

# KẾT CẤU THÉP – PHẦN 2

## STRUCTURAL STEEL – PART 2

GIẢNG VIÊN: TRẦN VĂN PHÚC



## NỘI DUNG MÔN HỌC

### 1. LÝ THUYẾT:

- KẾT CẤU THÉP NHÀ CÔNG NGHIỆP MỘT TẦNG
- KẾT CẤU THÉP NHÀ NHỊP LỚN

### 2. ĐỒ ÁN:

THIẾT KẾ KẾT CẤU THÉP NHÀ CÔNG NGHIỆP MỘT TẦNG, MỘT NHỊP

# TÀI LIỆU HỌC TẬP

## 1. TÀI LIỆU CHÍNH

- Đoàn Định Kiến, Nguyễn Văn Tấn, Phạm Văn Hội, Phạm Văn Tư, Lưu Văn Tường *Kết cấu thép (phần cấu kiện cơ bản)*.
- Phạm Văn Hội, Nguyễn Quang Viên, Phạm Văn Tư, Đoàn Ngọc Tranh, Hoàng Văn Quang. *Kết cấu Thép 2 (Công trình dân dụng và công nghiệp)*. NXB Khoa học và kỹ thuật Hà Nội. 1998.

# TÀI LIỆU HỌC TẬP

## 2. TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Đoàn Định Kiến, Phạm Văn Tư, Nguyễn Quang Viên. *Thiết kế Kết cấu thép Nhà Công nghiệp*. NXB Khoa học và kỹ thuật Hà nội 1995
- TCVN 5575 : 2012; Kết cấu Thép. Tiêu chuẩn thiết kế
- Practical Design of Steel Structures, Karuna Moy Ghosh
- Single-Storey Steel Buildings, Detailed Design of Portal Frame
- Single-Storey Steel Buildings, Detailed Design of Trusses
- Guide for the Design of Crane-Supporting Steel Structures

# CHƯƠNG I

## MỘT SỐ DẠNG CÔNG TRÌNH SỬ DỤNG KẾT CẤU THÉP

### 1.1 Công trình công nghiệp



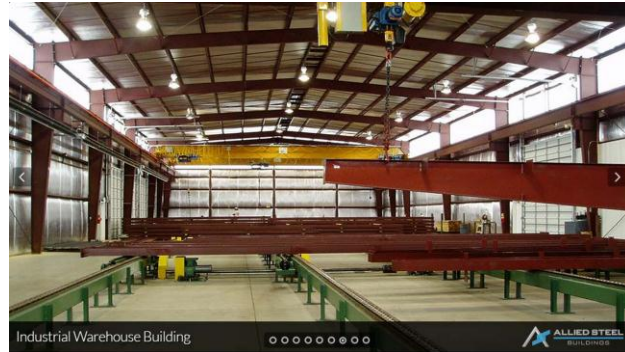
CMT Bale Press Textile Factory  
Size: 24m x 80m  
with its curved roof, eave  
overhang and rounded gutter

### 1.1 Công trình công nghiệp



The second sewing factory constructed for CMT by REIDsteel was in Phoenix. It measures 173m x 61m, with three floors. The ground floor is divided into four sections, for washing, printing, cutting and dyeing. The first floor has storage at either end, as well as sections for embroidery and traditional make-up.

## 1.1 Công trình công nghiệp



Industrial warehouse with crane

## 1.1 Công trình công nghiệp



This factory in Phoenix is one of many textile factories that REIDsteel have designed. The multi-storey factory building spans 64m and is 75m long.

## 1.2 Công trình dân dụng



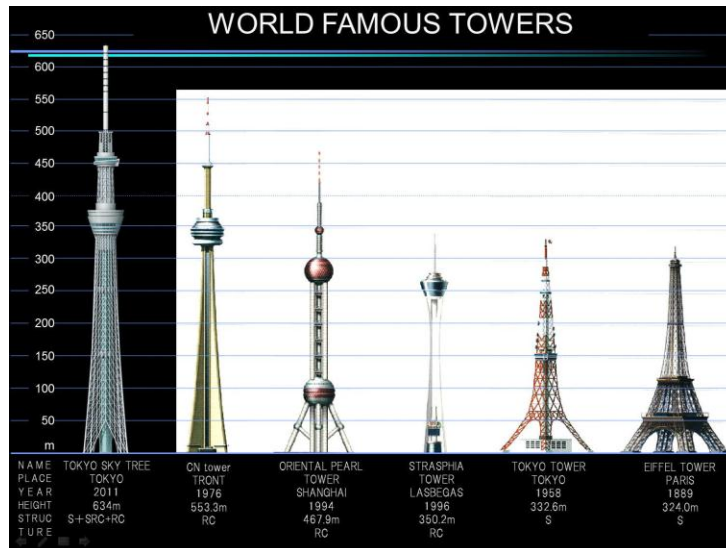
## 1.2 Công trình dân dụng



## 1.2 Công trình dân dụng



## 1.2 Các loại công trình khác



## 1.2 Các loại công trình khác

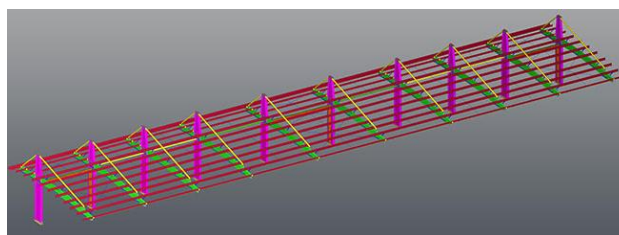
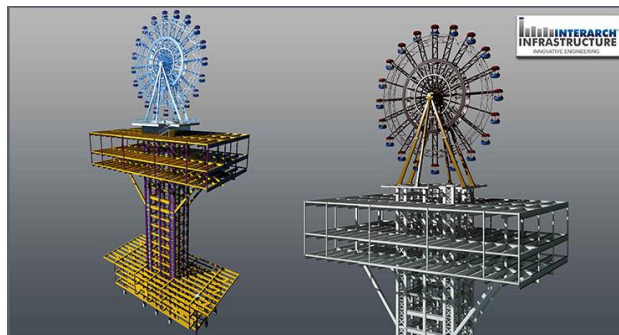


## 1.2 Các loại công trình khác

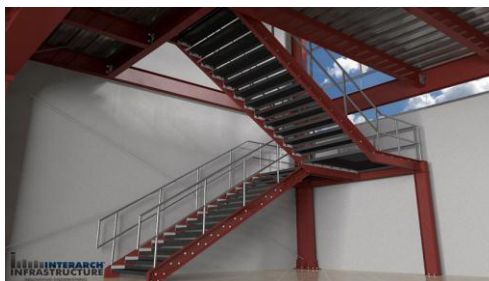
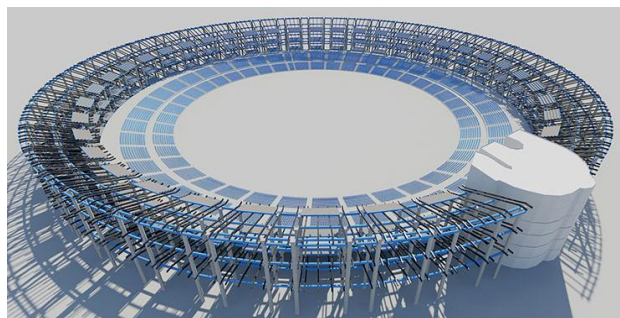


Project name	Exhibition hall
Type	Bolted ball joint space frame
Size	Length 80 M , Width is 35 M
Anti-rust treatment	Main components by hot-dip galvanization
Cladding panel	Sandwich sheet + FRP day lighting sheet
Construction Outline	Steel space frame , enclosure system ,Embedded parts manufacturing
Project Duration	85 days

## 1.2 Các loại công trình khác



## 1.2 Các loại công trình khác



## 1.2 Các loại công trình khác



## CHƯƠNG 2

### KẾT CẤU THÉP NHÀ CÔNG NGHIỆP MỘT TẦNG

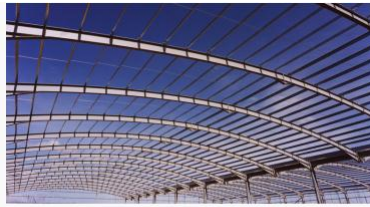
#### 2.1 Đại cương về nhà công nghiệp một tầng bằng thép

- Quá trình sản xuất công nghiệp được thực hiện trong một công trình đặc biệt. Công trình đó được gọi là **Nhà công nghiệp (NCN) hay nhà xưởng**
- Nhà máy luyện kim, xưởng đúc, nhà máy điện, nhà kho... Phổ biến nhất là NCN 1 tầng, với các yêu cầu: nhịp rộng, chiều cao lớn, có cầu trục hoạt động.

## 2.1 Đại cương về nhà công nghiệp một tầng bằng thép

### Ưu điểm:

- Rút ngắn thời gian thi công (Speed of construction)
- Tính thích ứng cao (Flexibility and adaptability)
- Thiết kế hiệu quả (Resource efficient design)



Lightweight, structurally efficient portal frame



The relatively low self-weight of steel structures reduces material use and deliveries to site

## 2.1 Đại cương về nhà công nghiệp một tầng bằng thép

### Ưu điểm:

- Hiệu quả sử dụng cao (Sustainability)



Before...



.....and after refurbishment

In addition to re-cladding the building using **composite steel panels**, the height of the building was increased by 3m by introducing **column splices** (as shown ) before re-erecting the original **bracing**, rafters and **purlins**; a great example of adaptable and reusable steel buildings



Column splices used to increase the height of the existing building

## 2.1 Đại cương về nhà công nghiệp một tầng bằng thép

### ➤ Có hai loại nhà công nghiệp:

- Nhà công nghiệp có cấu trúc : Là loại công nghiệp sản xuất ra các công cụ sản xuất như : nhà máy nhiệt điện, xi măng, sắt thép, cơ khí
  - Nhẹ : Sức trục  $Q < 20 \text{ T}$ ;
  - Trung bình :  $Q = 20 \text{ T} - 75 \text{ T}$ ;
  - Nặng :  $Q < 150 \text{ T}$ ;
  - Rất nặng :  $Q > 150 \text{ T}$ ;
- Nhà công nghiệp không có cấu trúc : ví dụ như nhà máy dệt, may, da, giấy, pin acqui, sữa đường, bột ngọt, đồ hộp.. .

## 2.1 Đại cương về nhà công nghiệp một tầng bằng thép

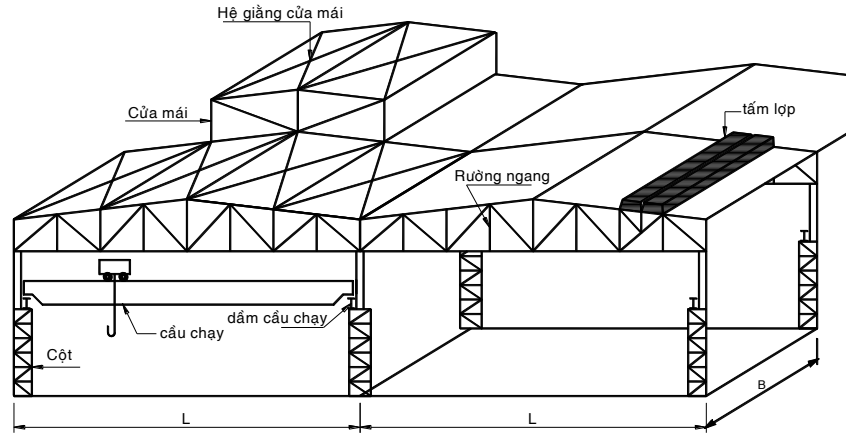
### Các yêu cầu khi thiết kế nhà công nghiệp bằng thép

- Độ bền, an toàn
- Công năng sử dụng, có tính thích ứng cao cho các mục tiêu phát triển trong tương lai
- Hiệu quả về sử dụng vật liệu thép
- Thi công thuận lợi
- Thuận lợi cho công tác bảo quản, bảo trì
- Thẩm mỹ

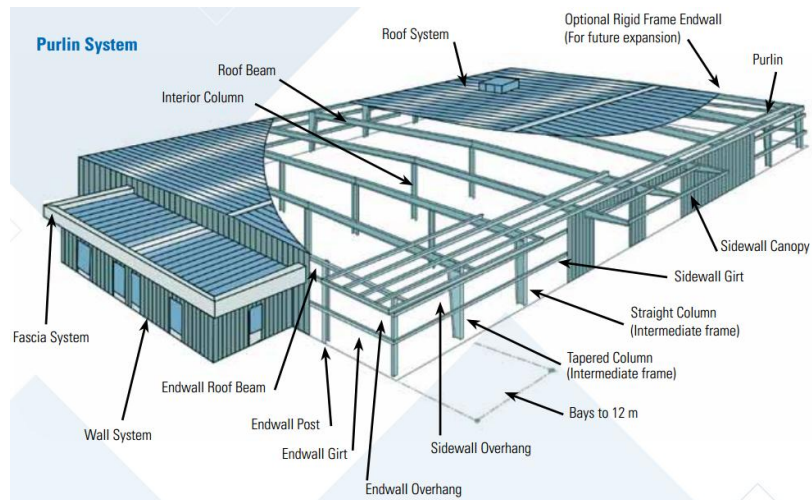
## CHƯƠNG 2

### KẾT CẤU THÉP NHÀ CÔNG NGHIỆP MỘT TẦNG

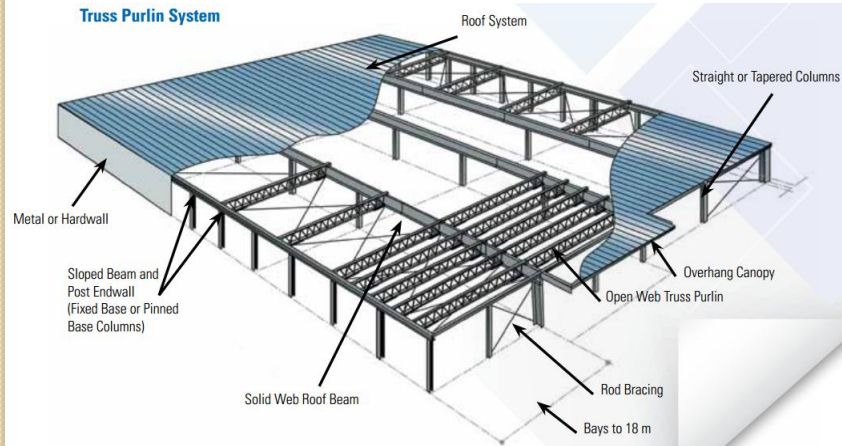
#### 2.2 Cấu tạo nhà công nghiệp một tầng



#### 2.2 Cấu tạo nhà công nghiệp một tầng

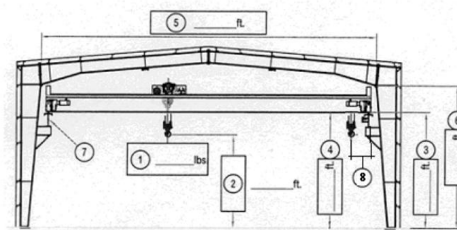


## 2.2 Cấu tạo nhà công nghiệp một tầng



## 2.2 Cấu tạo nhà công nghiệp một tầng

### PARAMETERS NEEDED FOR SPECIFYING AN OVERHEAD CRANE



TOP RUNNING CRANE DOUBLE GIRDER

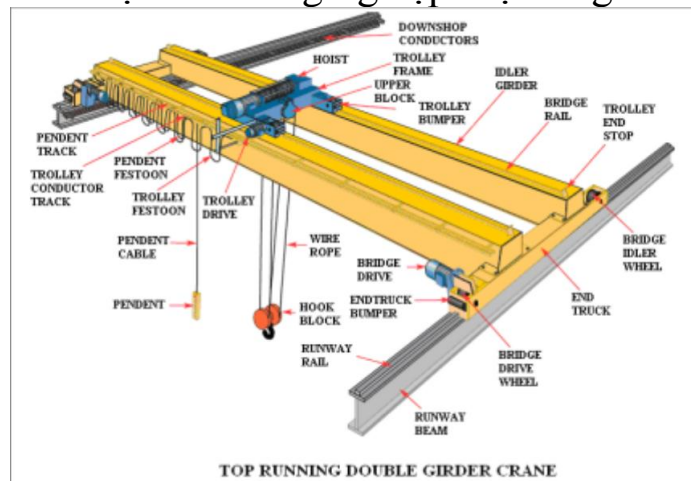
1	Crane capacity (tons)	<b>Other Desired Information</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Hoist Speed (ft per minute)</li> <li>✓ Bridge Travel Speed (ft per min)</li> <li>✓ Trolley Travel Speed (ft per min)</li> <li>✓ Electrical Requirements (Festoon or Conductor Bar)</li> <li>✓ Control Requirements</li> </ul>
2	Required lifting height (in.)	
3	Runway height (ft. & in.)	
4	Clearance Required (ft. & in.)	
5	Building Width, Clear Span (ft. & in.)	
6	Building Height (ft. & in.)	
7	Runway Size & Length (in. & ft)	
8	Hook Approach & End Approach (ft. & in.)	

## 2.2 Cấu tạo nhà công nghiệp một tầng

Có ba loại cần trục:

- Cần trục dầm đôi, chạy ở trên (*Top running double girder bridge cranes*)
  - Cần trục có hai dầm, xe điện và tời di chuyển dọc theo cánh trên cần trục.
  - Toàn bộ cần trục tựa lên ray nằm trực tiếp trên cánh trên dầm cầu chạy.
  - Vận tốc tối đa của cần trục, xe điện, tời tương ứng là 350 fpm, 150 fpm, 60 fpm.
  - Sức trục rất lớn có thể trên 100 tấn.
  - Chiều cao làm việc của móc cầu lớn nhất.

