

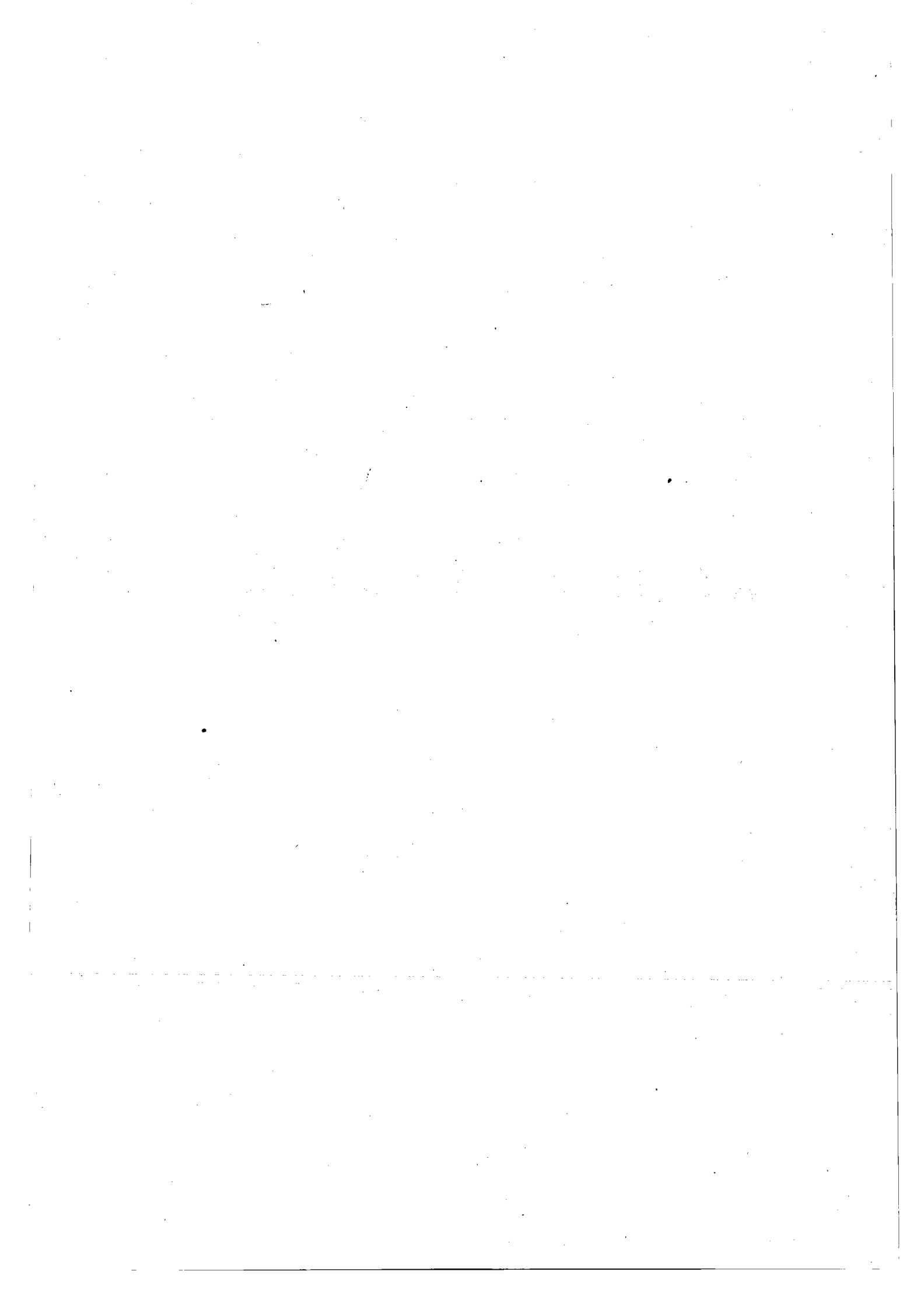
TS. ĐỖ ĐÌNH ĐỨC (chủ biên)  
PGS. LÊ KIỀU - TS. LÊ ANH DŨNG - THS. LÊ CÔNG CHÍNH  
THS. CÙ HUY TỈNH - THS. NGUYỄN CẢNH CƯỜNG

TC. KIẾN TRÚC VIỆT NAM

# GIÁO TRÌNH **KỸ THUẬT THI CÔNG**

TẬP 2

NHA XUẤT BẢN XÂY DỰNG  
HÀ NỘI - 2006



## LỜI GIỚI THIỆU

Năm 2004 Bộ môn Công nghệ và Tổ chức sản xuất xây dựng Trường Đại học Kiến Trúc Hà Nội đã đưa đến tay bạn đọc cuốn *Giáo trình Kỹ thuật thi công tập 1*. Chúng tôi giới thiệu tiếp cuốn "*Giáo trình Kỹ thuật thi công*" tập 2 với các phần:

*Phần 1. Kỹ thuật thi công lắp ghép, gồm các chương:*

- Chương 1. Sơ đồ cấu tạo các loại nhà lắp ghép;*
- Chương 2. Các thiết bị và máy dùng trong công tác lắp ghép;*
- Chương 3. Sản xuất các kết cấu bê tông cốt thép đúc sẵn;*
- Chương 4. Lắp ghép các kết cấu bê tông cốt thép;*
- Chương 5. Gia công và liên kết kết cấu thép;*
- Chương 6. Lắp ghép kết cấu thép;*
- Chương 7. Lắp ghép công trình dân dụng;*
- Chương 8. Lắp ghép công trình công nghiệp;*
- Chương 9. Lắp ghép nhà không gian nhịp lớn;*
- Chương 10. Lắp dựng công trình cao dạng tháp.*

*Phần 2. Công tác xây và hoàn thiện công trình, gồm các chương:*

- Chương 11. Công tác xây;*
- Chương 12. Thi công trát, lát, ốp và trần công trình;*
- Chương 13. Công tác lăn sơn và vôi.*

*Các phần được phân công như sau:*

- PGS. Lê Kiều: Chương 10;*
- TS. Đỗ Đình Đức: Chương 1, 5, 6;*
- TS. Lê Anh Dũng: Chương 7, 8;*
- ThS. Lê Công Chính: Chương 12;*
- ThS. Cù Huy Tinh: Chương 4, 9, 13;*
- ThS. Nguyễn Cảnh Cường: Chương 2, 3, 11.*

So với các cuốn sách cùng loại đang có, chúng tôi đã cân nhắc để bớt những nội dung công nghệ mà nhiều năm gần đây trong thực tế sản xuất ở nước ta và trên thế giới ít sử dụng. Ngược lại, những công nghệ đang được sử dụng nhiều mà những

hiểu biết về công nghệ ấy còn ít sách và tài liệu để cập một cách có hệ thống, chúng tôi bổ sung vào cuốn sách này.

Chúng tôi hy vọng rằng với những điều cơ bản của cuốn sách, sinh viên được trang bị những kiến thức về công nghệ xây dựng đủ để sẵn sàng hội nhập thị trường xây dựng khu vực và trên thế giới.

Trong môi trường phát triển bùng nổ của công nghệ thông tin, cuốn sách này làm cho người đọc yên tâm với những thông tin chọn lọc thận trọng, không bị hoang mang với tốc độ hiện đại hoá.

Các tác giả chân thành cảm ơn Bộ môn Công nghệ và Tổ chức sản xuất xây dựng, phòng Quản lý khoa học, tập thể cán bộ giảng dạy Khoa Xây dựng thuộc Trường Đại học Kiến Trúc Hà Nội đã cộng tác, tạo điều kiện cho cuốn sách ra mắt bạn đọc.

Chúng tôi xin hoan nghênh tiếp thu mọi ý kiến góp ý của bạn đọc và đồng nghiệp để hoàn chỉnh sách "Giáo trình Kỹ thuật thi công" các tập trong những lần tái bản sau.

**Các tác giả**

## Phần 1

# KỸ THUẬT THI CÔNG LẮP GHÉP

---

## Chương 1

### SƠ ĐỒ CẤU TẠO CÁC LOẠI NHÀ LẮP GHÉP

#### \*\* 1.1. KHÁI NIỆM VỀ NHÀ LẮP GHÉP

Thi công công trình theo phương pháp lắp ghép là phương pháp trong đó các kết cấu được chế tạo thành những cấu kiện tại nhà máy và được lắp dựng bằng các phương tiện cơ giới tại công trường.

Giải pháp thiết kế và thi công các công trình lắp ghép được tồn tại và phát triển song song với giải pháp thiết kế và thi công nhà đổ bê tông toàn khối. Thiết kế và thi công nhà lắp ghép có một số ưu, nhược điểm là:

##### 1.1.1. Ưu điểm

- Độ chính xác và chất lượng của các kết cấu cao do được sản xuất trong nhà máy.
- Năng suất cao do giảm bớt được nhiều lao động tại hiện trường và dễ dàng sử dụng các thiết bị thi công hiện đại.
- Có thể giảm một phần hoặc toàn bộ khối lượng thi công ván khuôn và cốt thép tại công trường nên thời gian thi công rút ngắn đáng kể, hạ giá thành thi công công trình.
- Giải pháp lắp ghép đã chứng tỏ có rất nhiều tính ưu việt trong thiết kế và thi công các công trình công nghiệp, nhà xưởng tại các khu công nghiệp và nhà ở chung cư cao tầng.

##### 1.1.2. Nhược điểm

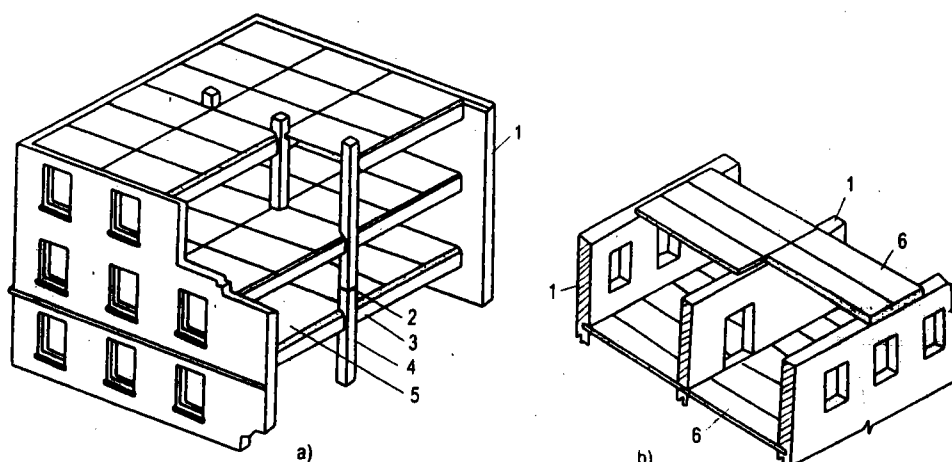
- Đầu tư ban đầu lớn. Yêu cầu phải có cơ sở hạ tầng đảm bảo mà không phải nền kinh tế nào cũng thoả mãn được.
- Khối lượng vận chuyển các kết cấu từ nơi sản xuất đến công trường lớn và phải sử dụng các thiết bị chuyên chở có kích thước lớn, công kênh.
- Đòi hỏi trình độ thi công và một số thiết bị thi công đặc chủng phục vụ lắp ghép tại công trình.

