 5.31):

$$\frac{1}{2} (l_n - l_T - a)$$

Khi không dùng đầm gánh, đầm bêtông sẽ chịu lực nén dọc  $N = \frac{P}{2} \cos \varphi$  và mômen uốn  $M = N \cdot e$ , trong đó :

$e$  - Độ lệch tâm của lực đối với trọng tâm tiết diện đầm bêtông. ( $N$  và  $M$  đã kể đến trọng lượng bản thân đầm). Nếu là đầm bêtông ứng suất trước còn phải xét thêm lực căng cốt thép trong đầm. Nếu tăng chiều dài

mút thừa thì dễ buộc và lực trong đầm gánh sẽ giảm, nhưng trong đầm bêtông cốt thép mômen âm sẽ tăng và biến trên đầm xuất hiện ứng suất kéo như vậy rất nguy hiểm đối với đầm bêtông cốt thép ứng suất trước.

### 5.7.3. Tính toán đường cầu trục

Đường cầu trục là cầu tạm (giàn giáo) chịu tải trọng bản thân, trọng lượng cầu trục, lực gió (ngang và dọc) tác dụng lên cầu tạm và cầu trục, trọng lượng vật cầu. Tổ hợp lực chính cầu tạm chịu là trọng lượng cầu trục, trọng lượng vật cầu, lực quán tính khi cầu trục làm việc, dùng làm việc và của bánh xe. Tổ hợp lực phụ, ngoài lực chính còn kể thêm ảnh hưởng chân xích của cầu trục cũng như chấn di động khi cầu trục chuyển động.

Trọng lượng bản thân cầu trục không kể trọng lượng xe goòng được xem như phân cho mỗi bánh xe khác nhau tùy theo chân cứng và chân mềm. Nếu không có số liệu, có thể coi 55% trọng lượng cầu trục truyền vào chân cứng và 45% vào chân mềm. Trọng lượng goòng và vật nâng được phân bố giữa các chân theo nguyên tắc đòn bẩy. Áp lực lớn nhất tác dụng lên cầu tạm khi xe goòng và vật nâng ở vị trí ngoài cùng bên cạnh chân cứng. Trọng lượng vật nâng phải kể thêm hệ số xung kích  $1 + \mu = 1,1$ . Lực quán tính  $H_i$  xác định theo công thức sau :

$$H_i = K_i M_i a_i = K_i a_i \frac{G_i}{g}$$

Trong đó :

$M_i$  - Khối lượng vật chuyển động ;

$G_i$  - Trọng lượng bản thân vật chuyển động ;

$a_i$  - Gia tốc hoặc giảm tốc của chuyển động ;

$g$  - Gia tốc trọng trường ;

$K_i$  - Hệ số điều chỉnh;

Hệ số  $K_i$  phụ thuộc vào đặc điểm cấu tạo ảnh hưởng tới lực quán tính và lấy như sau :

1) Lực quán tính  $H_i$  xảy ra khi cần trục khởi động và hám lại (lực quán tính của vật nâng  $H_v$ , của xe goòng  $H_x$  và cần trục  $H_c$ ) : Với cần trục và xe goòng là 1,65.

Với vật nâng và thiết bị treo trục, ròng rọc động và cáp palang là 2,0.

2) Lực quán tính  $H_i$  xe goòng khởi động và dừng  $H_v$ ,  $H_x$  :

Đối với xe goòng là 1,0 ;

Đối với vật nâng, thiết bị treo trục, dòng dọc động, cáp palang là 2,0 ;

Trị số  $a_i$  dùng với các loại cơ cấu chuyển động lấy như sau :

Cơ cấu chuyển động dùng cáp kéo lấy bằng  $0,3 \text{ m/s}$

Cơ cấu goòng tự hành theo tỷ lệ số bánh xe hám trên toàn bộ bánh xe  $1 : 2$  lấy bằng  $0,3 \text{ m/s}^2$

như trên  $1 : 3$  lấy bằng :  $0,24 \text{ m/s}^2$

như trên  $1 : 4$  lấy bằng :  $0,18 \text{ m/s}^2$

Trị số  $a_i$  phụ thuộc vào hiệu quả phanh của số bánh xe hám.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO CHÍNH

1. Xây dựng cầu. Lê Văn Thưởng, Nguyễn Trâm, Nguyễn Tiến Oanh. Đại học Bách khoa, 1968.
2. Kết cấu bê tông cốt thép bán lắp ghép trong công nghiệp hóa Ngành Xây dựng. Nguyễn Trâm - UBKHKTNN, 1972.
- 3- Мосты и сооружения на автомобильных дорогах Е.Е. Гибшман, И.С.Аксельрод, М.Е. Гибшман. Транспорт, Москва, 1973.
- 4- Строительство Мостов. Н.М. Колоколов Б. М. Вейблат. Транспорт, Москва, 1975.
- 5- Строительство Мостов Б.В. Бобриков, И.М. Русаков, А. А. Царьков. Транспорт, Москва 1978.
- 6- Ponts en béton précontraint construits, par encorbellements successifs. SETRA - 1979.
- 7- Le savoir-faire français en matière d'ouvrages d'art. ISTD - 1987.
- 8- Công nghệ xây dựng kết cấu nhịp cầu bê tông dự ứng lực khẩu độ lớn. Hội cầu đường. 1993.