## 2.2 Cấu tạo nhà công nghiệp một tầng



## 2.2 Cầu tạo nhà công nghiệp một tầng

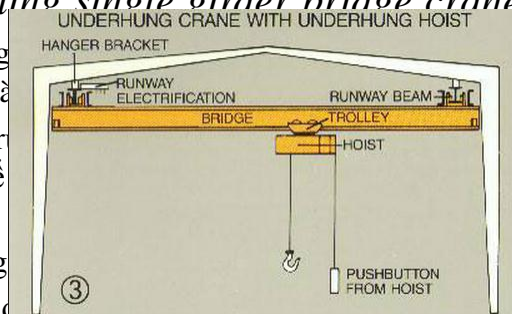
- Cầu trục dầm đơn, chạy ở trên (*Top running single girder bridge cranes*)
  - Cầu trục chỉ có một dầm, xe điện và tời di chuyển dọc theo cánh dưới cầu trục.
  - Toàn bộ cầu trục tựa lên ray nằm trực tiếp trên cánh trên dầm cầu chạy.
  - Nhịp cầu trục đơn tối đa 15 m, sức trục tối đa 15 tấn
  - Vận tốc tối đa của cầu trục, xe điện, tời tương ứng là 200 fpm, 100 fpm, 60 fpm.



## 2.2 Cầu tạo nhà công nghiệp một tầng

- Cầu trục dầm đơn, chạy ở dưới (*Under-running single girder bridge cranes*)

- Thông
- mái và
- Sức tr
- có thể
- Phạm
- nhưng
- Tầng c



hệ kết cấu  
chạy  
đặc biệt  
hặt bằng

## 2.2 Cấu tạo nhà công nghiệp một tầng

### **Chế độ làm việc của NCN theo các chế độ làm việc của cầu trục**

- Tải trọng cầu trục là loại tải trọng lặp, động lực, dễ gây hư hại kết cấu nên khi thiết kế, chú ý đến chế độ làm việc của cầu chạy:

$K_n$  - số ngày làm việc trong một năm;  $K_g$  - số giờ làm việc trong một ngày; Và các hệ số K này được tính theo % so với sức trục tối đa.

- Cầu trục có CĐLV nhẹ:  $K < 20\%$
- Cầu trục có CĐLV trung bình:  $K < 33\%$
- Cầu trục có CĐLV nặng:  $K < 60\%$
- Cầu trục có CĐLV rất nặng:  $K < 80\%$

## 2.2 Cấu tạo nhà công nghiệp một tầng

### Bố trí hệ lưới cột:

- **Yêu cầu kĩ thuật và thao tác** :
  - Phụ thuộc dây chuyền sản xuất công nghệ và hệ kĩ thuật của công trình
  - Đảm bảo không gian thao tác cho người thợ
  - Đủ ánh sáng thông thoáng, giao lưu không khí
- **Yêu cầu về kết cấu** :
  - Làm sao kết cấu có độ cứng cao nhất.
  - Hệ lưới cột bố trí nằm trên cùng 1 đường thẳng
  - Theo hệ modul thống nhất.
- **Yêu cầu về phát triển**: thay đổi công nghệ nhà máy.
- **Yêu cầu về kinh tế** :
  - Tìm ra được khoảng cách lợi nhất giữa các cột

## 2.2 Cấu tạo nhà công nghiệp một tầng

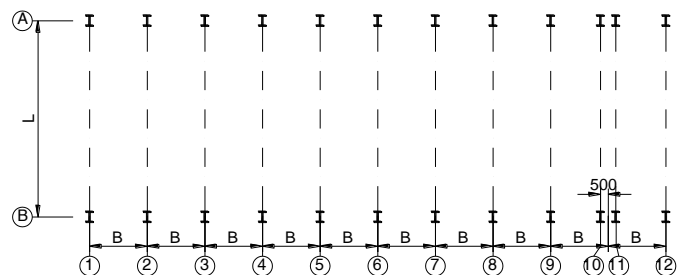
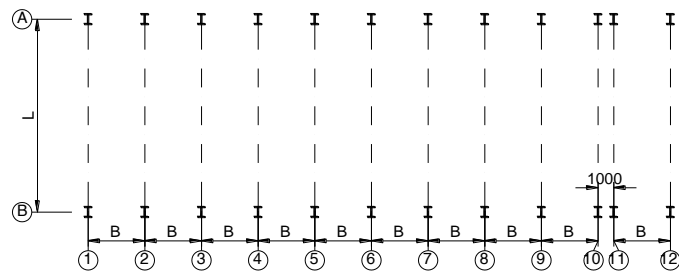
### Khe nhiệt độ:

Bố trí khe nhiệt độ nhằm **tách công trình ra nhiều đoạn để mỗi đoạn gây ra biến dạng nhiệt độ trong phạm vi cho phép và mỗi đoạn là đoạn nhiệt độ**. Khi móng cũng được tách riêng, khe nhiệt độ cũng là khe lún.

Đặc điểm của nhà và công trình	Khoảng cách lớn nhất		
	Giữa các khe nhiệt độ		Từ khe nhiệt độ hoặc từ đầu mút nhà đến trục của hệ giằng đứng gần nhất
	Theo dọc nhà	Theo ngang nhà	
– Nhà có cách nhiệt	230	150	90
– Nhà không cách nhiệt và các xưởng nóng	200	120	75
– Cầu cạn lộ thiên	130		50

CHÚ THÍCH: Khi trong phạm vi khối nhiệt độ của nhà và công trình có hai hệ giằng đứng thì khoảng cách giữa các trục của chúng không vượt quá: Từ 40 đến 50 m đối với nhà; từ 25 đến 30 m đối với cầu cạn lộ thiên.

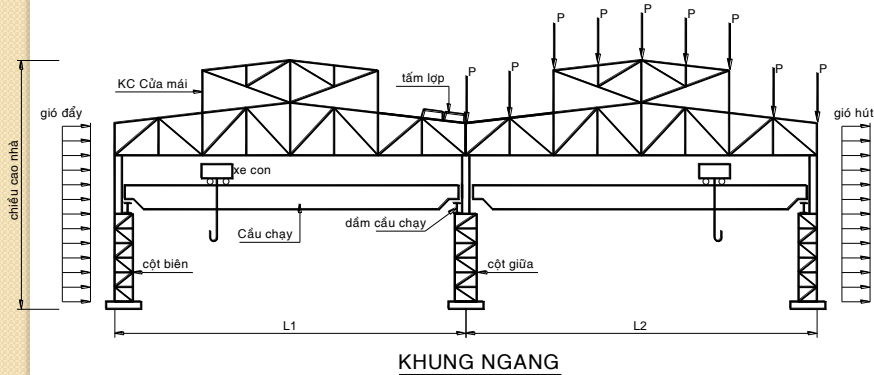
## 2.2 Cấu tạo nhà công nghiệp một tầng



## 2.2 Cấu tạo nhà công nghiệp một tầng

### Hệ khung chịu lực

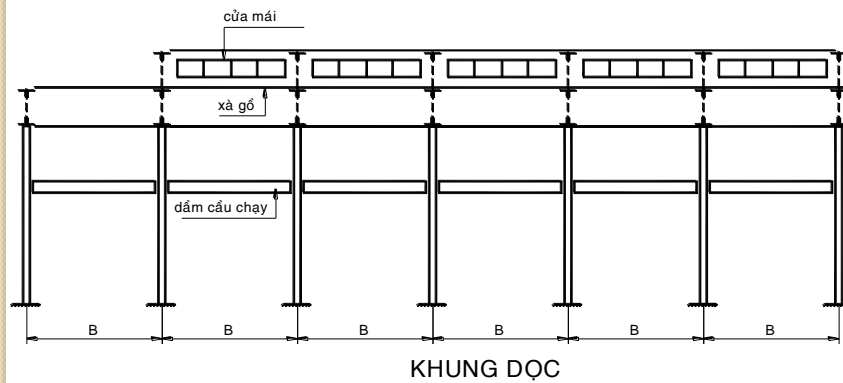
- **Khung ngang** : là kết cấu chịu lực chính. Gồm cột và dầm ngang.



## 2.2 Cấu tạo nhà công nghiệp một tầng

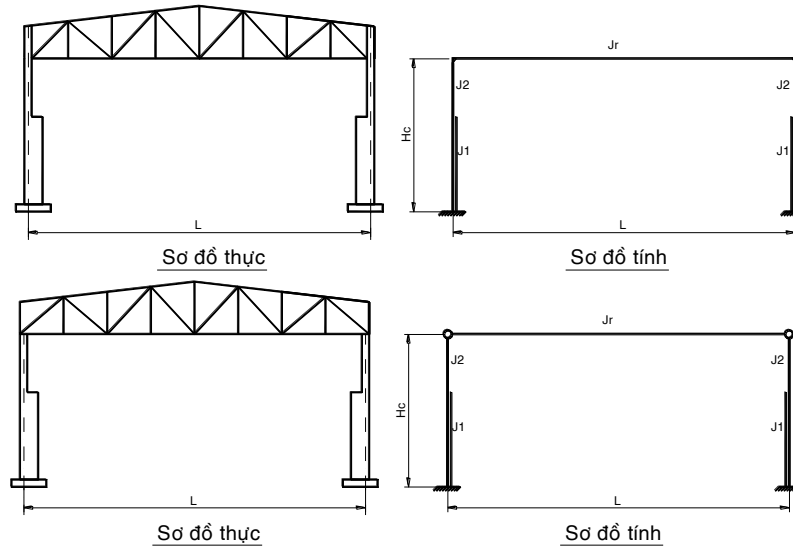
### Hệ khung chịu lực

- **Khung dọc** : là kết cấu chịu lực theo phương dọc nhà. Gồm cột, dầm cầu chạy, hệ giằng dọc nhà.



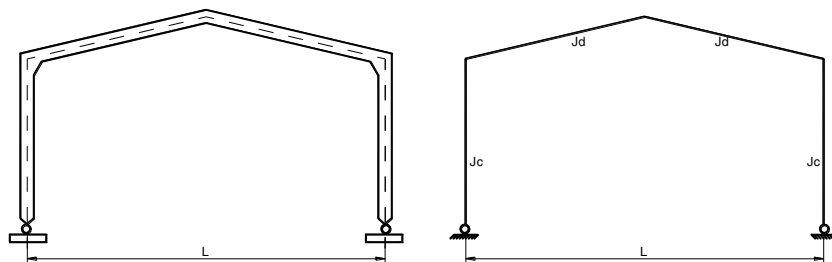
## 2.2 Cấu tạo nhà công nghiệp một tầng

### Các hình thức khung ngang



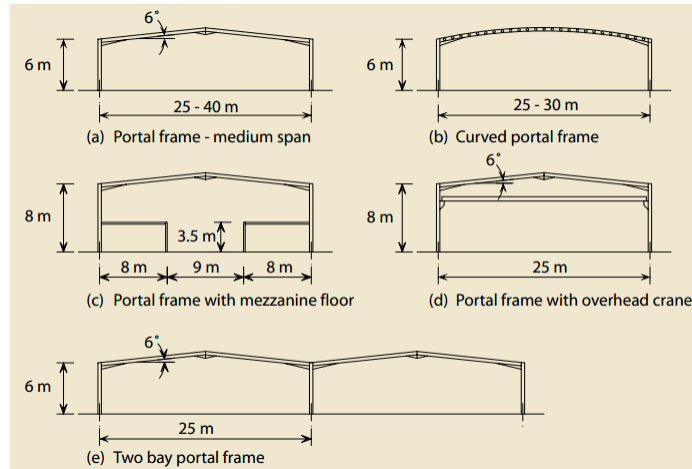
## 2.2 Cấu tạo nhà công nghiệp một tầng

### Các hình thức khung ngang



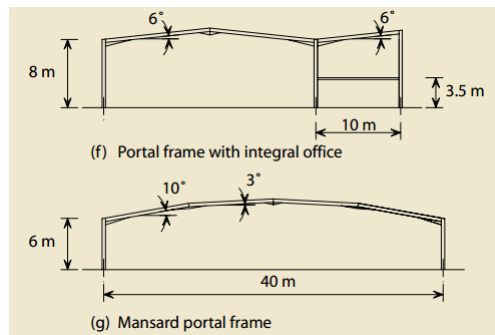
## 2.2 Cấu tạo nhà công nghiệp một tầng

### Các hình thức khung ngang



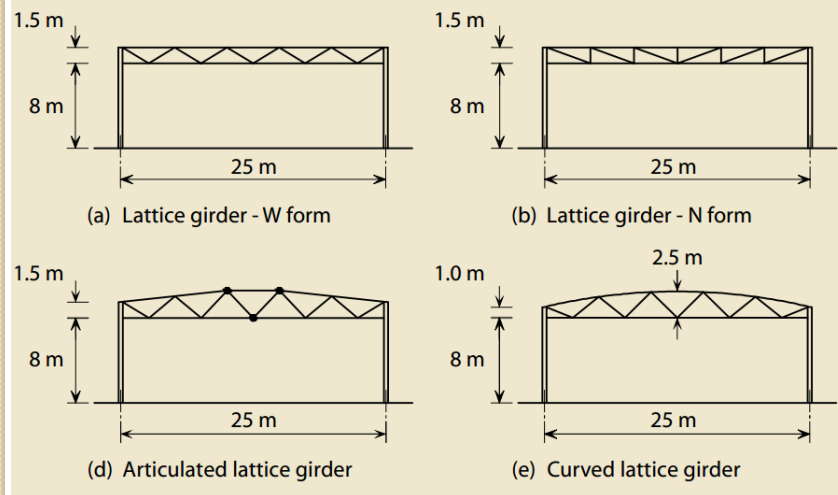
## 2.2 Cấu tạo nhà công nghiệp một tầng

### Các hình thức khung ngang



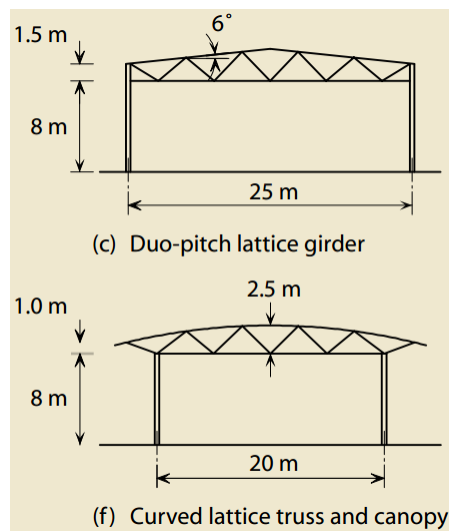
## 2.2 Cấu tạo nhà công nghiệp một tầng

### Các hình thức khung ngang



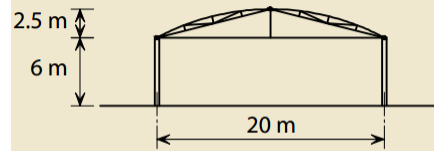
## 2.2 Cấu tạo nhà công nghiệp một tầng

### Các hình thức khung ngang

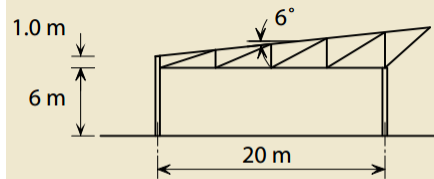


## 2.2 Cấu tạo nhà công nghiệp một tầng

### Các hình thức khung ngang



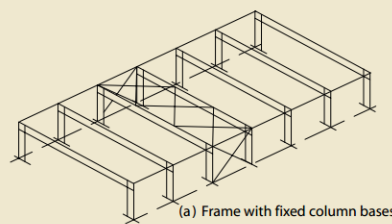
(g) Articulated bow-string



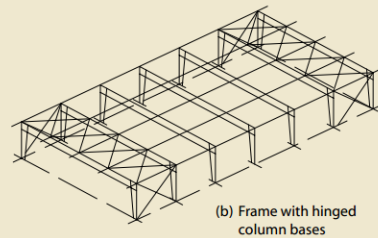
(h) Mono-pitch lattice girder with canopy

## 2.2 Cấu tạo nhà công nghiệp một tầng

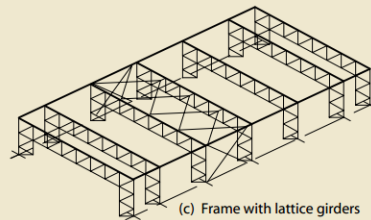
### Các hình thức khung ngang



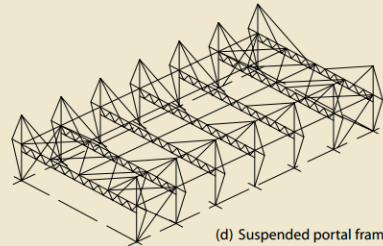
(a) Frame with fixed column bases



(b) Frame with hinged column bases



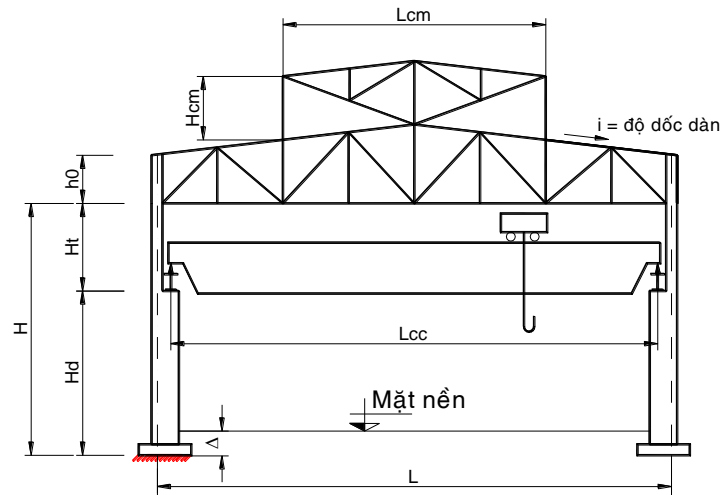
(c) Frame with lattice girders



(d) Suspended portal frame

## 2.2 Cấu tạo nhà công nghiệp một tầng

### Kích thước khung ngang



## 2.2 Cấu tạo nhà công nghiệp một tầng

### Kích thước theo phương ngang

Bao gồm :

- Nhịp khung  $L$
- Nhịp cửa mái  $L_{cm}$
- Nhịp cầu chạy  $L_{cc}$
- Chiều cao tiết diện cột trên
- Chiều cao tiết diện cột dưới
- Khoảng cách các mắt dàn

## 2.2 Cấu tạo nhà công nghiệp một tầng

### Kích thước theo phương ngang

- Kích thước cơ bản là nhịp khung L ( khoảng cách giữa các trục định vị dọc). Nhịp L có môđun 3m khi  $L \leq 18\text{m}$ , môđun 6m khi  $L > 18\text{m}$ .
- Tại cột biên, trục định vị cách mép ngoài cột một khoảng là a, có thể được lấy như sau :
  - $a = 0$  khi  $Q \leq 30\text{T}$
  - $a = 500\text{mm}$  khi  $Q > 75\text{T}$ , hoặc cầu trục chế độ làm việc nặng, cần tổ chức lối cho người đi lại trên mặt dầm cầu chạy.
  - $a = 250\text{mm}$  cho các trường hợp còn lại.