- Nếu tổ chức quản lý thi công tại công trường không tốt thì chất lượng sẽ bị ảnh hưởng trầm trọng.

- Tính toàn khối của công trình kém so với thi công toàn khối.

## 1.2. CẤU TẠO NHÀ DÂN DỤNG BẰNG BÊ TÔNG CỐT THÉP ĐÚC SẴN

Phân chia theo mức độ lắp ghép thì hiện nay có loại nhà lắp ghép một phần (lắp ghép không toàn bộ), nhà lắp ghép toàn bộ. Nhà lắp ghép không toàn bộ thường là những nhà có các bộ phận chịu lực vừa là tường gạch vừa là khung gồm: Các kết cấu bê tông cốt thép (BTCT) đúc sẵn (hình 1.1a), hoặc là những nhà có tường gạch chịu lực, trên tường gác các tấm sàn bê tông cốt thép đúc sẵn (hình 1.1b).



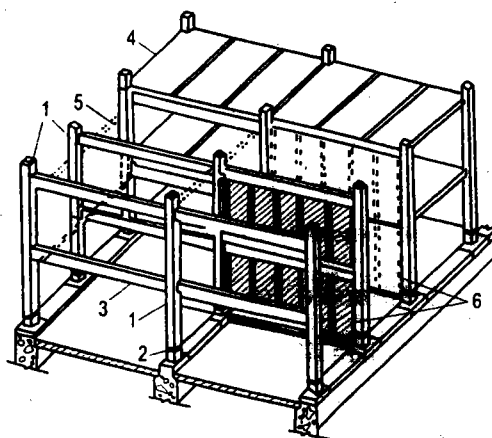
**Hình 1.1.** Nhà xây gạch nửa lắp ghép:

a) Nhà gạch có một phần khung; b) Nhà gạch không có khung

1- Tường gạch; 2- Chỗ nối cột; 3- Dầm; 4- Cột; 5 và 6- Tấm sàn

Nhà lắp ghép toàn bộ là những nhà từ móng, sàn tầng, tường vách ngăn đến mái đều là những cấu kiện đúc sẵn. Hiện nay loại nhà panen và loại nhà bloc là hai loại nhà dân dụng lắp ghép đã được sử dụng khá phổ biến (hình 1.2a; 1.2b; và 1.2c).

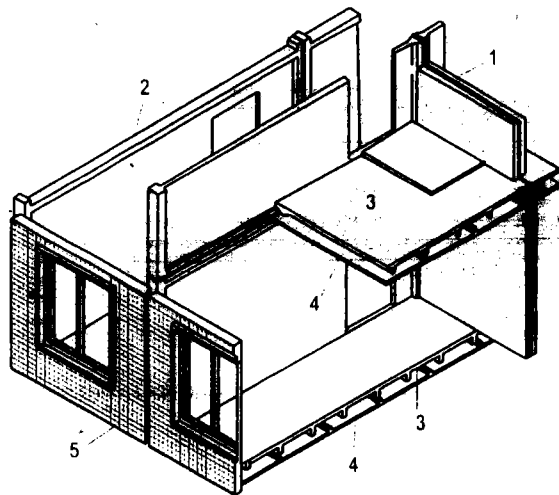
Nhà lắp ghép không toàn bộ hiện nay đã dần dần được ứng dụng ngày càng nhiều. Có loại được thi công theo phương pháp tường và vách đổ tại chỗ, tấm sàn được thi công trong xưởng có chiều dày xấp xỉ chiều dày toàn bộ sàn. Sau khi lắp ghép vào công trình, phần độ dày còn lại



**Hình 1.2a.** Bộ khung của nhà panen có khung

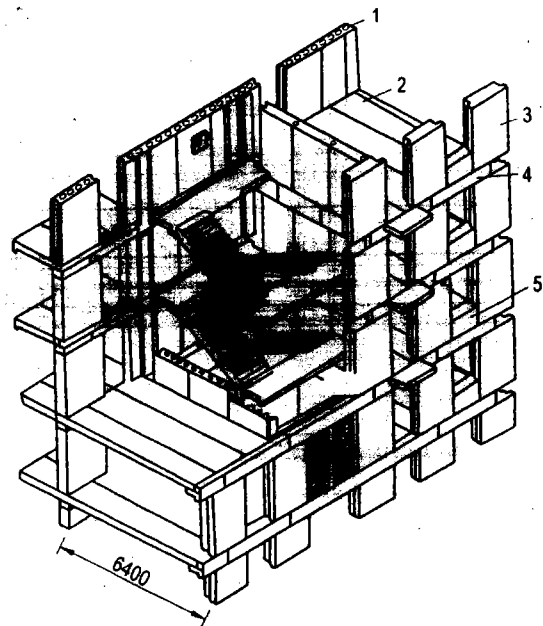
1- Cột; 2- Chỗ nối cột; 3- Dầm; 4- Panen;  
5- Giàng tạm; 6- Tường cứng

được thi công toàn khối tại công trường (Công trình khách sạn vàng Hà Nội - Hinton đã được hoàn thành bằng phương pháp này).



**Hình 1.2b. Nhà panen không có khung**  
với các tường ngang chịu lực.

1- Vách dọc không chịu lực; 2- Panen tường ngang chịu lực; 3- Panen sàn; 4- Tấm trần; 5- Panen tường ngoài



**Hình 1.2c. Nhà bloc.**

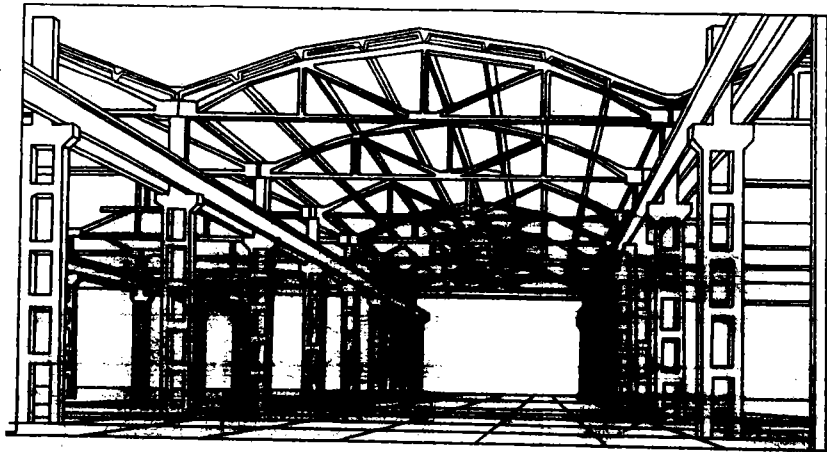
1- Tường trong chạy dọc; 2- Panen sàn; 3- Bloc tường ngoài giữa các cửa sổ; 4- Bloc lanh tô; 5- Bloc thêm cửa sổ

Hiện trên thế giới và tại Việt Nam đã ứng dụng khá thành công giải pháp thi công nhà cao tầng bằng phương pháp lắp ghép không toàn bộ như sau: Các cấu kiện cột, dầm, tấm sàn được sản xuất tại nhà máy. Các tấm sàn được thiết kế có hệ sườn và lớp đệm, lõi cứng của công trình được thi công bằng công nghệ trượt. Sau khi cột, dầm và tấm sàn được lắp thì đổ một lớp bê tông cốt thép toàn khối trên toàn bộ mặt sàn từng tầng, tấm sàn là tấm ba lớp (giải pháp thiết kế và thi công này đã được ứng dụng thành công và rất có hiệu quả tại khu chung cư Trung Hòa - Nhân Chính - Hà Nội).

### \* 1.3. CẤU TẠO NHÀ CÔNG NGHIỆP BẰNG BÊ TÔNG CỐT THÉP ĐÚC SẴN

Nhà công nghiệp lắp ghép bằng các cấu kiện bê tông cốt thép đúc sẵn bao gồm loại một tầng và nhiều tầng.

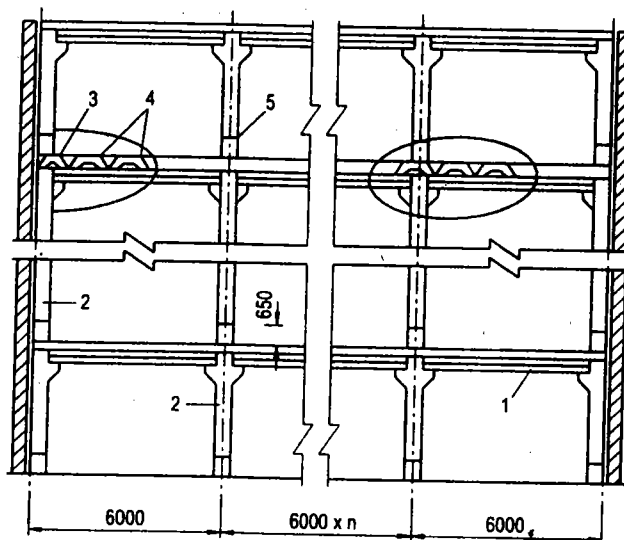
Đặc điểm của nhà công nghiệp một tầng (hình 1.3a) là có khẩu độ lớn, các cấu kiện móng, cột, dàn mái, dầm cầu trục bằng bê tông cốt thép đúc sẵn (hình 1.3a). Tuy nhiên hiện nay dàn mái và dầm cầu trục bằng thép đã thay thế cho dàn và dầm BTCT trước đây.



**Hình 1.3a.** Nhà công nghiệp một tầng

Nhà công nghiệp nhiều tầng lắp ghép có bộ khung chịu lực bằng các kết cấu bê tông cốt thép đúc sẵn (hình 1.3b). Có một số bộ khung chịu lực nhà công nghiệp nhiều tầng như sau:

- a) Bộ khung nhà gồm nhiều khung cứng ngang, khung cứng dọc thành phần; sơ đồ cấu tạo này áp dụng cho những nhà công nghiệp chịu tải trọng rung động.
- b) Bộ khung nhà chỉ gồm những khung cứng ngang thành phần; độ ổn định của công trình được đảm bảo bằng các khung cứng thành phần.
- c) Bộ khung không gồm những khung cứng thành phần.