## MỤC LỤC

Trang

### Lời giới thiệu

<b>Chương I</b>	
<b>CÔNG TÁC BÊTÔNG, CỐT THÉP VÀ VÁN KHUÔN</b>	5
1.1. Các yêu cầu cơ bản đối với bêtông	5
1.2. Vận chuyển và đổ bêtông	9
1.3. Công tác bảo dưỡng bêtông	13
1.4. Công tác kiểm tra chất lượng bêtông	17
1.5. Cốt thép và các yêu cầu cơ bản	18
1.6. Gia công cốt thép thường	19
1.7. Gia công cốt thép cường độ cao	24
1.8. Các phương pháp căng kéo cốt thép	27
1.9. Ván khuôn và những yêu cầu cơ bản	35
<b>Chương II</b>	
<b>THI CÔNG THÂN TRÙ</b>	39
2.1. Cấu tạo ván khuôn trụ đổ tại chỗ	39
2.2. Tính toán ván khuôn	53

2.3. Đổ bê tông và cấu tạo lớp ốp mặt trụ	64
2.4. Thi công trụ lắp ghép và bán lắp ghép	70
2.5. Đặc điểm thi công tháp cầu dây văng và cầu treo	75

### Chương III

## XÂY DỰNG CẦU BÊTÔNG CỐT THÉP DÚC TẠI CHỖ (Toàn khối và bán lắp ghép) 78

3.1. Đặc điểm xây dựng cầu bê tông cốt thép dúc tại chỗ toàn khối	78
3.2. Xây dựng cầu dầm trên giàn giáo	79
3.3. Giàn giáo treo và công nghệ đúc hằng	101
3.4. Xây dựng kết cấu nhịp bê tông cốt thép theo công nghệ đúc dấy và lắp dấy	107
3.5. Đặc điểm thi công phần bê tông dúc tại chỗ trong kết cấu nhịp cầu bê tông cốt thép bán lắp ghép	116
3.6. Xây dựng cầu vòm bê tông cốt thép dúc tại chỗ	122

### Chương IV

## CHẾ TẠO CẦU BÊTÔNG CỐT THÉP LẮP GHÉP VÀ BÁN LẮP GHÉP 159

4.1. Nhà máy và các bãi đúc sẵn	159
4.2. Chế tạo dầm bê tông cốt thép trên bệ di động theo phương pháp dây chuyền	167
4.3. Chế tạo dầm bê tông cốt thép trên bệ cố định	171
4.4. Chế tạo các khẩu dầm bê tông cốt thép lắp ghép (phản khối ngang)	173
4.5. Vận chuyển các khối bê tông cốt thép đúc sẵn	177
4.6. Tính toán bệ cảng cố định và bệ cảng di động	181
	237

<b>Chương V</b>	<b>1.3</b>
<b>LAO LẮP CẦU BÊTÔNG CỐT THÉP LẮP GHÉP</b>	
5.1. Đặc điểm lao lắp các dầm bêtông cốt thép đúc sẵn	186
5.2. Lao lắp cầu dầm đơn giàn bêtông cốt thép lắp ghép	187
5.3. Lao lắp cầu dầm liên tục và mút thừa	203
5.4. Lao lắp cầu dầm bêtông cốt thép nhịp lớn	209
5.5. Cân trục và kỹ thuật lắp hăng	216
5.6. Phương pháp lắp trên giàn giáo	222
5.7. Tính toán kết cấu phụ trong thi công	223
Tài liệu tham khảo chính	235

# **THI CÔNG CẦU BÊ TÔNG CỐT THÉP**

*Chịu trách nhiệm xuất bản*  
**KTS. VŨ QUỐC CHINH**

*Biên tập :*

**ĐINH ĐỒNG - NGUYỄN MINH KHÔI**

*Chế bản điện tử*

*- Quét hình :*

**PHÒNG MÁY TÍNH - NXBXD**

*Sửa bản in :*

**NGUYỄN MINH KHÔI + THU DUNG**

*Trình bày bìa :*

**ĐINH BẢO LONG**

---

In 3000 cuốn khổ 14,5 x 20,5 cm, tại xưởng in Nhà xuất bản  
Xây dựng. Giấy phép xuất bản số 730/CXB-2 ngày 14/11/1995  
In xong và nộp lưu chiểu tháng 12/1995.