## 2.2 Cấu tạo nhà công nghiệp một tầng

### Kích thước theo phương ngang

- Nhịp của cầu trục  $L_{cc}$  là khoảng cách giữa hai tim ray  $L_{cc} = L - 2\lambda$ ,  $L_{cc}$  có môđun 0,5m nên  $\lambda$  phải lấy chẵn 250mm và được lấy như sau :
  - $\lambda = 750\text{mm}$  khi nhà có cầu trục  $Q \leq 75\text{T}$
  - $\lambda = 1000\text{mm}$  khi nhà có cầu trục  $Q > 75\text{T}$  hoặc khi có lối đi xuyên qua cột
  - $\lambda = 1250\text{mm}$  khi cầu trục có chế độ làm việc rất nặng hoặc có lối đi bên ngoài cột.

## 2.2 Cấu tạo nhà công nghiệp một tầng

### Kích thước theo phương ngang

- Để cho cầu trục khi chuyển động không va chạm vào cột, khoảng cách  $\lambda$  từ trục ray đến trục định vị phải thỏa mãn điều kiện :

$$\lambda > B_1 + (h_t - a) + D$$

- Trong đó  $B_1$  – phần đầu của cầu trục, bên ngoài ray, lấy theo catalô cầu trục, khoảng 200 – 500mm ;  $D$  – khe hở an toàn giữa cầu trục và mặt trong của cột lấy bằng 60 – 75mm.

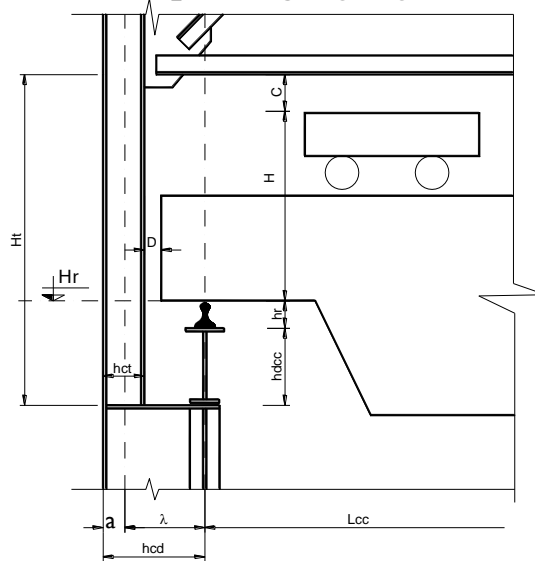
## 2.2 Cấu tạo nhà công nghiệp một tầng

### Kích thước theo phương ngang

- Chiều cao tiết diện cột trên  $h_t$  có thể lấy bằng 1/10 -1/12 chiều cao cột trên  $H_t$ , thường lấy từ 400 – 1000m. Bề rộng 1000mm áp dụng khi cần trở lố cho người đi qua bụng cột.
- Chiều cao tiết diện cột dưới  $h_d$  lấy không nhỏ hơn (1/15 – 1/20) $H$  –  $H$  là chiều cao toàn cột. Do trục nhánh đỡ dầm cầu trục thường trùng với dầm cầu trục nên  $h_d = a + \lambda$ . Vì vậy  $h_d$  có thể được lấy là 750 ; 1000 ; 1250 ; 1500mm

## 2.2 Cấu tạo nhà công nghiệp một tầng

### Kích thước theo phương ngang



## 2.2 Cấu tạo nhà công nghiệp một tầng

### Kích thước theo phương đứng

Bao gồm :

- Chiều cao cột dưới  $H_d$
- Chiều cao cột trên  $H_t$
- Chiều cao toàn cột  $H$
- Chiều cao đầu dầm  $h_0$
- Chiều cao giữa dầm  $h_d$
- Chiều cao cửa mái  $H_{cm}$

## 2.2 Cấu tạo nhà công nghiệp một tầng

### Kích thước theo phương đứng

- Xác định chiều cao cột dưới :  

$$H_d = H_r + D - ( h_r + h_{dcc} )$$
- Xác định chiều cao cột trên :  

$$H_t = h_r + h_{dcc} + H + C$$
- Chiều cao toàn cột :  

$$H = H_d + H_{tr}$$
- Chiều cao cửa mái  $H_{cm}$ , chọn theo điều kiện thông thoáng và lấy sáng. Thường lấy cao 1250, 1500, 1750.
- Chiều cao dàn

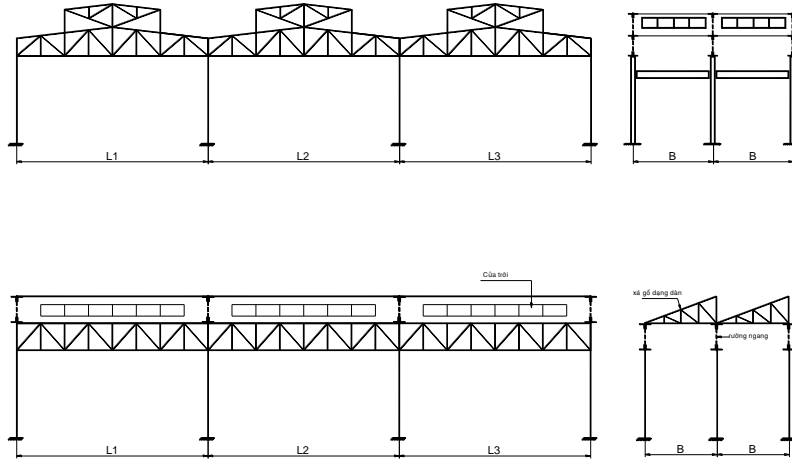
## 2.2 Cấu tạo nhà công nghiệp một tầng

### Khung ngang nhà công nghiệp nhiều nhịp

- **Phụ thuộc 3 yếu tố chính :**
  - **Yêu cầu về kiến trúc và kết cấu :** bao nhiêu nhịp, kích thước mỗi nhịp , chiều cao ? )
  - **Yêu cầu về các điều kiện vật lý kiến trúc :** thông gió , chiếu sáng , thoát nước , . . .
  - **Yêu cầu về kinh tế sản xuất :** Thỏa mãn các yêu cầu về sử dụng rồi mới đặt vấn đề rẻ đắt

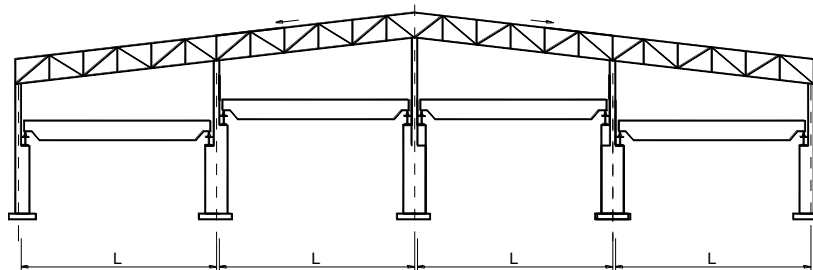
## 2.2 Cấu tạo nhà công nghiệp một tầng

Khung ngang nhà công nghiệp nhiều nhịp cùng chiều cao



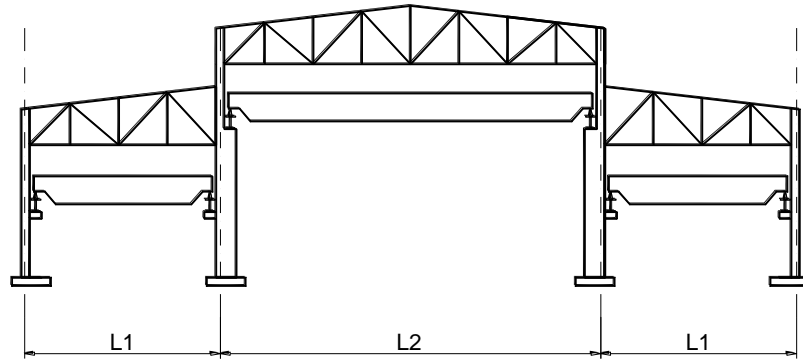
## 2.2 Cấu tạo nhà công nghiệp một tầng

Khung ngang nhà công nghiệp nhiều nhịp cùng chiều cao



## 2.2 Cấu tạo nhà công nghiệp một tầng

Khung ngang nhà công nghiệp nhiều nhịp khác chiều cao



## CHƯƠNG 2 KẾT CẤU THÉP NHÀ CÔNG NGHIỆP MỘT TẦNG

### 2.3 Kết cấu mái

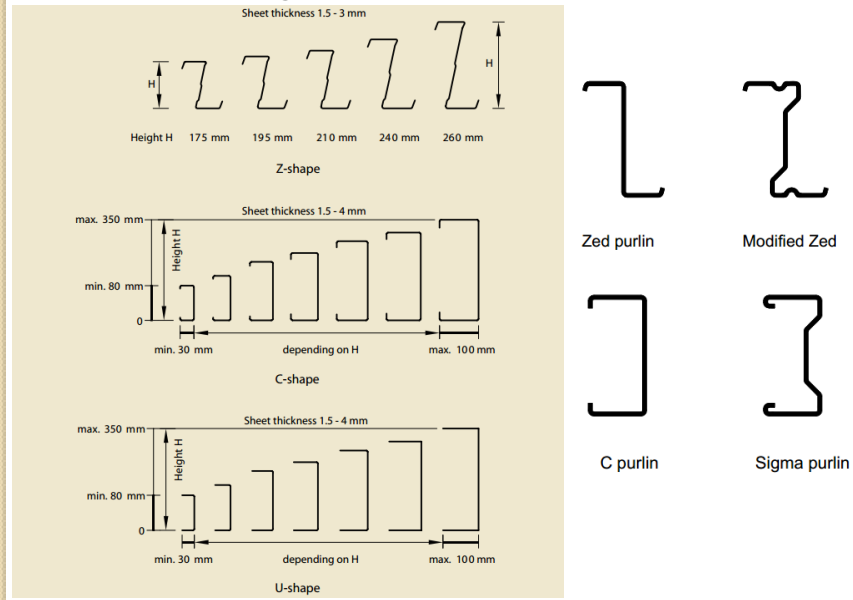
Hệ mái có xà gồ



Xà gồ trực tiếp chịu tải trọng mái và truyền xuống dầm mái, đồng thời cũng được xem là một trong hệ giằng dọc nhà, tăng ổn định ngoài mặt phẳng cho dầm mái. Khoảng cách xà gồ từ 1,5 m đến 2 m

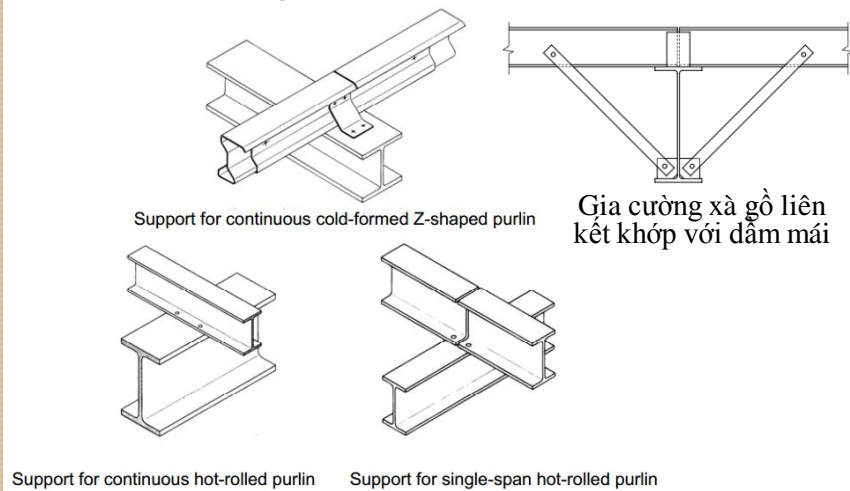
## 2.3 Kết cấu mái

### Hệ mái có xà gồ



## 2.3 Kết cấu mái

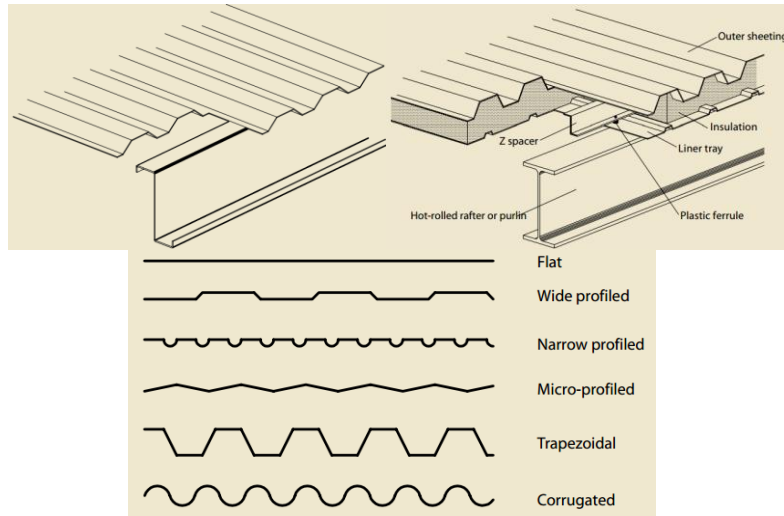
### Hệ mái có xà gồ



Hình thức liên kết giữa xà gồ và dầm mái quyết định sơ đồ tính xà gồ: dầm đơn giản hay dầm liên tục

## 2.3 Kết cấu mái

### Hệ mái có xà gồ

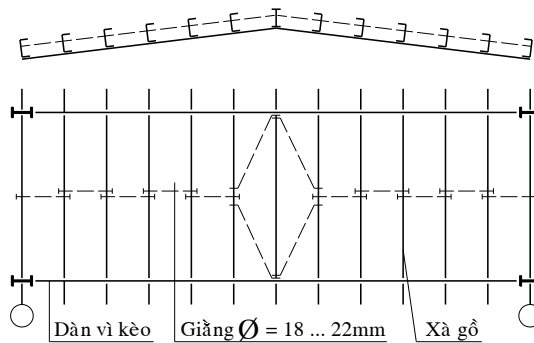


## 2.3 Kết cấu mái

### Hệ mái có xà gồ

#### Giằng xà gồ

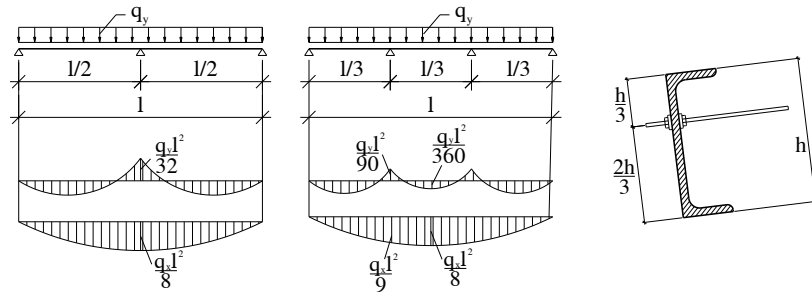
- Khi  $B = 6$  m bố trí một giằng giữa,  $B = 12$  m bố trí hai giằng cách đều.
- Độ võng  $f/l \leq [f/l] = 1/200$ .