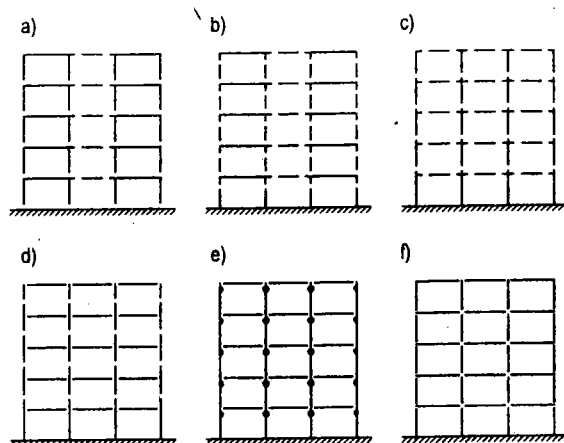
**Hình 1.3b.** Mặt cắt ngang nhà công nghiệp nhiều tầng lắp ghép, với lưới cột  $6 \times 6m$

1- Dầm; 2- Cột; 3- Tấm sàn biên; 4- Tấm sàn chính; 5- Chỗ nối cột

Bộ khung nhà lại được phân cắt thành nhiều cấu kiện để đúc. Cách phân cắt này liên quan đến vị trí mối nối và cấu tạo mối nối giữa các dầm với cột. Có một số sơ đồ



phân cắt bộ khung nhà công nghiệp nhiều tầng thành các cấu kiện đúc sẵn như sau (hình 1.4):

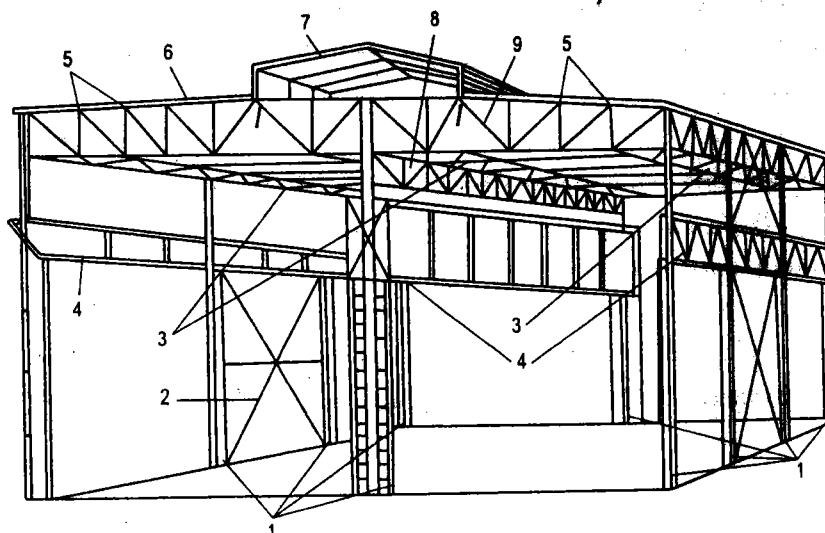


Hình 1.4. Các sơ đồ phân cắt bộ khung nhà công nghiệp nhiều tầng thành các cấu kiện đúc sẵn.

#### \* 1.4. CẤU TẠO NHÀ BẰNG KẾT CẤU THÉP

Các nhà công nghiệp lớn và nhỏ, một tầng và nhiều tầng đều có thể được sản xuất bằng thép.

Cấu tạo bộ khung thép nhà công nghiệp một tầng được trình bày ở hình 1.5.

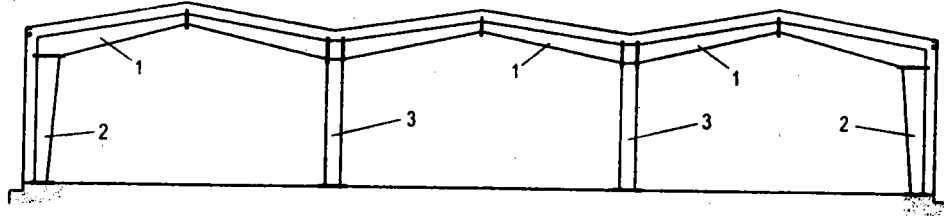


Hình 1.5. Bộ khung nhà công nghiệp bằng thép

1- Cột chịu lực; 2- Giằng đứng giữa các cột; 3- Giằng nằm ngang ở thanh cánh hạ vì kèo; 4- Dầm cầu trục; 5- Xà gồ; 6- Mái; 7- Cửa trời; 8- Dàn đỡ vì kèo ở giữa; 9- Dàn vì kèo.

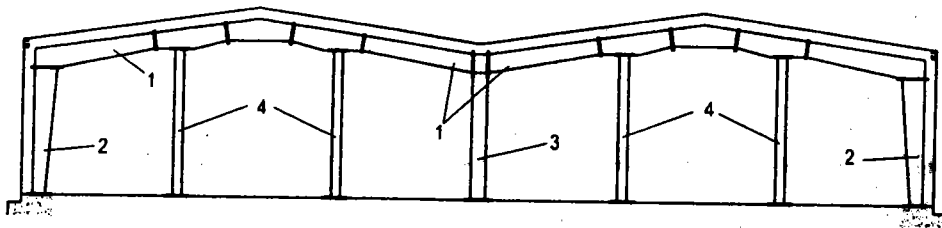
Hiện nay trong các khu công nghiệp, khung thép Zamil (Zamilsteel) được sử dụng khá phổ biến (hình 1.6a và hình 1.6b).

Trên dàn vì kèo gác các thanh xà gỗ. Xà gỗ bằng thép U, I, L, Z có chiều dài bằng một bước cột, trên xà gỗ thường được lợp bằng mái tôn.



**Hình 1.6a.** Mặt cắt nhà khung thép Zamil ba nhịp.

1- Xà dầm; 2- Cột biên; 3- Cột giữa.



**Hình 1.6b.** Mặt cắt nhà khung thép Zamil hai nhịp, mỗi nhịp có hai cột phụ

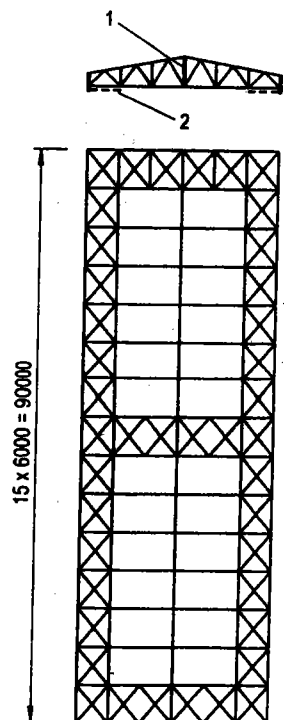
1- Xà dầm; 2- Cột biên; 3- Cột giữa; 4- Cột phụ

Để làm tăng độ ổn định và độ cứng không gian của kết cấu nhà công nghiệp, đồng thời để chịu các tải trọng gió và lực hãm của cần trục, người ta đặt thêm hệ giằng cho công trình (hình 1.7).

Tường bao che nhà công nghiệp bằng thép có thể được xây bằng gạch, bằng các tấm bê tông cốt thép đúc sẵn hoặc bằng các tấm thép được bắt vào hệ khung tường.

**Hình 1.7.** Sơ đồ bố trí các hệ giằng giữa các dàn vì kèo thép

1- Giằng đứng giữa các vì kèo;  
2- Giằng nằm ngang chạy dọc nhà



## Chương 2

# CÁC THIẾT BỊ VÀ MÁY DÙNG TRONG CÔNG TÁC LẮP GHÉP

Máy móc, thiết bị phục vụ công tác lắp ghép gồm có những máy cấu lắp và những thiết bị treo trực cấu kiện.

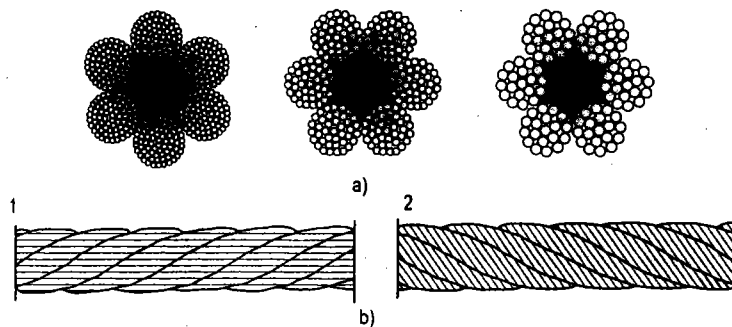
Những máy cấu lắp bao gồm mọi loại cần trục lớn bé, di động hoặc đứng tại chỗ và những công cụ cấu lắp đơn giản không có tay cần dài như cột trụ, đòn cầu...

Những thiết bị treo trực bao gồm dây cáp, pu-li, ròng-rọc, pa-lăng, tời, kích và các công cụ khác. Những thiết bị treo trực này còn là những trang bị của các máy cấu lắp trên.

### 2.1. CÁC THIẾT BỊ TREO TRỰC

#### 2.1.1. Dây cáp và dây cầu

Dây cáp dùng làm dây buộc cấu những vật nặng, dùng làm dây neo, dây giằng. Dây cáp bền bằng nhiều sợi dây thép nhỏ đường kính từ 0,2 đến 2mm. Có loại dây cáp bền bằng nhiều sợi dây thép riêng rẽ. Có loại dây cáp bền bằng nhiều túm dây thép, mỗi túm dây thép này lại bền bằng các sợi dây thép con riêng rẽ (hình 2.1).



**Hình 2.1.** Cấu trúc dây cáp:

a) Tiết diện dây cáp; b) Các cách bện dây cáp

1- Dây cáp bện chéo chiều; 2- Dây cáp bện một chiều

Các dây cáp dùng để cấu trúc thường gồm có sáu túm dây thép tròn và một lõi bằng dây sợi ở giữa. Lõi này làm dây cáp mềm dẻo hơn, chịu đựng tải trọng động tốt hơn, giữ dầu mỡ chống gỉ và chống bào mòn cho dây cáp. Độ mềm dẻo của dây cáp còn phụ thuộc vào các sợi dây thép nhỏ: Đường kính các sợi dây thép con này càng nhỏ thì dây

cáp càng mềm. Nhưng các sợi dây thép càng nhỏ thì dây cáp càng mau hỏng và giá chế tạo càng cao.

Khi các sợi dây thép con và các tùm dây bện theo cùng một chiều thì dây cáp đó gọi là dây cáp bện một chiều; nếu các sợi dây thép và các tùm dây bện khác chiều nhau thì gọi là dây cáp bện chéo chiều. Dây cáp bện chéo chiều so với dây cáp bện một chiều thì ít xoắn ra hơn, khi cuốn vào pu-li thì ít bẹp hơn, nhưng lại kém dẻo hơn.

Người ta sản xuất các loại dây cáp có đường kính từ 3,7 đến 65mm; dài 250, 500, 1000m.

Những dây cáp cứng (loại bện chéo chiều) dùng làm dây neo, dây giằng vì chúng ít chịu uốn cong. Những dây cáp mềm (loại bện cùng chiều) dùng làm dây treo buộc và cầu vật vì chúng chịu uốn nhiều khi chạy qua các pu-li, trống tời.

Sức chịu kéo của dây cáp tính toán theo công thức:

$$S = \frac{R}{k}$$

S - sức chịu kéo cho phép (kg/);

R - lực làm đứt dây cáp, lấy theo hộ chiếu của nhà máy sản xuất dây cáp, hoặc kéo thử ở phòng thí nghiệm;

k - hệ số an toàn:

k = 3,5 cho dây neo, dây giằng.

= 4,5 cho dây ròng rọc kéo tay.

= 5,0 cho dây ròng rọc của máy.

= 6,0 cho dây cầu vật nặng trên 50 tấn, cho dây cầu có móc cầu hoặc có vòng quai ở hai đầu dây.

= 8,0 cho dây cầu bị uốn cong vì buộc vật.

Trong trường hợp không có số liệu hoặc không tiện tính toán có thể chọn dây cáp theo trọng lượng vật cầu như sau (bảng 2.1).

**Bảng 2.1**

Trọng lượng vật cầu (tấn)	Đường kính dây cáp (mm)
< 5	15
5 - 15	20
15 - 30	26
30 - 60	30

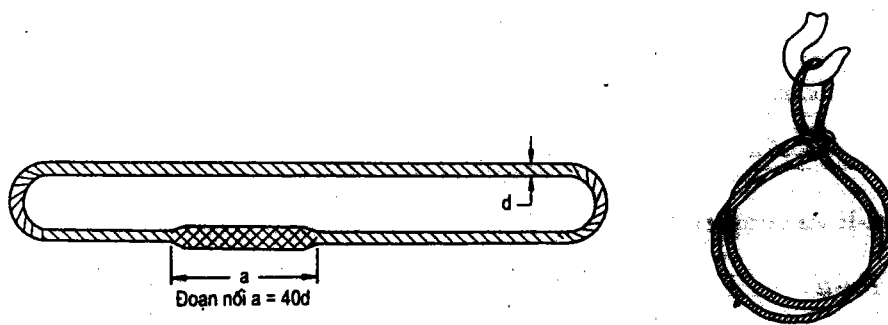
Sau một thời gian sử dụng dây cáp có thể hư hỏng dần, nếu trong một bước bện của dây cáp số sợi dây thép bị đứt chiếm tới 10% thì dây thép đó coi như không dùng được nữa. Bước bện dây cáp là khoảng cách giữa hai điểm, trong đó số vòng dây bằng số tùm dây có trong dây cáp; ví dụ dây cáp có sáu tùm dây, thì bước bện gồm có sáu vòng.

Hàng ngày trước khi làm việc phải kiểm tra lại các dây cáp. Khi dùng các dây cáp đã có sợi bị đứt thì phải lưu ý đặc biệt.

Thường xuyên bôi dầu mỡ cho dây cáp để chống gỉ và giảm ma sát bào mòn trong và ngoài dây cáp.

Sử dụng dây cáp phải chú ý mấy yêu cầu như sau:

- Không được để dây cáp chà sát vào kết cấu công trình, nhất là chà sát vào mép cạnh các kết cấu thép.
- Không được để dây cáp bị uốn gãy hoặc dập bẹp do bị kẹp hoặc vật nặng rơi đè lên.
- Các nhánh dây cáp khi làm việc không được cọ sát vào nhau.
- Không được để dây cáp đụng chạm vào dây điện hàn, vì như vậy sẽ xảy ra đoản mạch, làm cháy các sợi dây bên cáp.



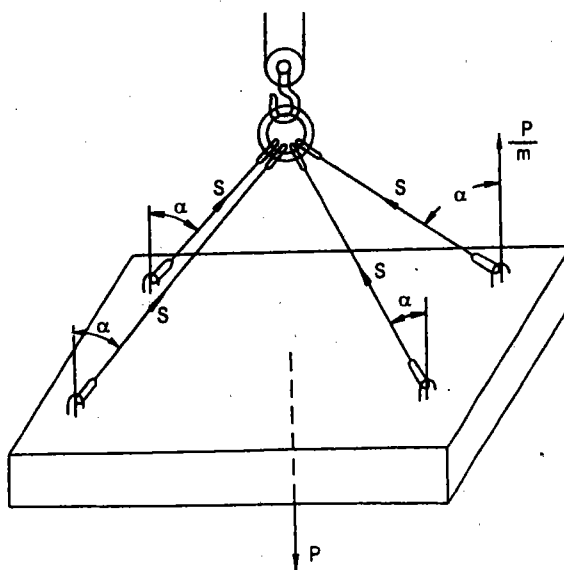
**Hình 2.2.** Dây cầu kép

Dây cầu là đoạn dây cáp được gia công soắn, dùng để treo buộc các kết cấu nhanh chóng, tiện nghi và an toàn.

Dây cầu làm bằng những loại dây cáp mềm, đường kính tới 30mm. Có hai loại dây cầu:

- Dây cầu kép là một vòng dây kín, dài tới 15m; đoạn nối bên đầu dây phải dài hơn 40 lần đường kính dây cáp.
- Dây cầu đơn là một đoạn dây cáp được trang bị móc cầu hoặc vòng quai ở hai đầu.

Tùy theo kích thước và trọng lượng kết cấu phải nâng, người ta dùng các chùm dây cầu gồm có hai, bốn hoặc tám nhánh dây.



**Hình 2.3.** Nội lực trong mỗi nhánh dây của cầu

Lực trong mỗi nhánh dây cầu phụ thuộc vào góc dốc của dây đối với đường nằm ngang, góc dốc càng lớn thì lực trong nhánh dây càng nhỏ.

Trong trường hợp treo vật ở tư thế nằm ngang (hình 2.3) bằng chùm dây cầu, thì lực S trong mỗi nhánh dây xác định theo công thức:

$$S = \frac{1}{\cos \alpha} \cdot \frac{P}{m} = a \cdot \frac{P}{m}$$

Trong đó:

P - trọng lượng vật treo;

m - số nhánh dây cầu

$\alpha$  - góc dốc của nhánh dây với đường thẳng đứng, ở đây góc  $\alpha$  không được lớn quá  $60^\circ$ .

a - hệ số phụ thuộc góc dốc nhánh dây.

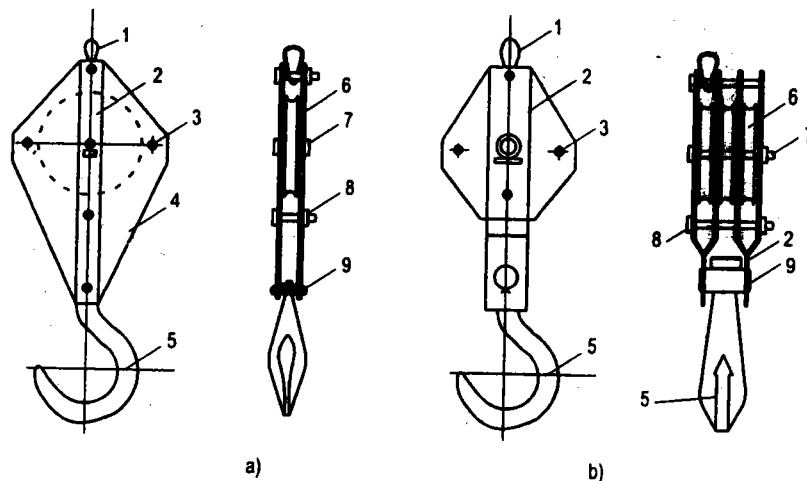
**Bảng 2.2**

Góc dốc $\alpha^\circ$	0	15	30	45	60
Hệ số a	1	1,03	1,15	1,42	2

### 2.1.2. Pu-li và ròng-rọc

#### 2.1.2.1. Pu-li

Pu-li là thiết bị treo trục đơn giản nhất, nó gồm một hoặc nhiều bánh xe. Dây cáp cuốn theo vành bánh xe; trục bánh xe cố định vào hai má pu-li và thanh kéo; đầu trên thanh kéo có quai treo, đầu dưới thanh kéo có móc cầu (hình 2.4).



**Hình 2.4. Pu li cầu**

- 1- Quai treo; 2- Thanh kéo; 3- Bulông liên kết; 4- Má pu-li; 5- Móc cầu;  
6- Các bánh xe; 7- Trục pu-li; 8- Ống văng ngang; 9- Trục treo.

Pu-li cầu là loại pu-li dùng để nâng hạ vật. Pu-li hướng động là loại pu-li dùng để đổi hướng chuyển động của dây cáp. Pu-li một bánh xe có thể vừa là pu-li cầu, vừa là pu-li hướng động. Pu-li nhiều bánh xe là pu-li cầu, dùng để nâng những vật nặng.

Pu-li cầu một bánh xe dùng cho vật nặng 3-10 tấn, pu-li hai bánh xe dùng cho vật nặng 10-15 tấn, pu-li ba bánh xe dùng cho vật nặng tới 25 tấn, pu-li năm bánh xe dùng cho vật nặng tới 40 tấn.

Đường kính bánh xe pu-li yêu cầu phải lớn hơn 10 lần đường kính dây thừng và lớn hơn 16 lần đường kính dây cáp.

Đường kính bánh xe pu-li hướng động chỉ cần lớn hơn 12 lần đường kính dây cáp. Các pu-li hướng động thường có thể mở rời ra được để khỏi tổn công luôn dây cáp dài qua nó, và như vậy có thể đặt pu-li hướng động vào ngay bất kỳ nơi nào trên chiều dài dây cáp.

### 2.1.2.2. Ròng - rọc

Ròng rọc là thiết bị treo trực gồm hai pu-li, nối với nhau bằng dây cáp; pu-li trên bất động, pu-li dưới di động. Dây cáp lần lượt chạy luôn qua tất cả các bánh xe pu-li; một đầu dây cố định vào một pu-li (trên hay dưới), còn đầu dây kia chạy ra các pu-li hướng động, rồi ra tời. Pu-li dưới của ròng rọc có móc cầu để treo vật.