## 2.3 Kết cấu mái

### Hệ mái có xà gồ

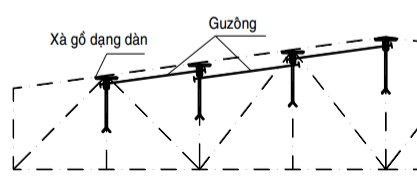
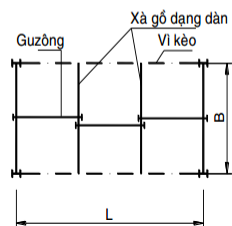
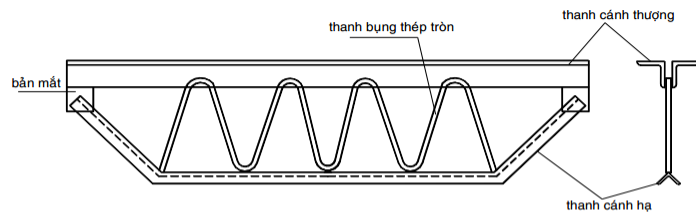
#### Giằng xà gồ



## 2.3 Kết cấu mái

### Hệ mái có xà gồ

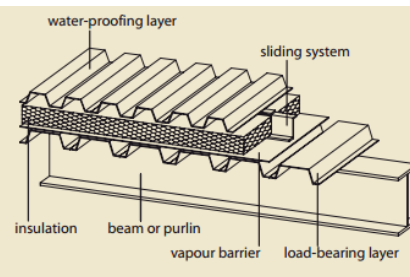
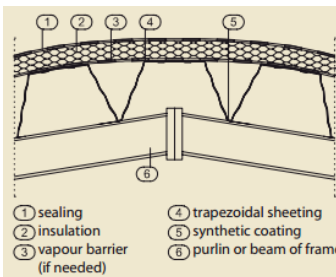
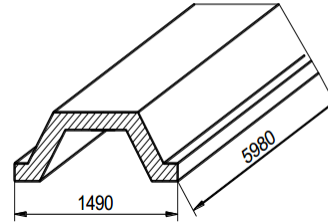
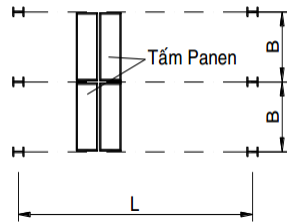
– Xà gồ dạng dàn :



## 2.3 Kết cấu mái

### Hệ mái không có xà gồ

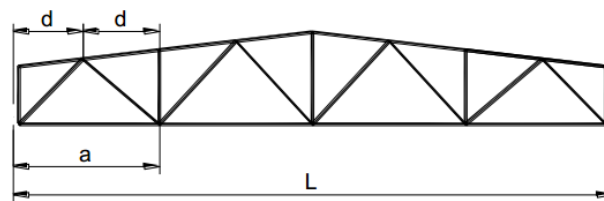
– Hệ mái không có xà gồ (mái nặng)



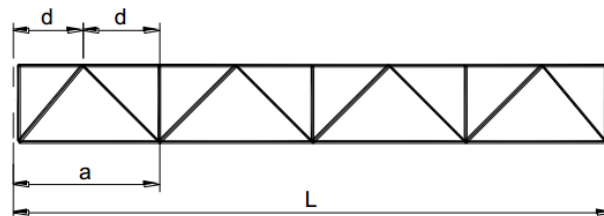
## 2.3 Kết cấu mái

### Kết cấu dàn mái

Dạng a

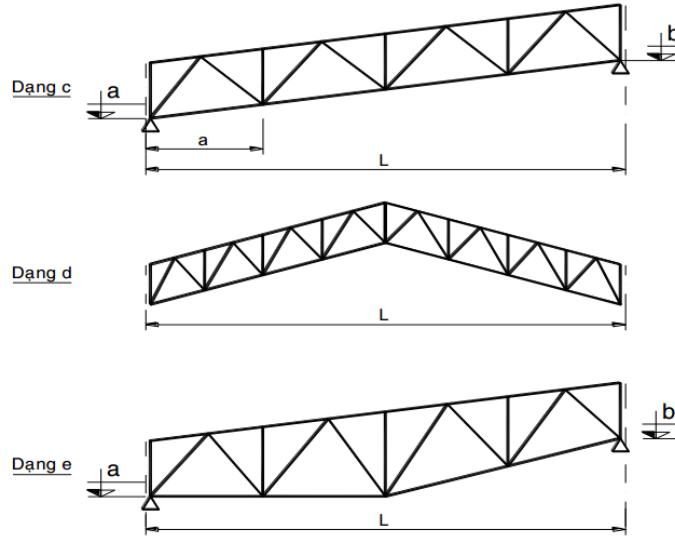


Dạng b



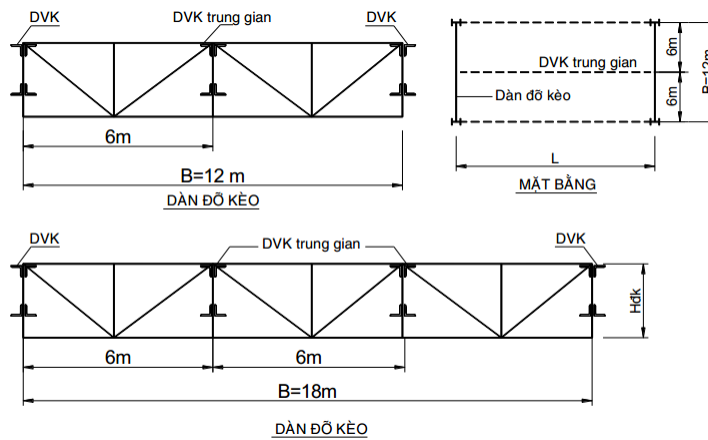
## 2.3 Kết cấu mái

### Kết cấu dàn mái



## 2.3 Kết cấu mái

### Kết cấu dàn vì kèo trung gian



## 2.3 Kết cấu mái

### Kết cấu dàn vì kèo trung gian



Valley-beam details for “hit” and “miss” frame

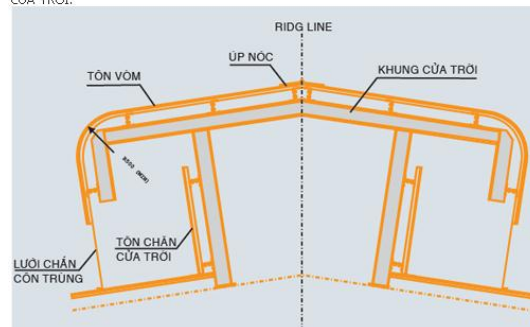
## 2.3 Kết cấu mái

### Kết cấu cửa mái

Chiều rộng:  $L_{cm} = (1/2 - 1/3)L$ ;

- Chiều cao  $H_{cm} = 1250\text{mm}, 1500\text{mm}, 1750\text{mm}$
- Với nhà xưởng khung thép nhẹ,  $L_{cm} = 1/10L$ ;  $H_{cm} = 1-3\text{m}$  và chủ yếu để thông thoáng. Lấy sáng bằng tole sáng và hệ cửa sổ dọc nhà; TD bằng thép hình chữ H

CỬA TRỜI:



## CHƯƠNG 2

### KẾT CẤU THÉP NHÀ CÔNG NGHIỆP MỘT TẦNG

#### 2.4 Hệ giằng

##### ➤ Hệ giằng

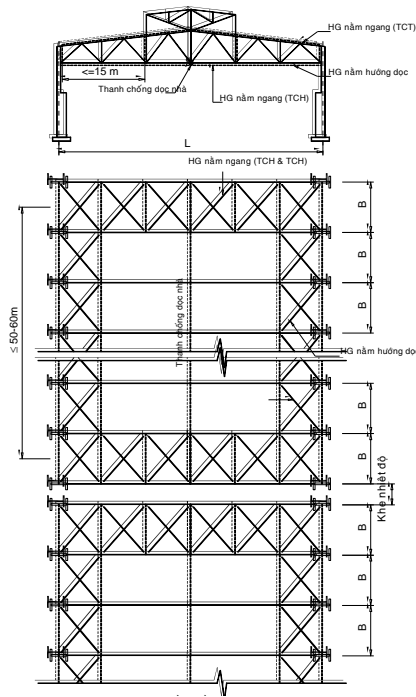
- a. Hệ giằng mái
  - *Hệ giằng nằm hướng dọc*
  - *Hệ giằng nằm hướng ngang*
  - *Hệ giằng đứng*
- b. Hệ Giằng Cột
  - *Hệ giằng cột trên*
  - *Hệ giằng cột dưới*

#### 2.4 Hệ giằng

##### ➤ Có 3 tác dụng chính :

- **Ổn định** : Cùng với khung ngang, tạo thành hệ kết cấu không gian bất biến hình, tăng độ cứng cho toàn nhà. Giảm chiều dài tính toán của một số thanh nén.
- **Chịu lực** : Thể hiện rõ ở một số hệ giằng ở đầu cột. Chịu lực hãm dọc của cầu chạy, gió tác dụng vào đầu hồi.
- **Lắp ráp** : Cố định tạm trong quá trình lắp dựng

## 2.4 Hệ giằng



## 2.4 Hệ giằng

### ➤ Hệ giằng nằm hướng dọc

- Tác dụng :
  - Giảm biến hình ngang và dọc của công trình.
  - Tăng ổn định cho khoang ngoài cùng
  - Bảo đảm sự làm việc cùng nhau của các khung.
- Cấu tạo:
  - Được đặt ở 2 khoang ngoài cùng của DVK, ở thanh cánh hạ hoặc cánh thượng.
  - Giằng dọc về nguyên tắc cấu tạo như dàn có cánh song song. Chiều rộng hệ giằng:  $\geq 1/10 B$

## 2.4 Hệ giằng

### ➤ Hệ giằng nằm hướng ngang

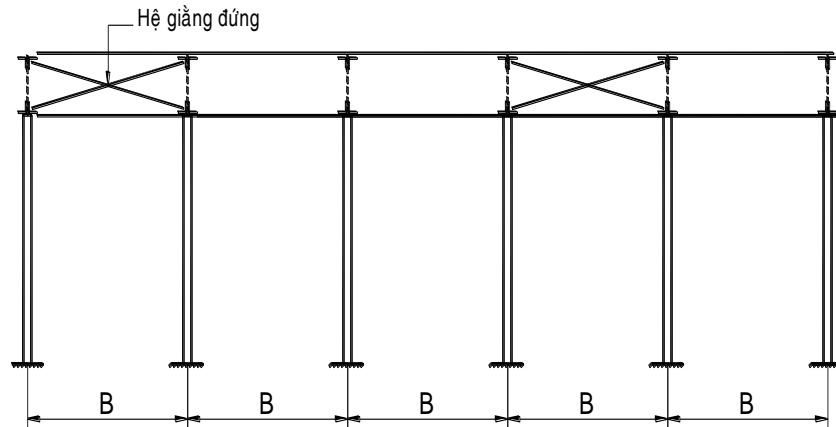
- Tác dụng:
  - Kết hợp cùng hệ giằng hướng dọc làm tăng sự ổn định không gian của toàn công trình.
  - Chịu lực gió ở đầu hồi nhà.
- Cấu tạo:
  - Bố trí ở 2 đầu nhà xưởng và ở 2 đầu khối nhiệt độ.
  - Khi khối nhiệt độ quá dài thì bố trí thêm hệ giằng ở giữa khối, khoảng cách giữa chúng không quá 50 – 60m.
  - Đặt ở thanh cánh thượng và thanh cánh hạ.

## 2.4 Hệ giằng

### • Hệ giằng đứng

- Tác dụng :
  - Làm điểm tựa cho HGNHN đặt trong MP cánh thượng
  - Định vị chính xác giữa 2 MP DVK khi dựng lắp
  - Chịu tải trọng của cầu trục treo. (nếu có)
- Cấu tạo
  - Được đặt theo phương đứng ở hai đầu dàn vì kèo . Khoảng cách theo phương ngang không lớn hơn 15m
  - Theo phương dọc, HGĐ không bố trí liên tục trừ TH có cầu trục treo, thường cách 2 – 3 khoang.
  - Ở những vị trí không có HGĐ, có thanh chống dọc nhà : để cố định những nút quan trọng
  - Tiết diện chọn theo độ mảnh cho phép .

## 2.4 Hệ giằng



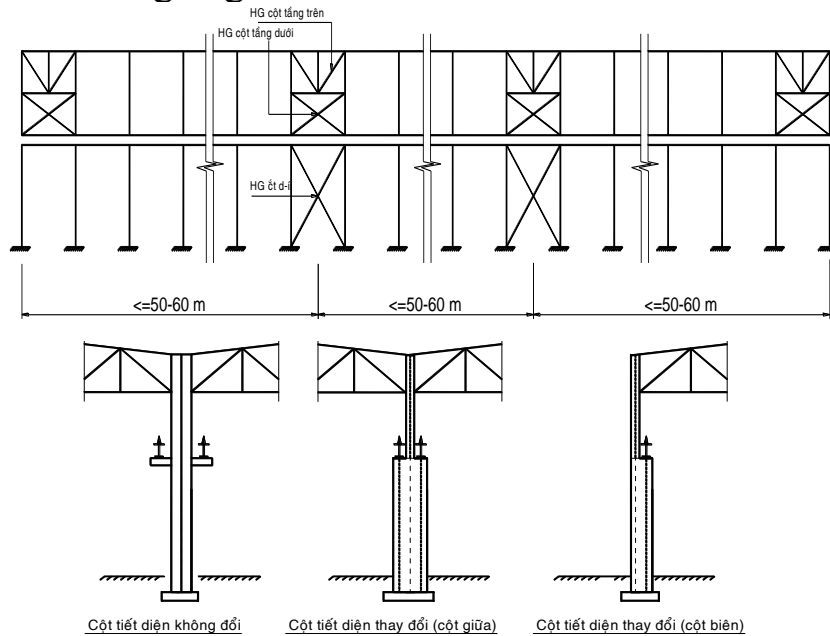
## 2.4 Hệ giằng

### ➤ Hệ giằng cột

#### • Tác dụng :

- Bảo đảm sự bất biến hình học và độ cứng của toàn nhà theo phương dọc.
- Chịu các tải trọng tác dụng dọc nhà: lực gió ở đầu hồi, lực hãm dọc của cầu chạy
- Bảo đảm ổn định, tăng độ cứng hướng dọc của dãy cột.

## 2.4 Hệ giằng



## 2.4 Hệ giằng

### ➤ Hệ giằng cột trên

#### • Cấu tạo:

- Từ cao độ của cánh trên dầm cầu chạy trở lên
- Được đặt ở các vị trí : Ở 2 đầu hồi nhà, hai đầu khe nhiệt độ
- Chúng được đặt trong mặt phẳng trục cột trên
- Khi chiều cao đầu dàn liên kết cạnh với cột, hệ giằng gồm hai tầng : Hệ giằng cột trên tầng trên (nằm trong chiều cao đầu dàn), Hệ giằng cột trên tầng dưới.

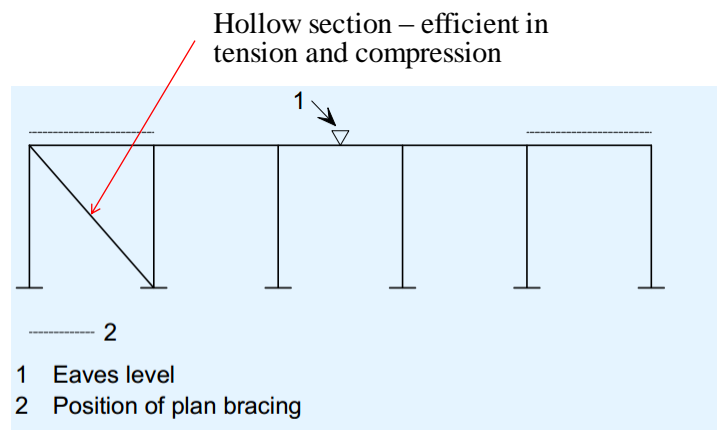
## 2.4 Hệ giằng

- Hệ giằng cột dưới
- Cấu tạo
  - Kể từ bậc thang dầm cầu chạy trở xuống.
  - Bố trí ở khoảng giữa của đoạn nhiệt độ.
  - Nếu nhà quá dài, HGCD bố trí cách đầu hồi của đoạn nhiệt độ không quá 50m.
  - Ở những vị trí có hệ giằng cột dưới, bắt buộc có hệ giằng cột trên
  - Bố trí trùng với trục của nhánh cầu chạy

## 2.4 Hệ giằng

### Hệ giằng đứng

Khi chiều cao nhà bằng bước cột

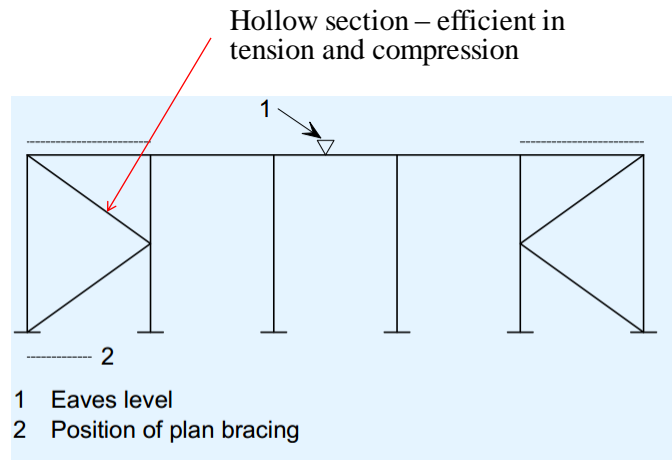


**Single diagonal bracing for low rise frames**

## 2.4 Hệ giằng

### Hệ giằng đứng

Khi chiều cao nhà lớn hơn bước cột



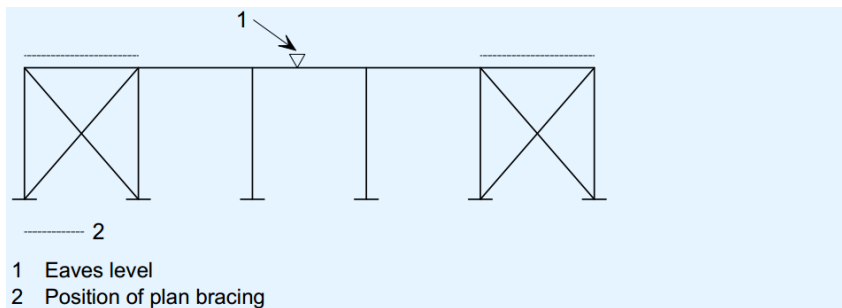
**K bracing arrangement for taller frames**

## 2.4 Hệ giằng

### Hệ giằng đứng

Hệ giằng chỉ chịu kéo

Only the diagonal members in tension are effective

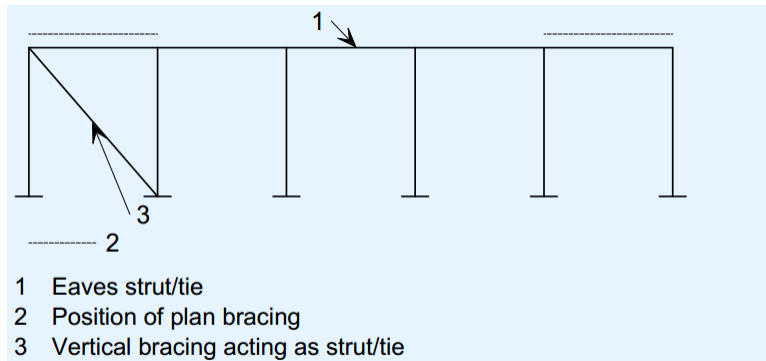


**Typical cross bracing system using angles or flats as tension members**

## 2.4 Hệ giằng

### Hệ giằng đứng

Chỉ bố trí thanh giằng ở khoang đầu hồi, kết hợp với thanh giằng cứng ở giữa nhằm truyền tải gió từ mái xuống hệ giằng đứng

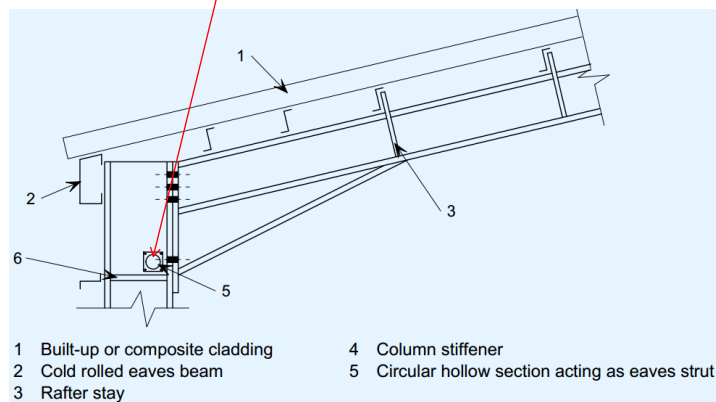


**Bracing in a single end bay with an eaves strut**

## 2.4 Hệ giằng

### Hệ giằng đứng

Thanh giằng cứng – Circular hollow section acting as eaves strut

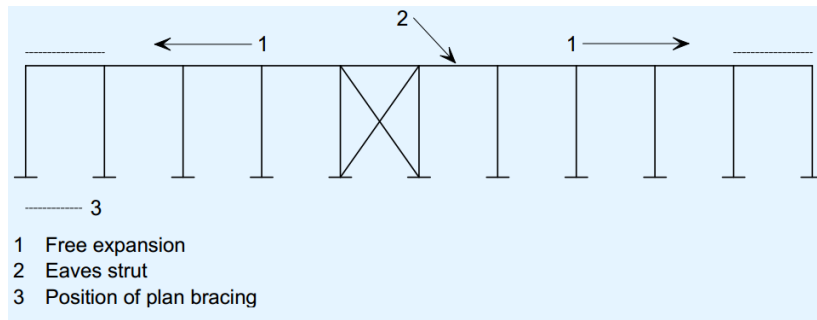


**Haunch detail with eaves beam**

## 2.4 Hệ giằng

### Hệ giằng đứng

Khi áp dụng phương án này có thể bố trí thêm hệ giằng đứng tạm thời ở hai khoang đầu phục vụ cho công tác lắp dựng

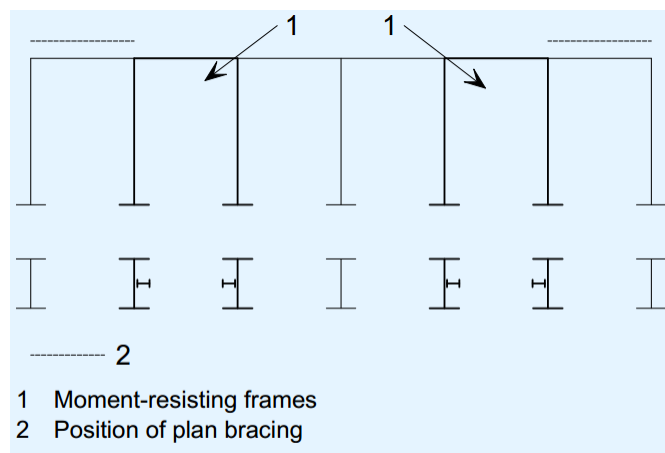


**Typical cross bracing at centre of the structure to allow free thermal expansion**

## 2.4 Hệ giằng

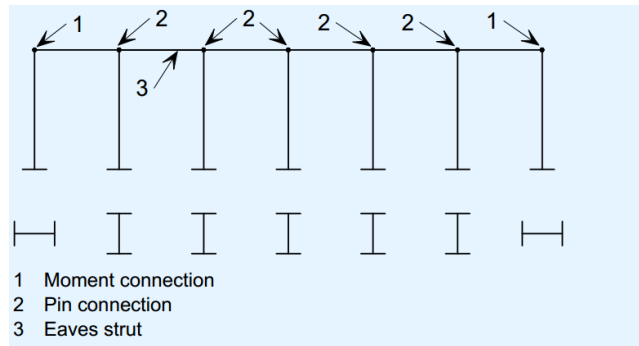
### Hệ giằng đứng

Giằng bằng khung cứng, chịu mômen



**Individual, local sway frames**

## 2.4 Hệ giằng

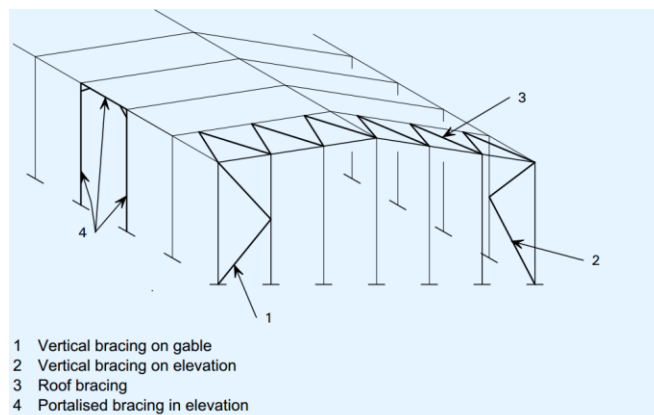


### Hybrid frame along the full length of the building

In design of both systems, it is suggested that:

- The bending resistance of the portalised bay (not the main portal frame) is checked using an elastic frame analysis
- Deflection under the equivalent horizontal forces is restricted to  $h/1000$ .
- The stiffness is assured by restricting serviceability deflections to a maximum of  $h/360$ , where  $h$  is the height of the portalised bay.

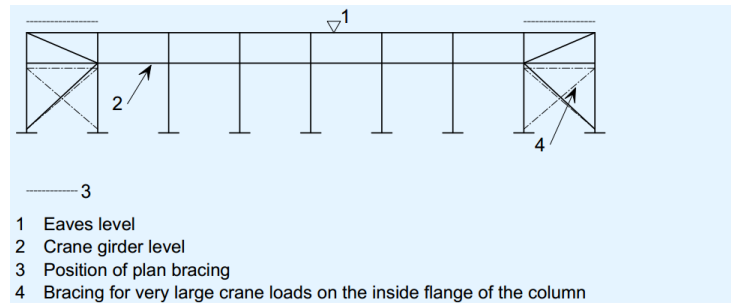
## 2.4 Hệ giằng



### Portalising an opening on one side with conventional bracing on the other side of the structure

In some cases, it is possible to provide conventional bracing on one elevation, and provide moment resisting frames on the other. The effects of racking action due to the difference in stiffness of the sides is generally negligible due to the diaphragm action of the roof.

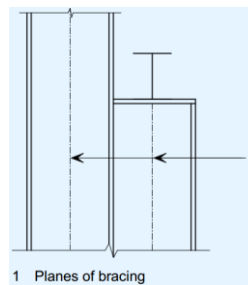
## 2.4 Hệ giằng



**Elevation showing position of additional bracing in the plane of the crane girder**

If a crane is directly supported by the frame, the longitudinal surge force will be eccentric to the column, and will tend to cause the column to twist, unless additional restraint is provided. A horizontal truss at the level of the girder top flange or, for lighter cranes, a horizontal member on the inside face of the column flange tied into the vertical bracing may be adequate to provide the necessary restraint.

## 2.4 Hệ giằng



**Bracing requirements for crane girders**

Factored longitudinal force	Bracing requirement
Small (<15 kN)	Use wind bracing
Medium (15 - 30 kN)	Use horizontal bracing to transfer force from the crane to plane of bracing
Large (> 30 kN)	Provide additional bracing in the plane of the longitudinal crane forces

## 2.4 Hệ giằng

### Hệ giằng nằm ngang

Plan bracing is placed in the horizontal plane, or in the plane of the roof. The primary functions of the plan bracing are:

- To transmit horizontal wind forces from the gable posts to the vertical bracing in the walls
- To transmit any drag forces from wind on the roof to the vertical bracing
- To provide stability during erection
- To provide a stiff anchorage for the purlins which are used to restrain the rafters.

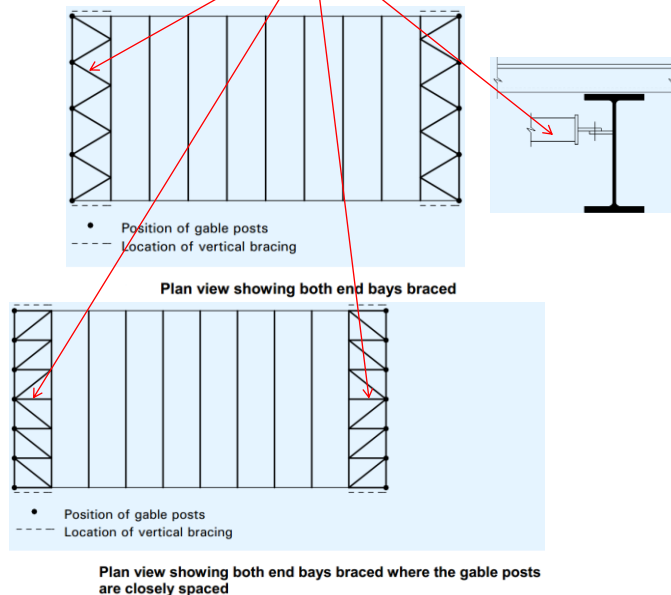
In order to transmit the wind forces efficiently, the plan bracing should connect to the top of the gable posts.

In modern construction, circular hollow section bracing members are generally used in the roof and are designed to resist both tension and compression. Many arrangements are possible, depending on the spacing of the frames and the positions of the gable posts.

## 2.4 Hệ giằng

### Hệ giằng nằm ngang

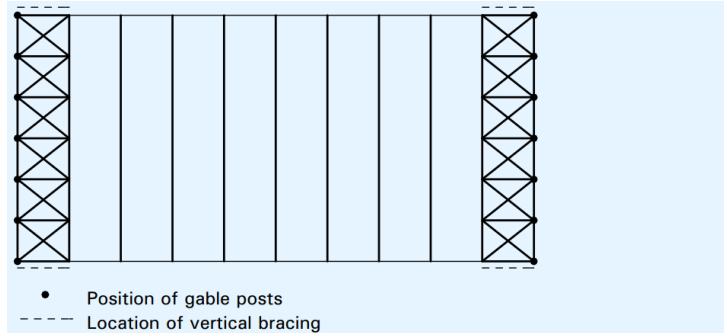
Hollow section – efficient in tension and compression



## 2.4 Hệ giằng

### Hệ giằng nằm ngang

The use of angles is not common in modern structures, but cross-braced angles have an advantage in that the diagonal members are relatively small because they may be designed to resist tension only



Plan view showing both end bays braced using crossed angle sections

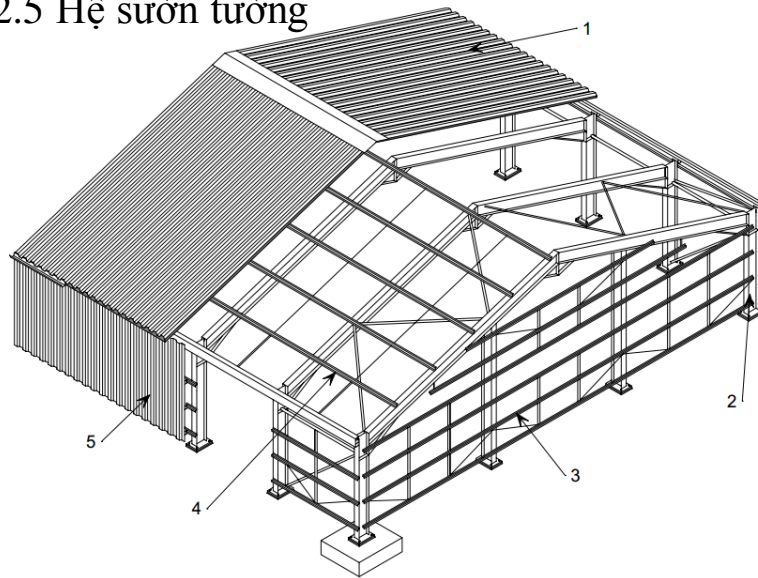
## CHƯƠNG 2

### KẾT CẤU THÉP NHÀ CÔNG NGHIỆP MỘT TẦNG

#### 2.5 Hệ sườn tường

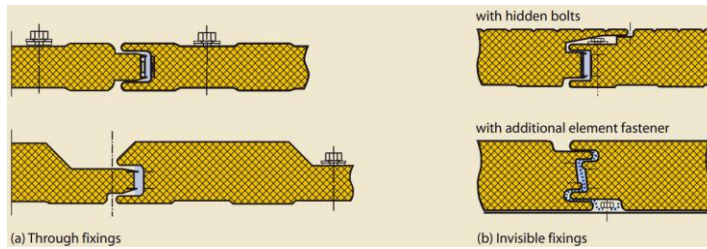
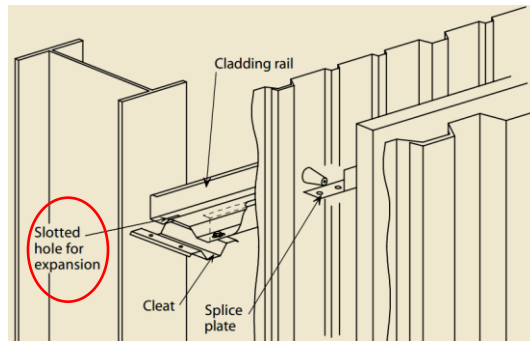
- Là hệ được đặt theo phương dọc nhà để đỡ tấm tường.
- Tấm tường thường bằng tôn, vật liệu cách nhiệt (đặc hoặc 2 lớp), được treo lên hệ sườn tường.
- Hệ sườn tường được tính toán như hệ cột và dầm
- Với bước cột lớn, thêm cột sườn tường. Có thể làm hệ móng nhỏ ở dưới chân các cột sườn tường này.
- Dầm sườn tường treo lên cột chính và cột sườn tường, truyền tải trọng cho cột chịu
- Dầm sườn tường chịu uốn xiên
- Cột : chịu nén lệch tâm

## 2.5 Hệ sườn tường



- Key
- |                        |                  |
|------------------------|------------------|
| 1. Steel roof cladding | 4. Purlins       |
| 2. Primary steel frame | 5. Wall cladding |
| 3. Side rails          |                  |

## 2.5 Hệ sườn tường



## CHƯƠNG 2

### KẾT CẤU THÉP NHÀ CÔNG NGHIỆP MỘT TẦNG

#### 2.6 Tính khung

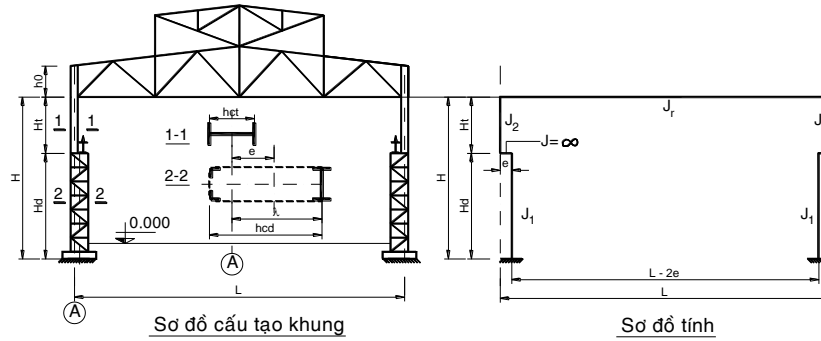
- Nguyên tắc tính toán
- Kết cấu hướng dọc :
  - Tính các kết cấu hướng dọc như các kết cấu riêng lẻ rồi truyền lên khung ngang.
- Kết cấu hướng ngang :
  - Giải khung trọn vẹn, xét sự làm việc đồng thời tất cả các kết cấu thành phần.