Sử dụng ròng-rọc thì được lợi về lực, nghĩa là có thể dùng được những tời có trọng tải nhỏ hơn trọng lượng vật nâng. Nhưng nếu lực tác dụng để nâng vật mà nhỏ hơn trọng lượng vật bao nhiêu lần thì tốc độ nâng vật lại giảm đi bấy nhiêu lần.

Muốn rút ngắn thời gian nâng vật lên cao người ta sử dụng loại máy tời điện quay nhanh. Hoặc khi phải nâng những vật khá nặng lên với tốc độ lớn người ta ghép hai ròng-rọc có sẵn vào hai đòn treo trên và dưới thành một ròng-rọc kép (hình 2.5), hai đầu dây cáp của ròng-rọc này đều cuốn vào một trống tời.

Trong ròng rọc những nhánh dây cáp đi tới pu-li di động gọi là những nhánh dây treo vật. Số nhánh dây treo vật tăng lên bao nhiêu lần thì lực tăng lên bấy nhiêu lần.

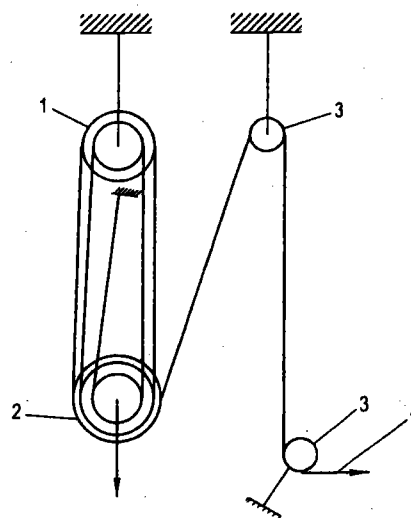
Lực  $S$  trong nhánh dây treo vật của ròng rọc tính theo công thức:

$$S = \frac{P}{n}; \text{ kgf}$$

$P$  - trọng lượng vật cầu, kg;

$n$  - số nhánh dây treo vật.

Lực  $S_1$  trong nhánh dây ròng-rọc chạy ra máy tời tính theo công thức:



Hình 2.5. Ròng rọc

1- Đòn treo; 2- Giá treo pu-li cầu;  
3- Giá treo pu-li cân đối; 4- Dây cáp ra tời

$$S_t = \frac{P}{m} [\text{kg}]$$

Trong đó  $m$  là hệ số phụ thuộc vào số nhánh dây treo vật, số pu-li hướng động và ma sát ở các bánh xe pu-li.

Hệ số ma sát của bất kỳ ròng-rọc nào cũng vậy, là một hằng số, không phụ thuộc vào trọng lượng vật cẩu và công suất máy tời, chỉ phụ thuộc vào trị số ma sát ở các trục pu-li.

### 2.1.2.3. Tời

Tời là thiết bị treo trục làm việc độc lập, hoặc là bộ phận tạo động lực không thể thiếu được của các máy cẩu lắp. Trong công tác lắp ghép tời dùng vào việc bốc dỡ và lôi kéo cầu kiện; kéo căng và điều chỉnh các dây giằng, dây neo; di chuyển và lắp ráp các máy móc, thiết bị nặng; giúp việc dựng lắp các cần trục và công trình cao.

Có hai loại: Tời tay và tời điện.

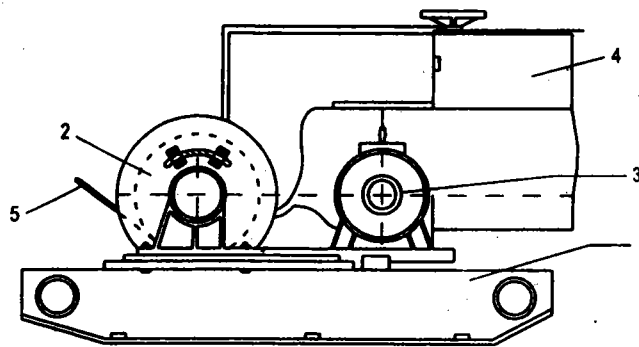
#### a) Tời tay

Tời tay có trọng tải từ 0,5 đến 10 tấn-lực, nhưng thông dụng nhất là những tời 3 - 5 tấn-lực, chiều dài dây cáp cuốn dây trống tời từ 100 đến 300m, trọng lượng từ 200 đến 1500kg.

Tùy theo lực kéo mà tời tay có một hoặc hai trục truyền lực, trên trục này có các đĩa răng truyền lực.

#### b) Tời điện

Tời điện thường có sức kéo từ 0,5 đến 50 tấn-lực. Tời điện thông dụng hơn tời tay, vì nó tiện nghi hơn và năng suất cao hơn.



**Hình 2.6. Tời điện**

1- Đế tời ; 2- Trống tời ; 3- Động cơ điện ; 4- Hộp điều khiển ; 5- Cáp tời

## 2.2. CÁC CÔNG CỤ NEO GIỮ

Các ròng rọc, máy tời và các dây neo giằng của các máy cẩu lắp phải được cố định chắc chắn vào các bộ phận bất động của công trình, hoặc cố định vào các neo, hồ thế



đặc biệt. Trong mọi trường hợp phải tính toán để kiểm tra cường độ và độ ổn định của các bộ phận neo giữ này.

### 2.2.1. Neo cố định

Cách thức cố định tời vào vị trí phụ thuộc vào điều kiện địa phương, nếu tời đặt trong nhà thì có thể cố định khung đế của nó vào chân cột nhà bằng dây cáp, đường kính dây và số nhánh dây xác định theo lực kéo của tời. Chung quanh cột nhà phải đệm gỗ lót để khỏi hỏng cột và gãy dây cáp. Cũng có thể cố định tời vào dầm bê tông hay dầm thép của sàn nhà, hoặc cố định vào chân tường gạch.

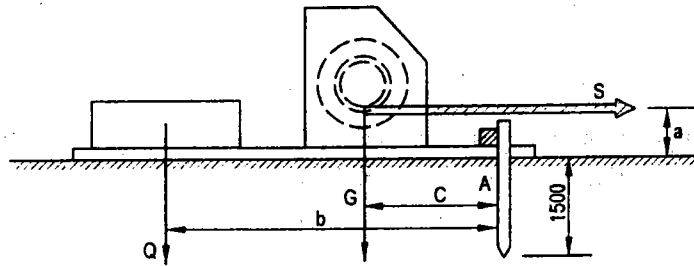
Nếu tời đặt trên mặt đất thì cố định khung đế của nó vào một thanh neo ngang chôn sâu trong hố, thường gọi là hố thế hay neo ngầm hoặc cố định khung đế của tời bằng cọc và đối trọng chống lật.

Trường hợp dùng cọc để giữ tời thì khung đế tời có thể bị kéo lật quanh điểm A (hình 2.7), đối trọng chống lật Q khi đó xác định bằng đẳng thức:

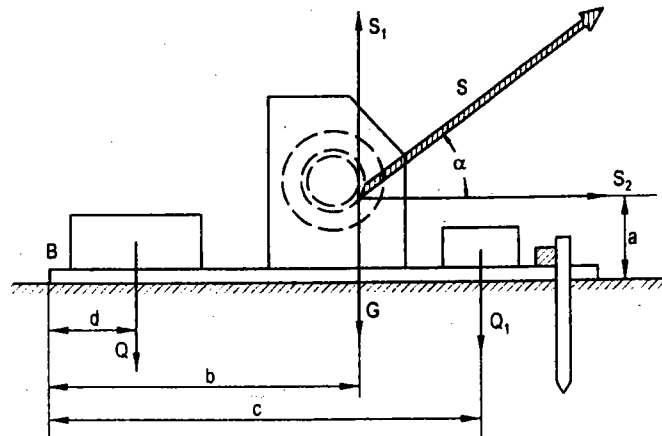
$$Qb + Gc = kSa$$

$$Q = \frac{kSa - Gc}{b}$$

Trong đó k là hệ số an toàn, lấy bằng k - 1,5.



Hình 2.7. Trường hợp dùng cọc để giữ tời khi lực S nằm ngang



Hình 2.8. Trường hợp dùng cọc để giữ tời khi lực S nghiêng góc  $\alpha$

Nếu lực tác dụng vào tời lại hướng theo một góc  $\alpha$  với đường nằm ngang (hình 2.8) thì ngoài đối trọng chống lật phía sau có thể còn phải đặt thêm đối trọng chống lật cả ở phía trước tời; vậy cần kiểm tra khả năng chống lật của tời đối với điểm B theo đẳng thức:

$$kS_1b = S_2a + Q_1c + Gb + Qd$$

Viết các trị số  $S_1$  và  $S_2$  theo  $S$  với góc nghiêng  $\alpha$  ta có:

$$Q_1 = \frac{k \cdot b \cdot S \sin \alpha - aS \cdot \cos \alpha - G \cdot b - Q \cdot d}{c}$$

Nếu trị số  $Q_1$  là số dương thì cần phải đặt thêm gia trọng ở phía trước tời.

### 2.3.2. Neo ngấm hay hố thế

Neo ngấm hay hố thế chịu lực kéo 3 - 20 tấn-lực, gồm một bó 3 - 4 cây gỗ, đường kính 240mm, dài 2 - 3m, chôn sâu dưới đất 1,5 - 3,5m và một hoặc hai dây kéo hay thanh kéo đặt nghiêng một góc 30 - 45°, một đầu nhô khỏi mặt đất, tại đó buộc dây giằng hoặc ròng rọc.

Nếu lực kéo lớn (20 - 40 tấn-lực) thì nên gia cường hố thế bằng một hàng ván ngang và một tấm tường đứng bằng gỗ tròn. Nếu hướng dây giằng lệch khỏi trục hố, gây ra lực ngang phía bên, thì phải làm thêm một gối tựa đặc biệt ở gần mặt đất.

Có thể đào hố thế trong bất kỳ loại đất nào, trừ đất mới đắp và đất bùn. Đất lấp hố thế phải đầm chặt từng lớp một, mỗi lớp dày 30 - 35cm.

### 2.3.3. Neo bê tông

Neo bê tông là loại neo đặt nổi trên mặt đất hay đặt chìm dưới mặt đất một chút và để ngỏ, gồm nhiều khối bê tông cốt thép gia trọng đúc sẵn, có kích thước khoảng  $3,5 \times 1 \times 0,5$ m, nặng 4,25 tấn, liên kết đôi một vào nhau bằng các thanh bu-lông dài, sắp xếp bằng căn trục.

Để tăng sức bám của neo vào mặt đất người ta đặt các khối bê tông gia trọng lên trên một khung đế bằng thép, có những chân dao cắm sâu vào mặt đất.

So với các neo chôn ngấm, neo bê tông đặt nổi có những ưu điểm sau: Sử dụng tiện lợi, thi công nhanh chóng, giá thành hạ (rẻ hơn 30 - 45%), sử dụng được nhiều lần và sử dụng ở những nơi có nhiều mạng lưới đường ống ngấm, không tốn công đào đất, lấp đất.

## 2.3. TÍNH TOÁN HỐ THẾ VÀ NEO

Các hố thế và neo là những công trình tạm thời nhưng rất quan trọng trong thi công dựng lắp, cần phải có thiết kế trước.

### 2.3.1. Tính toán hố thế không gia cường

Độ ổn định của hố thế dưới tác dụng của các lực thẳng đứng xác định bằng hệ thức (hình 2.9):

$$Q + T \geq k \cdot N_1$$

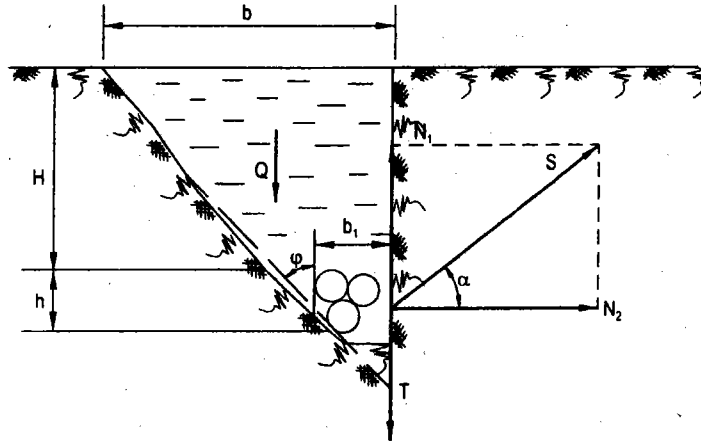
Trong đó:

Q - trọng lượng khối đất;

T - lực ma sát giữa gỗ và đất;

$N_1$  - thành phần thẳng đứng của lực S tác dụng vào neo;

k - hệ số ổn định, lấy bằng 3.



**Hình 2.9.** Sơ đồ tính toán hố thế không gia cường

Lực ma sát T giữa gỗ và đất tính theo công thức:

$$T = f_1 \cdot N_2$$

Trong đó:

$f_1$  - hệ số ma sát giữa gỗ và đất, bằng 0,5;

$N_2$  - thành phần nằm ngang của lực S tác dụng vào neo.

Trọng lượng khối đất Q xác định theo công thức:

$$Q = \frac{b + b_1}{2} \cdot H \cdot l \cdot \gamma$$

Trong đó:

b và  $b_1$  - kích thước đáy trên và đáy dưới hố đào;

H - độ sâu đặt thanh neo ngang;

l - chiều dài thanh neo ngang;

$\gamma$  - dung trọng của đất.

Kiểm tra lại áp suất cho phép  $[\sigma_d]$  của đất, khi có lực ngang tác dụng ở độ sâu H, bằng hệ thức:

$$[\sigma_d] \mu \geq \frac{N_2}{h \cdot l}$$

Trong đó:

$\mu$  - hệ số giảm áp suất cho phép vì nén không đều, lấy bằng 0,25;

$h$  - chiều dày của thanh neo ngang.

Tiết diện của thanh neo ngang có một dây kéo (hình 2.10a) xác định theo điều kiện chống uốn.

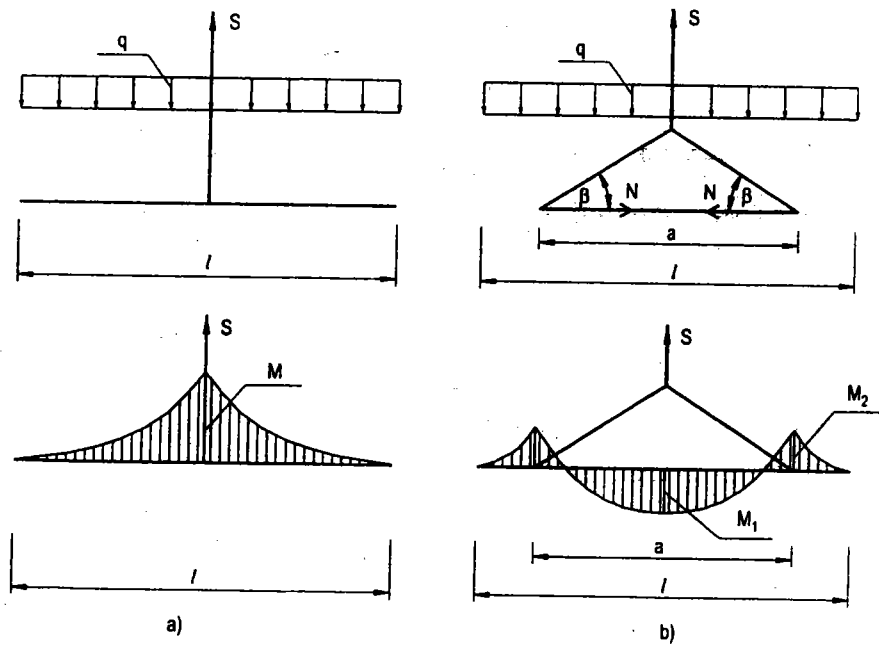
Mô-men uốn cực đại  $M$  trong thanh ngang này là:

$$M = \frac{ql^2}{8}$$

Trong đó:

$$q = \frac{S}{l}$$

$l$  - toàn bộ chiều dài của thanh neo ngang.



**Hình 2.10.** Sơ đồ chịu lực và biểu đồ mômen của thanh neo ngang:  
a) Thanh neo ngang có một dây kéo; b) Thanh neo ngang có hai dây kéo

Tiết diện của thanh neo ngang có hai nhánh dây kéo xiên (hình 2.10b) xác định theo điều kiện chống uốn và chống nén.

Mô-men uốn cực đại trong thanh ngang là:

$$M = \max(M_1, M_2)$$

Trong đó:

$$M_1 = \frac{qa^2}{8} - \frac{q(l-a)^2}{8}, \quad M_2 = \frac{q(l-a)^2}{8}$$

$q, l$  - cũng như phần thanh neo ngang có một dây kéo;  
 $a$  - khoảng cách giữa hai vị trí neo của dây vào thanh neo ngang.

Lực dọc trong thanh ngang là:

$$N = \frac{S}{2} \cdot \cot \beta$$

Trong đó:  $\beta$  - góc giữa hai nhánh dây kéo và thanh ngang, trong mặt phẳng của hai nhánh dây.

Khi này ứng suất trong thanh ngang bằng:

$$\sigma = \frac{M}{W} + \frac{N}{F} \leq [\sigma]_{\text{gỗ}}$$

Trong đó:

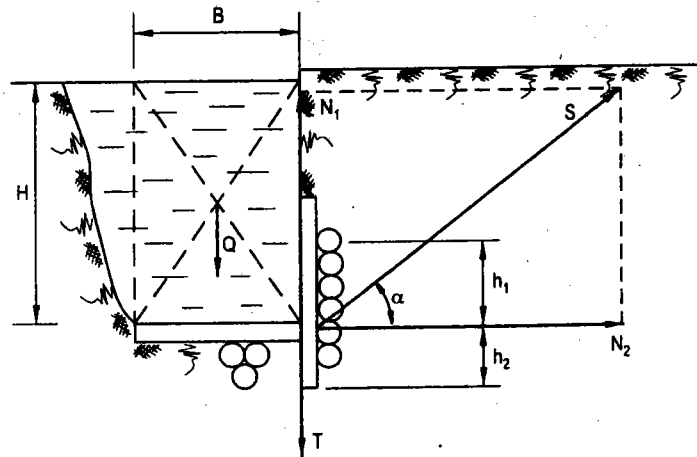
$W$  - mômen kháng uốn của thanh ngang;

$F$  - bề mặt tiết diện của thanh ngang;

$M$  - mômen uốn trong thanh neo ngang, tính như dầm đơn giản gối là 2 điểm buộc dây, tải trọng là áp lực đất.

### 2.3.2. Tính toán hố thế được gia cường

Cách thức tính toán giống như trên (hình 2.11).



Hình 2.11. Sơ đồ tính toán hố thế có gia cường

Kiểm tra độ ổn định của hố thế dưới tác dụng của các lực thẳng đứng bằng công thức  $Q + T \geq k \cdot N_1$  với trọng lượng khối đất  $Q = H \cdot b \cdot l \cdot \gamma$ , lực ma sát  $T = f \cdot N_2$ , trong đó  $f$  là hệ số ma sát giữa gỗ với gỗ, lấy bằng 0,4; hệ số ổn định  $k$  lấy bằng 1,5 - 2.

Áp suất cho phép của các lực ngang tác dụng lên đất bằng:

$$[\sigma_d] \mu \geq \frac{N_2}{(h_1 + h_2)l}$$

Trong đó:

$h_1$  - phần chiều cao tấm tường đứng ở trên thanh ngang;

$h_2$  - phần chiều cao tấm tường đứng ở dưới thanh ngang.

### 2.3.3. Tính toán neo bê tông

Kích thước và trọng lượng neo bê tông đặt chìm xác định theo lực ma sát  $T$  giữa neo bê tông và đất và phản lực  $N_p$  của đất ở mặt tựa trước của neo, chống lại thành phần nằm ngang  $N_2$  của lực dây giằng (hình 2.12):

$$N_2 = T + N_p$$

Hay là:

$$N_2 = Q \cdot f + F [\sigma_d]$$

Từ đó rút ra trọng lượng neo:

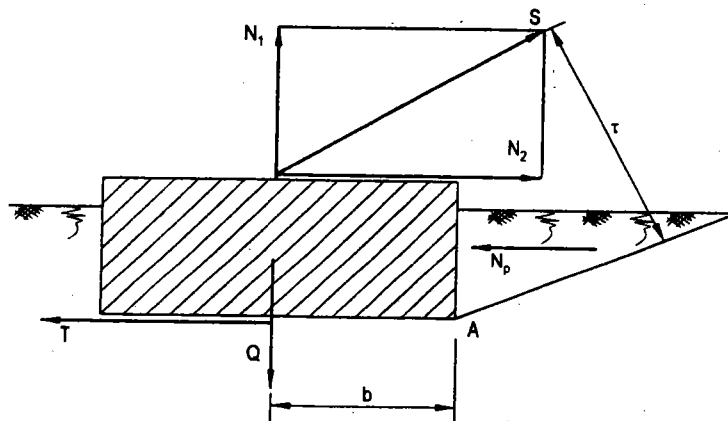
$$Q = \frac{N_2 - F [\sigma_d]}{f}$$

Trong đó:

$F$  - diện tích mặt tựa trước của neo;

$[\sigma_d]$  - áp suất cho phép lên đất;

$f$  - hệ số ma sát giữa bê tông và đất, lấy trong khoảng 0,45 - 0,70.