#### 2.6 Tính khung

- *Sơ đồ tính phải đảm bảo các yếu tố:*
  - Đủ thành phần của sơ đồ cấu tạo
  - Đúng kích thước của sơ đồ cấu tạo
  - Đảm bảo sự thay đổi tiết diện ở sơ đồ cấu tạo.
  - Đảm bảo các tỉ lệ độ cứng ở các thành phần trong sơ đồ tính (độ cứng cột , độ cứng dầm, .. )
  - Đảm bảo đúng liên kết giữa các thành phần và lý tưởng hóa

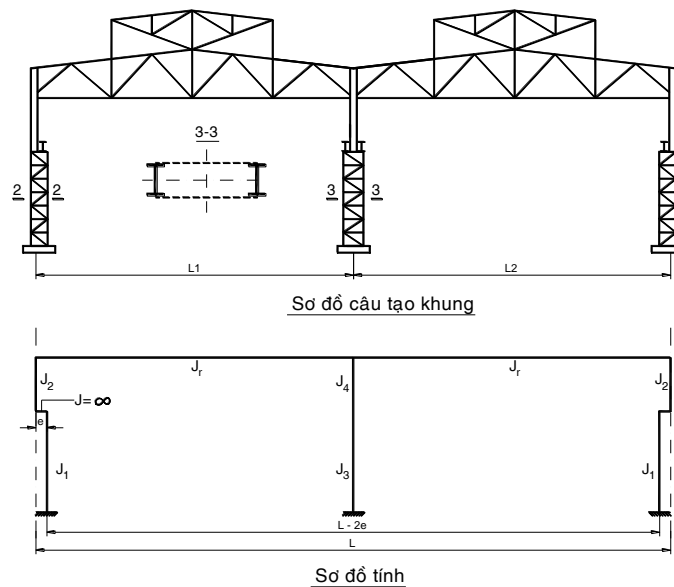
## 2.6 Tính khung

### Sơ đồ tính khung một nhịp



## 2.6 Tính khung

### Sơ đồ tính khung hai nhịp



## 2.6 Tính khung

### Tải trọng tác dụng lên khung ngang

- Tải trọng thường xuyên (Tĩnh tải):  $g, M_A$
- Tải trọng không thường xuyên (Hoạt tải sửa chữa mái):
- Do tải trọng cầu chạy
  - Áp lực đứng của bánh xe cầu chạy :  $D_{max} ; D_{min}$
  - Momen lệch tâm tại vai cột :  $M_{max} ; M_{min}$
  - Do lực hãm ngang của xe con :  $T$
- Do tải trọng gió
  - Gió tĩnh  $q_d ; q_h$

## 2.6 Tính khung

### Tĩnh tải

Bảng tính trọng lượng các lớp cấu tạo mái

STT	VẬT LIỆU	$\delta$ (m)	$\gamma$ (T/m <sup>3</sup> )	$G^{lc}$ (T/m <sup>2</sup> )	n	$G^{tt}$ (T/m <sup>2</sup> )
1	Gạch lá nem	0,04	2,0	0,08	1,1	0,088
2	Vữa lót	0,015	1,8	0,027	1,3	0,035
3	Bê tông cốt thép chống thấm	0,04	2,5	0,1	1,1	0,11
4	Bê tông xi cách nhiệt	0,15	0,8	0,112	1,3	0,156
5	Panel 1,5x6 m	0,06	2,5	0,15	1,1	0,165
Tổng cộng				0,477		0,554
Quy đổi về mặt bằng				0,482		0,560

## 2.6 Tính khung

### Tĩnh tải

- Trọng lượng bản thân dàn, hệ giằng và cửa mái
- Trọng lượng tiêu chuẩn bản thân dàn và hệ giằng:
 
$$G_d^{tc} = 1,2\alpha_d \cdot L, \text{ KG/m}^2.$$

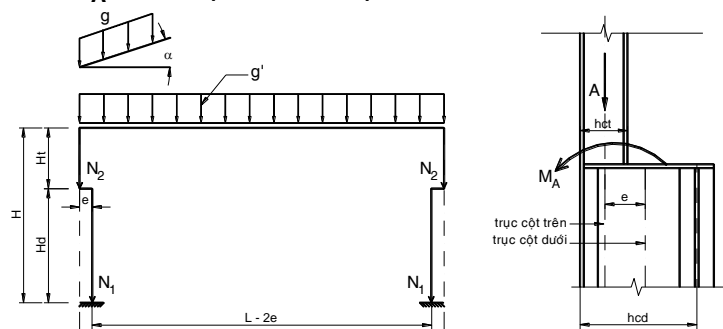
Trong đó:

- 1,2- Hệ số kể đến trọng lượng bản thân của hệ giằng;
- $\alpha_d = 0,6 \div 0,9$  ; Tương ứng với nhịp dàn  $L = 24 \div 36$  m.
- Trọng lượng tiêu chuẩn bản thân của cửa mái:
 
$$G_{cm}^{tc} = \alpha_{cm} \cdot L_{cm}, \text{ KG/m}^2$$
- Trọng lượng bậu cửa 100 – 150 KG/m ; trọng lượng cửa kính và khung cánh cửa 35 – 40 KG/m<sup>2</sup>

## 2.6 Tính khung

### Tĩnh tải

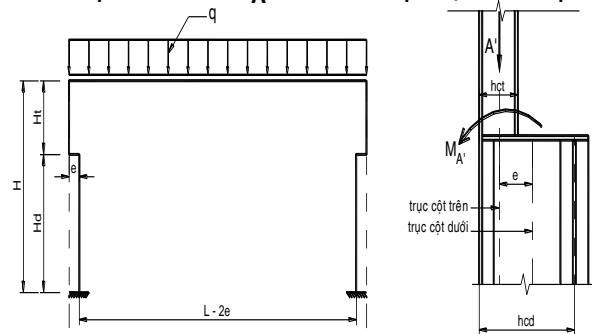
- Tải trọng mái truyền xuống rường ngang được giả thiết phân bố đều:  $g = g_0 \times B$
- Tải trọng  $g$  này truyền xuống cột thông qua phản lực gối tựa  $A = gL/2$ . Khi đó,  $A$  đặt lệch tâm so với trục cột dưới một đoạn  $e$ , sinh ra một mômen lệch tâm  $M_A = A \cdot e$  đặt tại vai cột.



## 2.6 Tính khung

### Hoạt tải

- $q = n \cdot q_0 \cdot B$ 
  - Trong đó:  $q_0$  lấy theo qui phạm TCVN 2737 (tải trọng và tác động)
- Tương tự như  $g$ ,  $q$  truyền xuống cột thông qua các phản lực gối tựa  $A'$ . Khi đó,  $A'$  đặt lệch tâm so với trục cột dưới một đoạn  $e'$ , sinh ra một mômen lệch tâm  $M_{A'} = A' \cdot e'$  đặt tại vai cột.



## 2.6 Tính khung

### Tải trọng cầu chạy

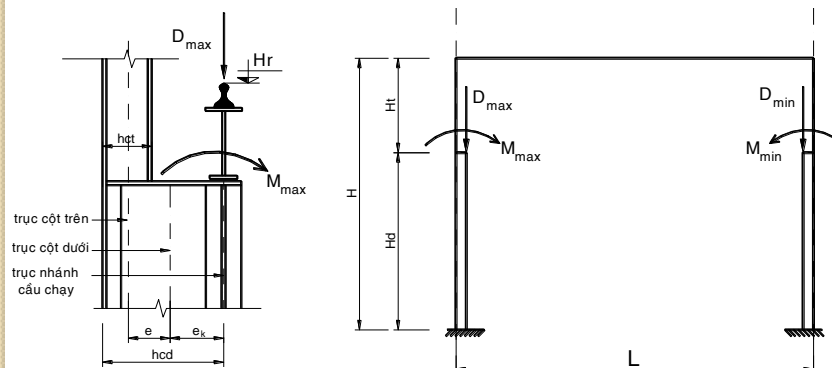
- Áp lực thẳng đứng tính toán của bánh xe cầu chạy :
  - $D_{\max} = n_c \cdot n \cdot P_{\max} \cdot \Sigma y + G_{\text{dầm cầu chạy}}$
- Áp lực tính toán lên cột phía bên kia :
  - $D_{\min} = n_c \cdot n \cdot P_{\min} \cdot \Sigma y + G_{\text{dầm cầu chạy}}$
- Momen lệch tâm tại vai cột:
  - $M_{\max} = D_{\max} \cdot e_k$
  - $M_{\min} = D_{\min} \cdot e_k$

## 2.6 Tính khung Tải trọng cầu chạy

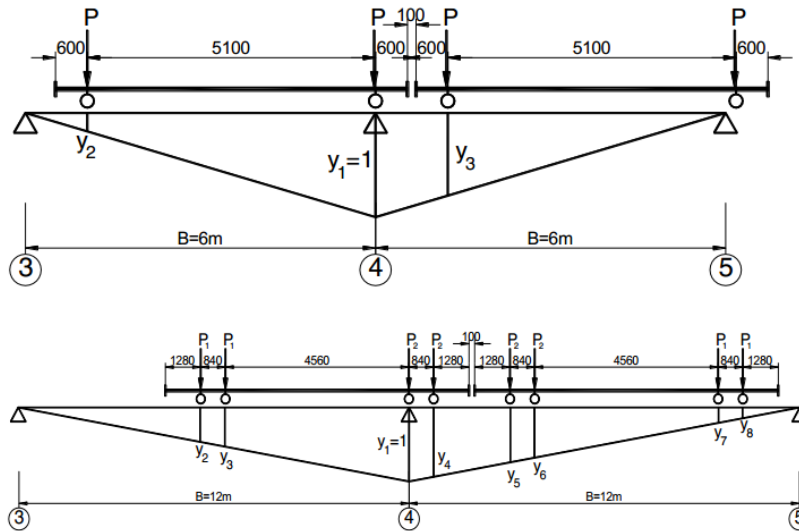
- $P_{\min} = (Q+G)/n_O - P_{\max}$
- $n = 1,2$ - Hệ số vượt tải
- $n_c$ - Hệ số tổ hợp do 2 cầu trục chạy gần tới cột
 
$$n_c = \begin{cases} 0,85 (0,7) - \text{Cầu trục chế độ nhẹ, 2 cái (4 cái)} \\ 0,9 (0,8) - \text{Cầu trục chế độ nặng, 2 cái (4 cái)} \end{cases}$$
- $G_{\text{dcc}} = \alpha_{\text{dcc}} \cdot L^2_{\text{dcc}} \text{ (KG)}$ 

$$\text{Hệ số } \alpha_{\text{dcc}} \begin{cases} 24 \div 37 \text{ khi } Q \leq 75\text{t} \\ 35 \div 47 \text{ khi } Q > 75\text{t} \end{cases}$$

## 2.6 Tính khung Tải trọng cầu chạy



## 2.6 Tính khung Tải trọng cầu chạy



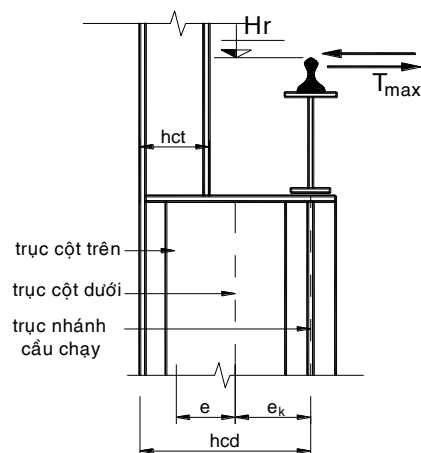
## 2.6 Tính khung Tải trọng cầu chạy

- Do lực hãm ngang của xe con:

$$T_{\max} = n_c \cdot n \cdot T_k \cdot \Sigma y$$

$$T_k = \frac{0,05(Q + G_{\text{xecon}})}{n_0}$$

- Lực hãm Tmax phía bên cột có Dmax, có thể hướng ra hay hướng vào cột.



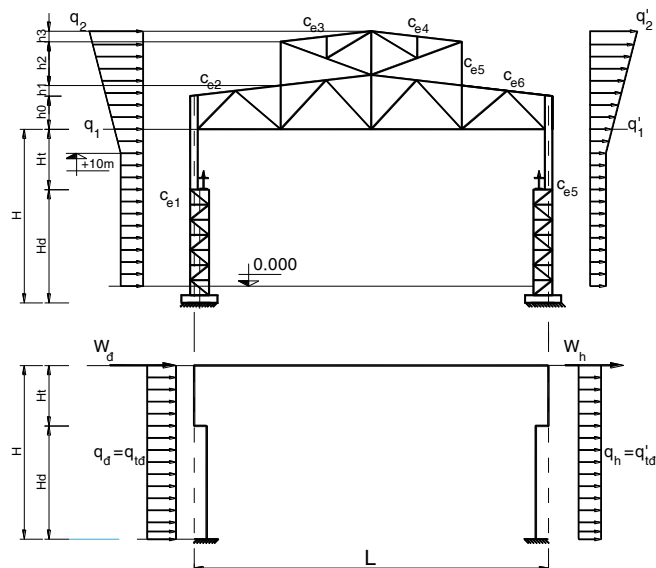
## 2.6 Tính khung

### Tải trọng gió

- Thành phần gió tĩnh :
  - Phía đón gió (gió đẩy) :
 
$$q_d = n \cdot q_0 \cdot K \cdot c \cdot B$$
  - Phía khuất gió (gió hút) :
 
$$q_h = n \cdot q_0 \cdot K \cdot c' \cdot B$$
  - Lực tập trung :
 
$$W = n \cdot q_0 \cdot K \cdot B \cdot \sum c_i h_i$$

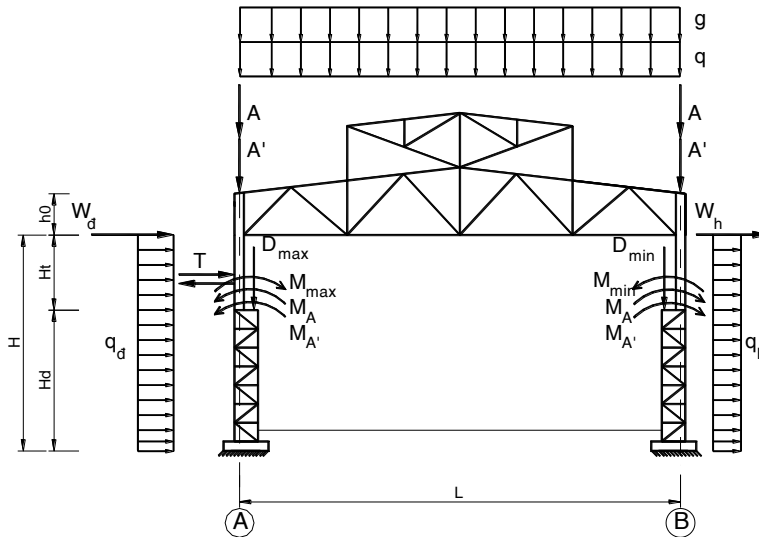
## 2.6 Tính khung

### Tải trọng gió



## 2.6 Tính khung

### Sơ đồ tải trọng tác dụng lên khung ngang



## 2.6 Tính khung

### Xác định nội lực khung ngang

- **Giả thiết 1.** Khi tính khung với tải trọng không tác dụng trực tiếp lên rường ngang, thì biến dạng đàn hồi của rường ngang ảnh hưởng rất ít tới lực tính toán. Điều này cho phép xem rường ngang tuyệt đối cứng ( $J_r = \infty$ )
- **Giả thiết 2.** Khi rường ngang là dàn, tính khung với tải trọng đặt trực tiếp lên rường ngang (tải trọng mái) → không thể bỏ qua biến dạng đàn hồi của rường ngang. Tuy nhiên, nếu tính chính xác  $J_r$  rất khó, có thể thay rường ngang bằng một thanh đặc có momen quán tính tương đương

## 2.6 Tính khung

### Xác định nội lực khung ngang

- **Giả thiết 3.** Với khung 1 nhịp hay nhiều nhịp đối xứng, tải trọng thẳng đứng tác dụng trực tiếp lên rường ngang gần đối xứng → Ta coi như đầu trên của cột không có chuyển vị ngang.
- **Giả thiết 4.** Khi tính toán khung với hình dạng phức tạp, có thể phân tích khung phức tạp đó thành các sơ đồ tính toán riêng lẻ không liên hệ nhau, tính phần phụ rồi truyền phần lực phần phụ lên phần chính.