**Hình 2.12.** Sơ đồ tính toán neo bê tông

Kiểm tra độ ổn định chống lật của neo bê tông theo công thức:

$$Q \cdot b \geq kSl$$

Trong đó:

Q - trọng lượng neo;

b và l - khoảng cách từ các lực tác dụng đến điểm lặt A;

S - lực tác dụng của dây giằng lên neo;

k - hệ số ổn định lấy bằng 1,4.

## **\*\* 2.4. CÁC CẢN TRỤC LẮP GHÉP**

Trong thi công xây lắp người ta sử dụng nhiều loại cản trục có công dụng khác nhau, như cản trục bốc xếp cấu kiện, cản trục lắp ghép các kết cấu công trình, cản trục tiếp vận để chuyên chở vật liệu và cấu kiện đến, tiếp tế cho các tầng nhà hoặc công trình đang xây dựng.

Khi lắp ghép cản trục có những quá trình thao tác như sau: Đứng đợi để mắc cấu kiện vào móc cầu, nâng cấu kiện lên cao; vận chuyển cấu kiện đi ngang, đặt cấu kiện vào vị trí, đứng giữ cấu kiện trong khi cố định nó vào vị trí và tháo dây buộc.

- Khi làm xong một việc cản trục có những quá trình đi không như sau: Di chuyển về nơi xếp cấu kiện, quay cần, hạ móc cầu.

Thời gian hoàn thành các quá trình thao tác và quá trình đi không như vậy gọi là một chu kỳ công tác của cản trục.

Cản trục lắp thép có ba hoặc bốn động tác cơ bản: Nâng và hạ vật, quay cần, nâng và hạ cần, di chuyển cản trục. Một số cản trục, có thể thực hiện hai ba động tác bất kỳ nào đó đồng thời một lúc, ví dụ như: Nâng vật đồng thời di chuyển và quay cần; hoặc là nâng vật đồng thời nâng cần và quay cần.

Chiều dài tay cần là khoảng cách tính từ trục quay ngang của cần đến trục của pu-li đầu cần. Độ vớt là khoảng cách từ trục quay đứng của cả cản trục đến móc cầu.

Mỗi độ vớt ứng với một khả năng nâng vật lớn nhất, khả năng này gọi là sức trục. Giữa sức trục và độ vớt của một cản trục có sự quan hệ nghịch: độ vớt lớn thì sức trục nhỏ và ngược lại độ vớt nhỏ thì sức trục lớn. Sức trục lớn nhất gọi là trọng tải của cản trục.

Những tính năng cơ bản của cản trục lắp ghép là: Sức trục, độ vớt, và độ cao nâng móc cầu.

Sau đây giới thiệu tóm tắt các loại cản trục lắp ghép thông dụng:

### **\* 2.4.1. Cản trục tự hành**

Những cản trục tự hành dùng để lắp ghép kết cấu gồm có cản trục bánh xích, cản trục bánh hơi, cản trục ô tô.

Những ưu điểm chính của các cản trục tự hành là:

- Độ cơ động cao, không phải chỉ phục vụ một địa điểm lắp ghép, mà phục vụ được nhiều địa điểm lắp ghép trong phạm vi công trường.

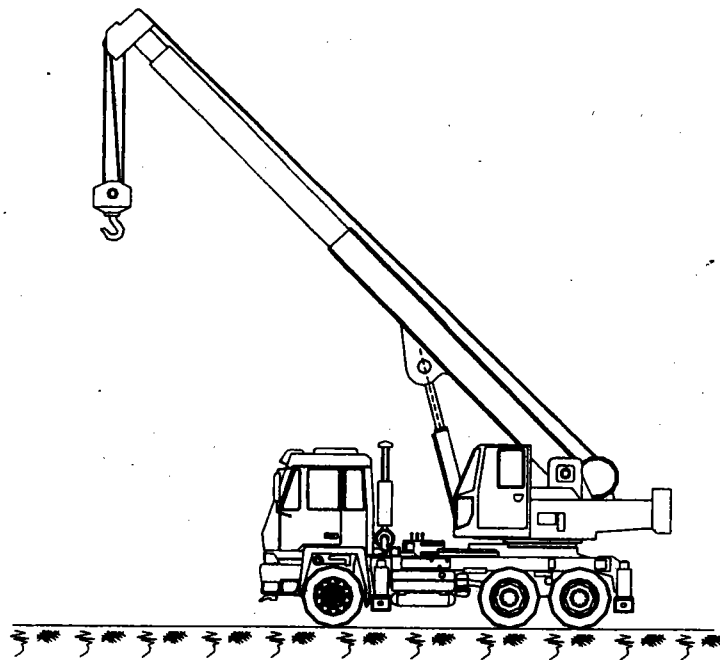
- Có thể vận chuyển vật đến bất kỳ chỗ nào, theo bất kỳ hướng nào trên mặt bằng.
- Tốn rất ít công và thời gian vào việc lắp ráp và tháo dỡ cần trục trước và sau khi sử dụng.
- Có thể tự di chuyển từ công trường này sang công trường khác; hoặc chở trên các toa xe bằng xe rơ-moóc hạng lớn, dưới nguyên dạng không tháo dỡ hoặc chỉ tháo dỡ một phần nhỏ.

Những khuyết điểm của các cần trục tự hành là:

- Độ ổn định tương đối nhỏ, nhất là đối với cần trục ô tô .
- Tay cần ở tư thế nghiêng và thấp, cho nên khi lắp ghép kết cấu cần trục phải đứng xa công trình, như vậy tổn thất nhiều độ với hữu ích. Để khắc phục khuyết điểm này tay cần phải được trang bị thêm mỏ phụ.

#### \* 2.4.1.1. Cần trục ô tô

Cần trục ô tô có trọng tải từ 3 đến 100 tấn-lực, tay cần dài tới 35m. Tốc độ di chuyển khá lớn (40km/giờ) nên việc điều động cần trục từ nơi này đến nơi khác rất nhanh chóng (hình 2.13).



*Hình 2.13. Cần trục ô tô*

Cần trục ô tô gồm 2 loại, loại tay cần có chiều dài cố định được sản xuất từ thép ống, thép góc. Loại này tay cần có độ dài nhỏ. Nhược điểm lớn nhất của cần trục loại này là tay cần công kênh, di chuyển trên đường khó khăn.

Loại thứ hai là tay cần có khả năng thay đổi chiều dài nhờ cơ cấu thủy lực, ở Việt Nam đang sử dụng một số loại như: ADK, KATO, TATANO v.v... Do có khả năng thay đổi độ dài tay cần nên nó được sử dụng khá phổ biến trên công trường xây dựng.

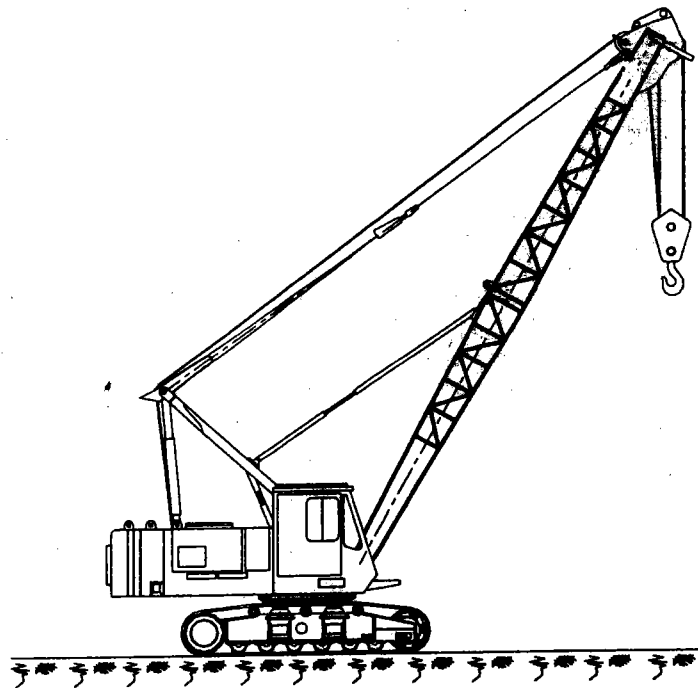


Các cần trục ô tô có khuyết điểm là khi cấu vật nặng thì phải đứng trên các chân phụ, điều này gây ra bất tiện khi phải di chuyển luôn. Nếu không dùng các bộ chân phụ thì trọng tải của cần trục ô tô giảm đi 3 - 4 lần.

Cần trục ô tô thường được dùng trong công tác bốc xếp và công tác lắp ghép nhỏ.

#### \* 2.4.1.2. Cần trục bánh xích

Cần trục bánh xích có trọng tải từ 3 đến 100 tấn-lực, tay cần dài tới 40m. Cần trục bánh xích có độ cơ động lớn hơn cần trục đường sắt, vì nó có thể đi trên bất kỳ loại đường nào, mặt bằng nào. Tốc độ di chuyển rất nhỏ, thường không quá 3 - 4km/giờ. Khi di chuyển đi xa nó phải tháo dỡ một phần hoặc không tháo dỡ (đối với cần trục có trọng tải dưới 10 tấn-lực) để chở đi bằng xe hoả hay bằng xe romoóc bánh hơi. Cần trục bánh xích không cần phải có các bộ chân phụ.



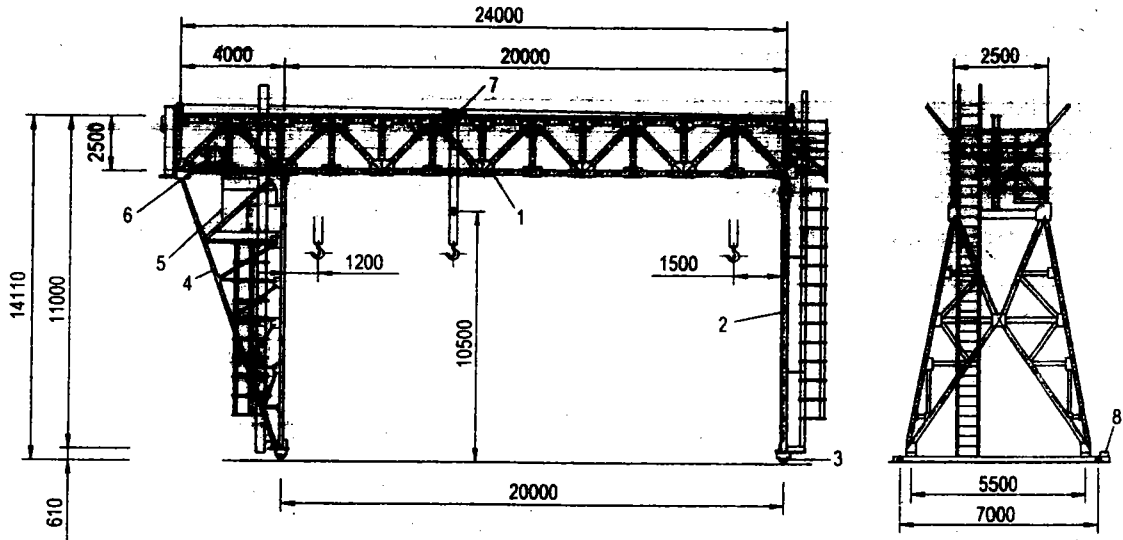
Hình 2.14. Cần trục bánh xích

#### 2.4.1.3. Cần trục cổng

Cần trục cổng có trọng tải từ 1 đến 120 tấn-lực, nhưng thông dụng nhất là những cần trục có trọng tải từ 5 đến 60 tấn-lực; khẩu độ từ 7 đến 45m, chiều cao tới 40m. Cần trục tự di chuyển trên đường ray.

Cần trục cổng có một hoặc hai xe con mang vật chạy trên dầm cầu. Tời nâng vật cũng đặt ngay trên dầm cầu. Có loại cần trục cổng dùng pa-lăng điện để di chuyển vật, pa-lăng này chạy trên đường ray treo vào cánh hạ của dầm cầu.

Dầm cầu cân trực công có một hoặc hai conson, hoặc không có conson nào; conson có thể dài tới 10m. Cân trực công có conson có thể lắp ghép những công trình nằm dưới dầm cầu và cầu cầu kiện từ xe, vận tải đứng dưới conson. Do conson ngắn, diện tích sân bãi chứa cầu kiện mà cân trực phục vụ được thì nhỏ, nên cần áp dụng phương pháp lắp ghép nhà trực tiếp từ xe vận tải.



**Hình 2.15.** Cân trực công loại 15 tấn-lực

1- Dầm cầu; 2- Chân tựa nối khớp; 3- Bộ phận bánh xe; 4- Chân tựa nối cứng;  
5- Phòng điều khiển; 6- Tời nâng vật; 7- Xe con mang vật; 8- Máy làm di chuyển cân trực

#### \* 2.4.2. Cân trực tháp

Cân trực tháp là loại máy cầu lắp thông dụng nhất trong xây dựng dân dụng và công nghiệp để lắp ghép các công trình cao và chạy dài.

Theo công dụng có thể phân loại các cân trực tháp thành mấy nhóm như sau:

- Loại cân trực nhẹ, trọng tải tới 10 tấn-lực, dùng để xây dựng các nhà công cộng, nhà công nghiệp nhiều tầng (tới 10 tầng), nhà dân dụng.

- Loại cân trực nặng, trọng tải trên 10 tấn-lực thường dùng trong xây dựng các công trình công nghiệp lớn, như nhà máy nhiệt điện, phân xưởng đúc thép lò bằng công trình lò cao v.v...

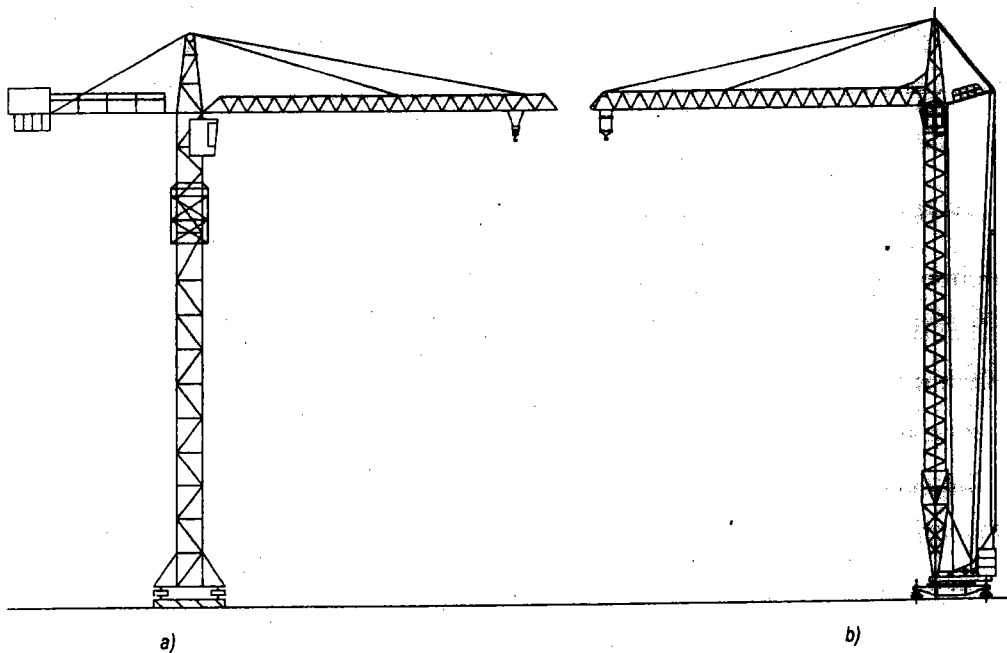
- Loại cân trực tháp tự nâng dùng trong xây dựng các công trình khá cao (nhà trên 10 tầng).

- Loại chạy trên ray và loại đứng cố định tại một vị trí; loại đối trọng đặt dưới và loại đối trọng đặt trên cao.

Cân trực tháp so với các loại cân trực khác có những ưu điểm chính sau đây:

- Độ cao nâng vật khá lớn.

- Từ trên cần trục người công nhân nhìn thấy vị trí lắp ghép cấu kiện.
- Không có dây giằng cản trở mặt thi công và gây khó khăn cho sự di chuyển cần trục.
- Khớp nối tay cần ở cao, nên có thể vận chuyển vật đến bất kỳ chỗ nào trên công trình mà không sợ tay cần bị vướng bởi phần công trình đã xây lắp trước.
- Đứng gần sát công trình xây dựng hơn so với các cần trục tự hành, do đó tận dụng được độ với và sức trục.
- Di chuyển dễ dàng trên đường ray chạy dọc công trình và cũng có thể di chuyển theo đường ray cong như vậy. Có thể vận chuyển vật liệu và cấu kiện một cách trực tiếp từ xe vận tải hay từ kho bãi đến vị trí lắp ghép trên công trình, không phải qua khâu bốc xếp trung gian.



**Hình 2.16. Cần trục tháp:**  
a) Cần trục tháp cố định; b) Cần trục tháp di động

### 2.4.3. Cần trục bay

Hiện nay nhiều nước đã sử dụng máy bay trực thăng có trọng tải 4 ÷ 16 tấn vào việc vận chuyển hoặc cầu lắp kết cấu, máy bay trực thăng hiện đang được sử dụng vào một số công việc sau:

+ Vận chuyển và lắp dựng các công trình cao như cột điện cao thế, những công trình ở những vùng đồi núi không có đường xe vào. Phần trên của tháp vô tuyến truyền hình cao 211m ở Đức đã được lắp đặt bằng máy bay trực thăng.

+ Sửa chữa thay thế các làn mái hư hỏng trong các nhà có diện tích rộng, nhà công nghiệp có nhiều khẩu độ.

- *Ưu điểm cần trục bay:*

- + Lên và xuống nhanh chóng được ở những độ cao lớn.
- + Có thể lắp đặt thiết bị ở những khu vực không có đường xá.
- + Có khả năng đứng tại chỗ trên không trung khoảng 2 ÷ 3 phút.

- *Nhược điểm:*

+ Thời gian dùng treo vật tại một điểm nhất định trên không trung còn quá ngắn chưa đủ để đặt và điều chỉnh kết cấu vào đúng vị trí.

+ Khi treo kết cấu nặng, công kênh ở bên ngoài thì độ ổn định của máy bay kém. Vật treo vào máy bay bằng dây mềm dài sẽ bị đu đưa và tạo ra những lực động gây khó khăn cho việc điều khiển máy bay, gây ra những va chạm nguy hiểm trong lúc lắp ghép.

+ Có thể thay các dây trục mềm này bằng các thanh cứng, lúc này máy bay không thể ở gần sát công trình được vì những luồng gió quá mạnh mà máy bay gây ra.

+ Giá thành cao.

## **\*\* 2.5. CÁCH CHỌN CẦN TRỤC**

Để chọn cần trục cần căn cứ vào các yếu tố sau:

- + Hình dáng, kích thước của cấu kiện.
- + Kích thước của công trình lắp ghép.
- + Trọng lượng cấu kiện và các thiết bị treo buộc  $Q$  (T).
- + Chiều cao đặt cấu kiện  $H_L$  (m).
- + Độ với của cần trục  $R$  (m).
- + Chiều dài tay cần của cần trục  $L$  (m).
- + Sơ đồ di chuyển của cần trục khi lắp ghép các kết cấu.
- + Vật cản phía trước cần trục, những cấu kiện bất lợi có thể là: Nặng nhất, xa nhất so với vị trí đứng của cần trục, hoặc là ở vị trí cao nhất của công trình.

+ Thời gian yêu cầu hoàn thành công trình.

+ Các điều kiện về mặt bằng thi công lắp ghép.

### **2.5.1. Biểu đồ tính năng làm việc của cần trục**

Mỗi loại cần trục có tính năng hoạt động nhất định. Tính năng hoạt động của mỗi loại cần trục được nhà sản xuất cho trong biểu đồ tính năng kèm theo tài liệu hướng dẫn sử dụng. Biểu đồ tính năng thể hiện quan hệ giữa các thông số: Sức trục  $Q$ , chiều cao nâng móc  $H$ , độ với tay cần  $R$  và chiều dài tay cần  $L$  của cần trục. Từ các đường đóng trên hình vẽ 2.17 (Biểu đồ tính năng của một loại cần trục) xác định được sức nâng và chiều cao nâng móc của cần trục đó.