## 2.6 Tính khung

### Xác định nội lực khung ngang

- Khung được giải lần lượt với mỗi loại tải trọng riêng rẽ
- Dùng phương pháp chuyển vị, hoặc các công thức tính sẵn, các bảng số
- Quy ước :
  - $M^+$  : làm căng thớ trong của khung

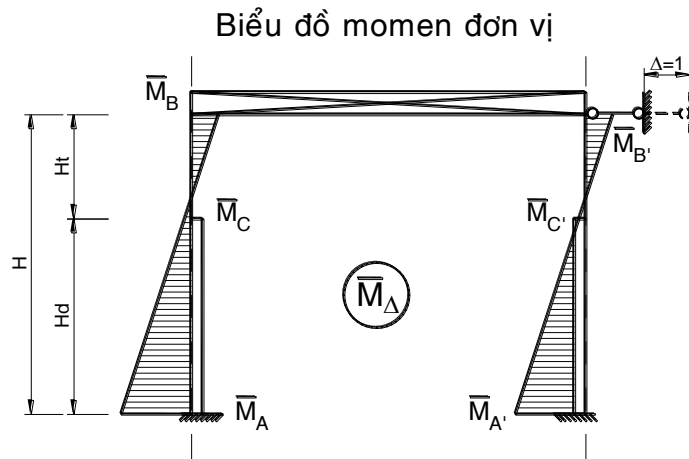
## 2.6 Tính khung

### Xác định nội lực khung ngang

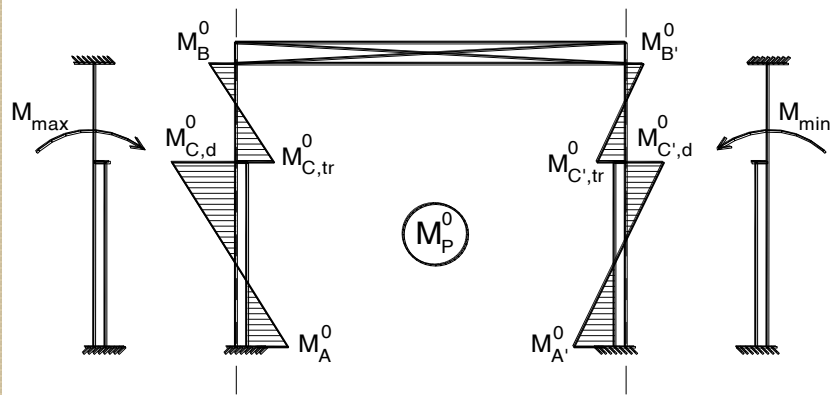
Tính khung với tải trọng không tác dụng trực tiếp lên rường ngang:  $M_{\max}$ ,  $M_{\min}$ , lực hãm ngang  $T$ , tải trọng gió

- Giải khung bằng phương pháp chuyển vị với sơ đồ rường ngang cứng vô cùng, chỉ còn ẩn số là chuyển vị ngang của nút:
  - Phương trình chính tắc :
 
$$r_{11} \cdot \Delta + R_{1p} = 0$$
  - Momen kết quả cuối cùng:

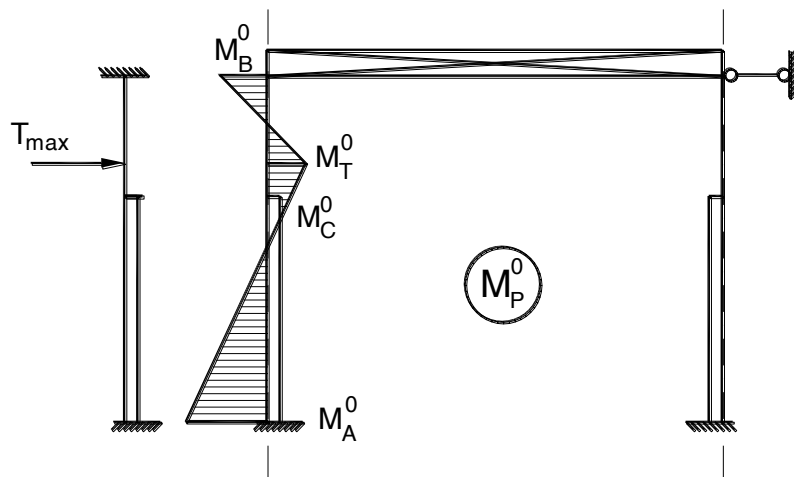
- $r_{11}$  – phản lực trong liên kết thêm vào khi cho nút khung một chuyển vị ngang bằng đơn vị
- $R_{1p}$  – phản lực tại liên kết do tải trọng ngoài gây ra trong hệ cơ bản.



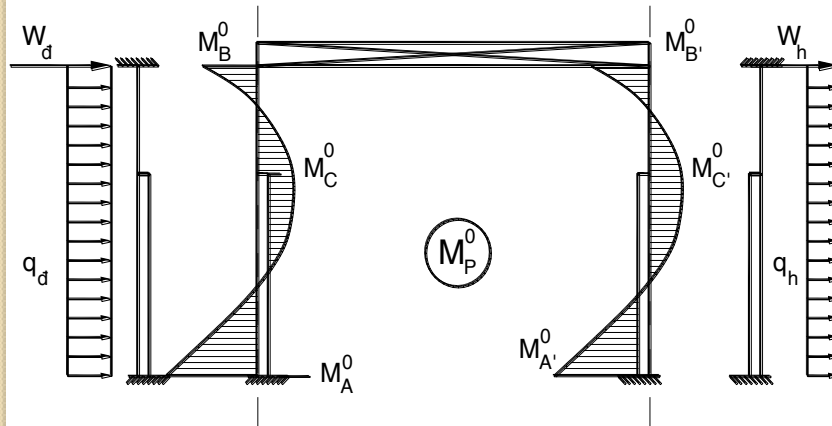
Biểu đồ momen do  $M_{\max}$ ;  $M_{\min}$



Biểu đồ momen do  $T_{\max}$



Biểu đồ momen do tải trọng gió



## 2.6 Tính khung

### Xác định nội lực khung ngang

Tính khung với tải trọng tác dụng trực tiếp lên rường ngang :  $g, q$

- Dùng phương pháp chuyển vị, ẩn số là góc xoay  $\varphi$  ở đỉnh cột. Với khung đối xứng và tải đối xứng, ta có :
  - Phương trình chính tắc
 
$$r_{11} \cdot \varphi + R_{1p} = 0$$
- $r_{11}$  – tổng phản lực ở các nút của khung khi góc xoay  $\varphi = 1$
- $R_{1p}$  – tổng phản lực tại nút khung do tải trọng ngoài gây ra

## 2.6 Tính khung

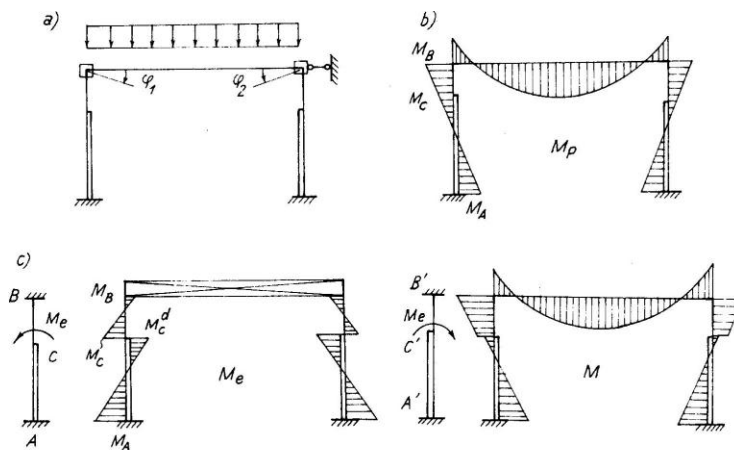
### Xác định nội lực khung ngang

Tính khung với tải trọng tác dụng trực tiếp lên rường ngang:  $q$

- Biểu đồ momen cuối cùng

$$M = \overline{M} \cdot \varphi + M_p$$

- Sau đó cộng với biểu đồ mômen do  $M_A$  hoặc  $M_{A'}$  gây ra (do lệch trục cột trên và cột dưới)
- Do khung không có chuyển vị ngang và dàn được coi là cứng vô cùng nên mômen uốn trong cột được xác định ngay theo sơ đồ cột hai đầu ngàm, dùng các công thức lập sẵn.



**Hình 1.15. Tính khung với tải trọng mái**

a) hệ cơ bản ; b) biểu đồ  $M$  do tải mái ; c) biểu đồ  $M$  do tải mái có kể lệch tâm cột trên với cột dưới

## 2.6 Tính khung

### Tổ hợp nội lực

- Sau khi tính toán nội lực khung với từng loại tải trọng, tiến hành tổ hợp các tải trọng một cách bất lợi nhất để xác định các nội lực nguy hiểm nhất mà chọn tiết diện khung.
- Dựa vào bảng nội lực, tiến hành tổ hợp tải trọng. Đối với nhà công nghiệp, thông thường xét hai loại tổ hợp tải trọng : tổ hợp cơ bản 1 gồm tĩnh tải và một hoạt tải ; tổ hợp cơ bản 2 gồm tĩnh tải và nhiều hoạt tải với hệ số 0,9.

## 2.6 Tính khung

### Tổ hợp nội lực

- Tại mỗi tiết diện cột, cần tìm 3 tổ hợp tải trọng sau:
  - $M_{\max}^+$  và  $N_{\text{tư}}$
  - $M_{\min}^-$  và  $N_{\text{tư}}$
  - $N_{\max}$  và  $M_{\text{tư}}$ . Với tổ hợp này cần kể và các tải trọng không gây thêm N nhưng có gây M (như gió, lực hãm)

## 2.6 Tính khung Tổ hợp nội lực

- Các nguyên tắc khi tổ hợp tải trọng :
  - Tĩnh tải được kể đến trong mọi trường hợp, không kể dấu thế nào.
  - Không thể xét đồng thời  $D_{max}$  có ở hai cột, cũng như lực hãm ngang  $T$  và gió trái, gió phải.
  - Lực hãm ngang  $T$  có thể đặt vào cột có  $D_{max}$  hoặc  $D_{min}$ . lực  $T$  có thể thay đổi chiều nên các trị số nội lực sẽ mang dấu ( $\pm$ ). Do vậy, khi đã xét đến lực  $D$  thì luôn luôn cộng thêm tải trọng  $T$  vì trị số mômen luôn tăng thêm.

## CHƯƠNG 2 KẾT CẤU THÉP NHÀ CÔNG NGHIỆP MỘT TẦNG

### 2.7 Cột thép nhà công nghiệp

- Tiết diện cột có 3 loại:
  - Chiều cao tiết diện không đổi
  - Chiều cao tiết diện thay đổi
  - Tiết diện cột phân cách

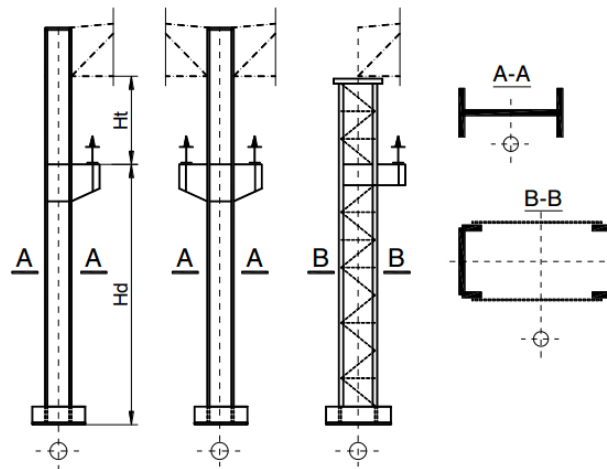
## 2.7 Cột thép nhà công nghiệp

- Loại cột có tiết diện không đổi có thể là cột đặc hoặc cột rỗng được sử dụng khi sức nâng cầu trục  $Q \leq 15T$ ,  $h = 400 \div 800$ ,  $H = 8 \div 10m$ . Loại này có cấu tạo đơn giản dễ gia công lắp dựng.
- Cột bậc được sử dụng phổ biến khi sức nâng cầu trục lớn, phần cột trên thường dùng tiết diện đặc chữ I, phần cột dưới có thể dùng tiết diện đặc khi  $h_d \leq 1m$ , dùng cột tiết diện rỗng khi  $h_d > 1m$ .
- Cột bậc nhánh riêng rẽ có thể là thép hình hoặc tổ hợp hàn, liên kết với cột chính bằng các bản giằng dày, nó chịu nén đúng tâm.

## 2.7 Cột thép nhà công nghiệp

### Hình thức cột

Cột có chiều cao tiết diện không đổi



## 2.7 Cột thép nhà công nghiệp

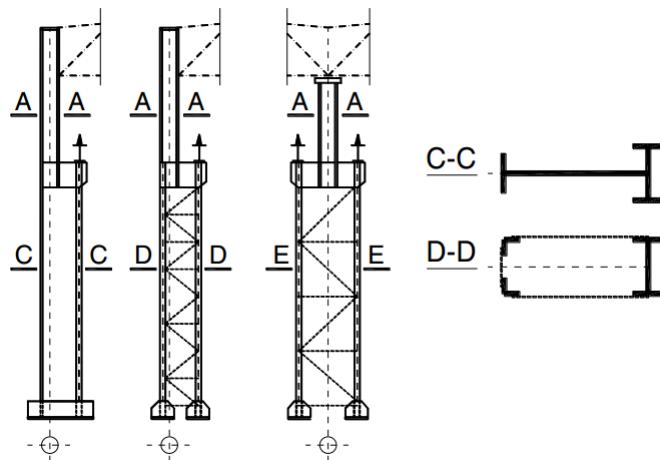
### Hình thức cột



## 2.7 Cột thép nhà công nghiệp

### Hình thức cột

Cột có chiều cao tiết diện thay đổi



## 2.7 Cột thép nhà công nghiệp

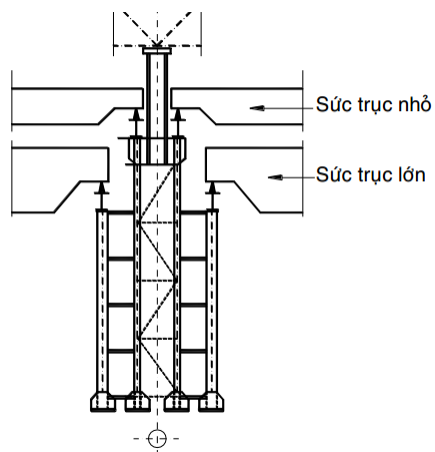
### Hình thức cột



## 2.7 Cột thép nhà công nghiệp

### Hình thức cột

#### Cột phân cách



## 2.7 Cột thép nhà công nghiệp

### Hình thức cột

Cellular columns and rafters



## 2.7 Cột thép nhà công nghiệp

### Đặc điểm tính cột

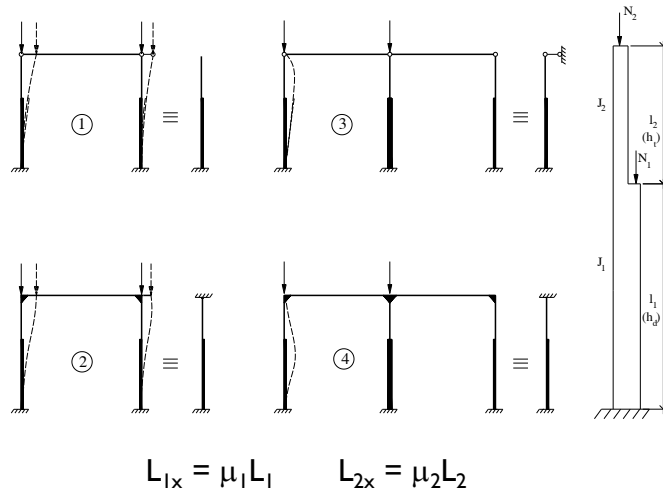
***Cột nhà công nghiệp làm việc theo hai phương:***

- Trong mặt phẳng khung chịu nén lệch tâm với cặp nội lực  $N, M$ .
- Ngoài mặt phẳng khung – chịu nén với lực  $N$ .

## 2.7 Cột thép nhà công nghiệp

### Đặc điểm tính cột

Chiều dài tính toán cột bậc thang trong mặt phẳng khung







## 2.7 Cột thép nhà công nghiệp

### Đặc điểm tính cột

- *Trường hợp 1.* Cột của khung một tầng, một nhịp khớp ở đầu và ngàm ở móng, coi hai cột cùng mất ổn định một lúc và được mô hình hoá như một thanh console .
- *Trường hợp 2.* Cột của khung một tầng, một nhịp, liên kết ngàm hai đầu được xem hai cột có thể cùng mất ổn định nhưng đầu trên của cột không quay được. Sơ đồ tính là thanh một đầu ngàm và một đầu ngàm trượt.
- *Trường hợp 3.* Cột của khung một tầng, nhiều nhịp liên kết khớp giữa dầm và cột trong trường hợp này coi cột mất ổn định riêng rẽ, không xảy ra chuyển vị ngang đầu cột. Sơ đồ tính như một thanh đầu ngàm đầu khớp.
- *Trường hợp 4.* Cột của khung 1 tầng nhiều nhịp liên kết ngàm hai đầu, sơ đồ tính là thanh hai đầu ngàm.

- Hệ số quy đổi sang chiều dài tính toán phụ thuộc vào tỷ số đoạn cột và lực tác dụng trên chúng:

- Khi  $\frac{L_2}{L_1} \leq 0,6$  và  $\frac{N_1}{N_2} \geq 3$  thì hệ số xác định theo bảng sau

CÁC TRƯỜNG HỢP	$\mu_1$		$\mu_2$
	$0,3 \geq \frac{J_2}{J_1} \geq 0,1$	$0,1 \geq \frac{J_2}{J_1} \geq 0,05$	
Trường hợp 1	 2,5	3	3
Trường hợp 2	 2	2	3
Trường hợp 3	 1,6	2	2,5
Trường hợp 4	 1,2	1,5	2

- Nếu các tham số của cột nằm ngoài phạm vi trên thì hệ số  $\mu_1$  đối với trường hợp 1 và 2 được xác định theo theo bảng II.6a và II.6b phụ lục II phụ thuộc vào  $k_1$  và  $c_1$ .

- $K1 = \frac{J_2 l_1}{J_1 L_2}$  ;  $c_1 = \frac{L_2}{L_1} \sqrt{\frac{J_2}{J_1 m}}$  ;  $m = \frac{N_1}{N_2}$ .

- Đối với trường hợp 3, 4 thì:  $\mu_1 = \sqrt{\frac{\mu_{12}^2 + \mu_{11}^2 (m-1)}{m}}$

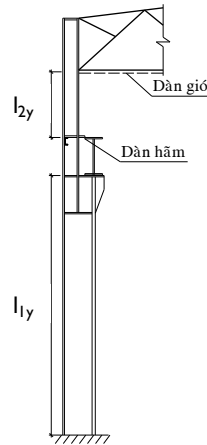
- Trong đó,  $\mu_{12}$  và  $\mu_{11}$  được xác định theo bảng II.7a và II.7b phụ thuộc vào tỷ số  $\frac{J_2}{J_1}$  và  $\frac{l_2}{l_1}$ .  
 $\mu_2 = \frac{\mu_1}{c_1}$  nhưng  $\leq 3$ .

## 2.7 Cột thép nhà công nghiệp

### Đặc điểm tính cột

Chiều dài tính toán cột bậc thang ngoài mặt phẳng khung

- Chiều dài tính toán của cột ngoài mặt phẳng khung ngang  $L_{0y}$  bằng khoảng cách lớn nhất giữa hai điểm cố kết dọc nhà.



## 2.7 Cột thép nhà công nghiệp

### Thiết kế tiết diện cột

Xác định nội lực tính toán cột

Để chọn tiết diện mỗi phần cột, cần phải tìm các cặp nội lực nguy hiểm nhất tương ứng với từng phần cột.

- Với đoạn cột có tiết diện đối xứng thì cặp nội lực nguy hiểm nhất là  $(M_{\max}; N_{tu})$ . Khi đó lực dọc lớn nhất trong mỗi nhánh bên là :

$$N_{nh} = (M/h_o) + (N_{tu}/2)$$

- Với đoạn cột có tiết diện không đối xứng (cột dưới) sẽ có hai cặp nội lực nguy hiểm (mỗi cặp cho mỗi nhánh). Lực dọc trong mỗi nhánh có thể xác định gần đúng như sau :

$$N_{nh,p} = (M^-/h_o) + (N_{tu}/2)$$

$$N_{nh,t} = (M^+/h_o) + (N_{tu}/2)$$

- Trong đó  $h_o$  – khoảng cách trọng tâm của hai nhánh, sơ bộ có thể lấy  $h_o$  bằng chiều cao tiết diện cột.
- Cặp nội lực nào cho  $N_{nh}$  lớn sẽ là cặp dùng để tính toán tiết diện cột.

- Trong các công thức trên thì giá trị  $N_{tu}$  chưa kể đến trọng lượng bản thân của cột. Vì vậy khi chọn tiết diện cột cần kể thêm trọng lượng bản thân của cột  $G_c$  như là một lực tập trung đặt tại trọng tâm tiết diện đỉnh của mỗi đoạn cột.

$$G_c = g_c h_c$$

Trong đó  $g_c$  – trọng lượng mỗi m dài cột

$$g_c = [N/(KR)]\Psi\gamma$$

với  $N$  – lực nén lớn nhất trong mỗi đoạn cột khi chưa kể đến trọng lượng bản thân  $G_c$

$K$  – hệ số kể đến ảnh hưởng của mômen làm tăng tiết diện cột

$R$  – cường độ tính toán của thép

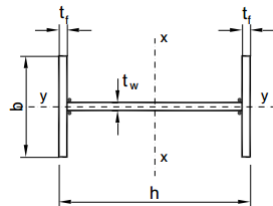
$\Psi$  - hệ số cấu tạo kể đến các chi tiết làm tăng trọng lượng cột, lấy bằng (1.4 – 1.8)

$\gamma$  - trọng lượng riêng của thép (7850 kg/m<sup>3</sup>)

$h_c$  – chiều dài đoạn cột.

## 2.7 Cột thép nhà công nghiệp

### Thiết kế tiết diện cột trên



- Chiều dày bản bụng  $t_w = (1/70 - 1/100)h$  và  $t_w \geq 6\text{mm}$
- Chiều rộng bản cánh  $b$  chọn trước theo điều kiện bảo đảm ổn định ngoài mặt phẳng khung :  $b = (1/20 - 1/30)H_t$  và chọn sao cho độ mảnh ngoài mặt phẳng khung của cột vào khoảng (40 ÷ 60)

- Chiều bản cánh  $t_f$  chọn theo điều kiện ổn định cục bộ của bản cánh

$$\lambda_c = \frac{b_0}{t_f} \leq [\lambda_c] = \left[ \frac{b_0}{t_f} \right] \quad \text{với } b_0 = (b - t_f)/2$$

Tiết diện cột	$0,8 \leq \bar{\lambda} \leq 4$
Thép hình chữ I	$(0,36 + 0,1\bar{\lambda})\sqrt{\frac{E}{R}}$
Thép hình dẹt (trừ [ và thép góc không đều cạnh)	$(0,35 + 0,07\bar{\lambda})\sqrt{\frac{E}{R}}$
Thép hình dẹt chữ [ và thép góc không đều cạnh	$(0,38 + 0,08\bar{\lambda})\sqrt{\frac{E}{R}}$

Trong đó:  $\bar{\lambda} = \lambda\sqrt{\frac{R}{E}}$  nếu  $\bar{\lambda} < 0,8$  lấy  $\bar{\lambda} = 0,8$ ;  $\bar{\lambda} > 4$  lấy  $\bar{\lambda} = 4$

### Sơ bộ chọn kích thước tiết diện

- Diện tích yêu cầu của tiết diện sơ bộ tính theo công thức gần đúng :

$$A_{yc} = \frac{N}{f\gamma} \left[ 1,25 + (2,2 \sim 2,8) \frac{e}{h} \right]$$

- với  $h$  – chiều cao tiết diện ;  $\gamma$  - hệ số điều kiện làm việc của cột
- Dựa vào các yêu cầu cấu tạo chọn các kích thước  $t_f$ ,  $b$ ,  $t_w$ ,  $h_w$  và diện tích tiết diện  $A$

## Kiểm tra tiết diện đã chọn

Cột chịu nén lệch tâm (nén + uốn) cần thoả các điều kiện về bền, về ổn định tổng thể và ổn định cục bộ. Trước hết cần tính lại chính xác các đại lượng sau của tiết diện đã chọn

- Các đặc trưng hình học của tiết diện
- Độ mảnh và độ mảnh quy ước của cột
- Độ lệch tâm tương đối  $m$  và độ lệch tâm tính đối  $m_1$

$$m_1 = \eta m_x ; \quad m_x = \frac{e_x A}{W_x}$$

### ❖ Kiểm tra bền

Chỉ kiểm tra khi tiết diện có giảm yếu nhiều (cột có lối đi xuyên qua bụng) hoặc khi  $m_1 > 20$

$$\left( \frac{N}{fA_n} \right)^{3/2} + \left( \frac{M_x}{fW_{nx\min}} \right) \leq 1$$

### ❖ Kiểm tra ổn định tổng thể

- **Ổn định trong mặt phẳng khung**

$$\frac{N}{\varphi_e A} \leq f\gamma_c$$

- **Ổn định ngoài mặt phẳng khung**

$$\frac{N}{c\varphi_y A} \leq f\gamma_c$$

c – hệ số ảnh hưởng của mômen trong mặt phẳng đến ổn định ngoài mặt phẳng

$$\text{- Khi } m_x \leq 5 \text{ thì } c = \frac{\beta}{1 + \alpha m_x} \quad (\text{a})$$

Hệ số a và b tra bảng

$$\text{- Khi } m_x \geq 10 \text{ thì } c = \frac{\beta}{1 + m_x \frac{\varphi_y}{\varphi_b}} \quad (\text{b})$$

Hệ số  $\varphi_b = 1$  khi tiết diện kín, đối với tiết diện hở  $\varphi_b$  – tra trong các sổ tay thiết kế

- Khi  $5 < m_x < 10$  thì

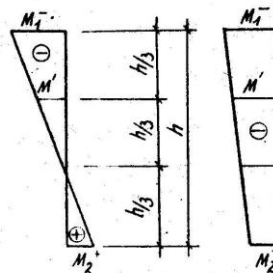
$$c = c_5(2 - 0,2m_x) + c_{10}(0,2m_x - 1)$$

$c_5$  tính theo (a) với  $m_x = 5$ ;  $c_{10}$  tính theo (b) với  $m_x = 10$

$$m_x = \frac{e_x A}{W_x} = \frac{M' A}{N W_x}$$

$$\text{với } M' = \max\left(\overline{M}; \frac{M_1}{2}; \frac{M_2}{2}\right)$$

$M_1, M_2$  – mômen lớn nhất ở một đầu và mômen tương ứng ở đầu kia của đoạn cột lấy cùng với một tổ hợp tải trọng và giữ đúng dấu của nó.



## Kiểm tra ổn định cục bộ bản bụng

Ổn định cục bộ của bản bụng cột chịu nén lệch tâm không chỉ phụ thuộc vào độ mảnh, vật liệu, hình dáng tiết diện cột như cột chịu nén đúng tâm. Mà còn phụ thuộc vào độ lệch tâm tương đối  $m$  và hệ số đặc trưng phân bố ứng suất pháp trên bản bụng :

$$\alpha = \frac{\sigma - \sigma_1}{\sigma}$$

$$\sigma = \frac{N}{A} + \frac{M_x}{I_x} y \quad \sigma_1 = \frac{N}{A} - \frac{M_x}{I_x} y_1$$

$$\alpha \leq 0.5$$

Độ lệch tâm tương đối	Loại tiết diện cột	Giá trị	Công thức tính [ $h_w/t_w$ ]
		$\bar{\lambda}$ và $\bar{\lambda}_1$	
$m = 0$	Chữ I	$\bar{\lambda} < 2,0$ $\bar{\lambda} \geq 2,0$	$(1,3 + 0,15\bar{\lambda}^2)\sqrt{EIf}$ $(1,2 + 0,35\bar{\lambda})\sqrt{EIf}$ ; nhưng không lớn hơn $2,3\sqrt{EIf}$
	Hình hộp, chữ [ cán	$\bar{\lambda} < 1,0$ $\bar{\lambda} \geq 1,0$	$1,2\sqrt{EIf}$ $(1,0 + 0,2\bar{\lambda})\sqrt{EIf}$ ; nhưng không lớn hơn $1,6\sqrt{EIf}$
	Chữ [ tổ hợp	$\bar{\lambda} < 0,8$ $\bar{\lambda} \geq 0,8$	$\sqrt{EIf}$ $(0,85 + 0,19\bar{\lambda})\sqrt{EIf}$ ; nhưng không lớn hơn $1,6\sqrt{EIf}$
$m \geq 1,0$	Chữ I, Hình hộp	$\bar{\lambda}_1 < 2,0$ $\bar{\lambda}_1 \geq 2,0$	$(1,3 + 0,15\bar{\lambda}_1^2)\sqrt{EIf}$ $(1,2 + 0,35\bar{\lambda}_1)\sqrt{EIf}$ ; nhưng không lớn hơn $3,1\sqrt{EIf}$

CHÚ THÍCH:  
 $\bar{\lambda}$  là độ mảnh qui ước khi tính toán ổn định của cột chịu nén đúng tâm;  
 $\bar{\lambda}_1$  là độ mảnh qui ước khi tính toán ổn định trong mặt phẳng tác dụng của mô men;  
 – Tiết diện hình hộp là các tiết diện kín (tổ hợp, uốn cong dạng chữ nhật hay vuông);  
 – Đối với tiết diện hình hộp, khi  $m > 0$ , giá trị của [ $h_w/t_w$ ] lấy cho bản bụng nằm song song với mặt phẳng tác dụng của mômen uốn;  
 – Khi  $0 < m < 1,0$  giá trị của [ $h_w/t_w$ ] được nội suy tuyến tính theo các giá trị với  $m = 0$  và  $m = 1,0$ .

$$\alpha \geq 1$$

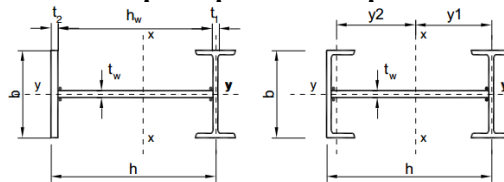
$$\left[ \frac{h_w}{t_w} \right] = 4,35 \sqrt{\frac{(2\alpha - 1)E}{\sigma(2 - \alpha + \sqrt{\alpha^2 + 4\beta^2})}} \leq 3,8 \sqrt{\frac{E}{f}}$$

$$\beta = 1,4(2\alpha - 1) \frac{\tau}{\sigma} ; \quad \tau = \frac{V}{h_w t_w}$$

$0.5 < \alpha < 1$  Nội suy tuyến tính giữa các giá trị được tính với  $\alpha=0.5$  và  $\alpha=1$

## 2.7 Cột thép nhà công nghiệp

### Thiết kế tiết diện cột dưới đặc



- Dạng tiết diện chữ H không đối xứng
- Nhánh mác (nhánh ngoài) dùng thép bản có kích thước đảm bảo điều kiện ổn định cục bộ bản cánh tương tự như bản cánh của cột trên.
- Nhánh cầu trục (nhánh trong) dùng thép cán hình chữ I.
- Bụng cột dùng thép bản có chiều dày bằng  $\left(\frac{1}{80} - \frac{1}{250}\right)h$  nhưng không nhỏ hơn 8mm
- Chiều rộng b của tiết diện cột (chính là chiều cao tiết diện chữ I) lấy bằng  $\left(\frac{1}{20} - \frac{1}{30}\right)H_d$  hoặc bằng  $(0,3 - 0,5)h$ . Diện tích tiết diện các nhánh thường xấp xỉ hoặc bằng nhau.

- Sơ bộ tính diện tích tiết diện cột dưới tương tự như cột trên : 
$$A = \frac{N}{f\gamma_c} \left[ 1.25 + (2.2 \sim 2.8) \frac{e}{h} \right]$$

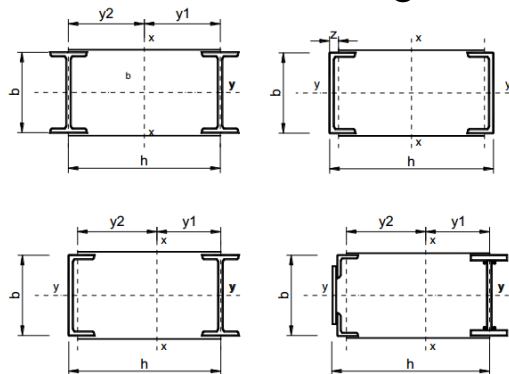
- Phân phối A vừa tính được theo tỉ lệ tương đối  $A_w = (0,2 - 0,3) A$  ;
- $A_f = (0,3 - 0,4)A$ . Sau đó theo các yêu cầu cấu tạo để chọn ra tiết diện từng bộ phận và tính lại diện tích tiết diện cột  $A = A_w + 2A_f$ .
- Kiểm tra tiết diện tương tự như đối với cột trên
- khi bản bụng cột dưới không ổn định, thì có thể tăng diện tích một hoặc hai nhánh (cánh) cột và kiểm tra lại tiết diện cột mới theo công thức :

$$\frac{N}{\varphi_e A} \leq f\gamma_c$$

- $A' = A_{nhmái} + A_{nhct} + 2(t_w C_1)$  với  $C_1 = 0.85 t_w \sqrt{\frac{E}{f}}$

## 2.7 Cột thép nhà công nghiệp

### Thiết kế tiết diện cột dưới rỗng



- Chiều cao tiết diện thép hình chọn như cột đặc :  $(1/20 - 1/30)H_d$ .
- Thanh giằng là thép góc được bố trí theo hệ tam giác có hoặc không có thanh ngang

- Chọn tiết diện cột :
- Xác định lực nén lớn nhất trong mỗi nhánh:

$$N_{nh/ng} = \frac{N_{tr}}{2} + \frac{M^+}{h_o} \quad N_{nh/tr} = \frac{N_{tr}}{2} + \frac{M^-}{h_o}$$

$$A_{nh/ng} = \frac{N_{nh/ng}}{(0.7 \sim 0.9)f} \quad A_{nh/tr} = \frac{N_{nh/tr}}{(0.7 \sim 0.9)f}$$

- Sau khi chọn xong tiết diện cột, xác định chính xác trọng tâm tiết diện cột, lực nén lên mỗi nhánh rồi kiểm tra ổn định trong và ngoài mặt phẳng mỗi nhánh

- Tính thanh giằng :
- Thanh giằng được tính như thanh chịu nén đúng tâm với lực nén :

$$N = \frac{V}{2 \sin \alpha} \quad ; V = 20A(KG) - A(cm^2)$$

- Diện tích thanh giằng xiên:

$$A_x = \frac{N}{\gamma_c \varphi f} \quad ; \gamma_c = 0.75$$

$$\varphi \in \lambda = \frac{l_{xiên}}{r_{min}} \quad \text{và} \quad f$$

- Kiểm tra ổn định toàn thân cột rỗng :
- Thân cột rỗng chịu nén uốn , điều kiện ổn định tổng thể :

$$\frac{N}{\varphi_e A} \leq f\gamma_c$$

- Với  $\varphi_e$  : hệ số uốn dọc lệch tâm phụ thuộc :

$$m = \frac{MAy}{NI_x} \text{ độ lệch tâm tương đối}$$

$\lambda_{td}$  : độ mảnh tương đương

- A : diện tích cột
- y : khoảng cách giữa trục cột và trục nhánh nén

$$\lambda_{td} = \sqrt{\lambda_x^2 + k \frac{A}{2A_x}} \text{ với } A_x \text{ diện tích 1 thanh giằng xiên}$$

$$\lambda_x = \frac{l_x}{r_x} \text{ với } r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}}$$

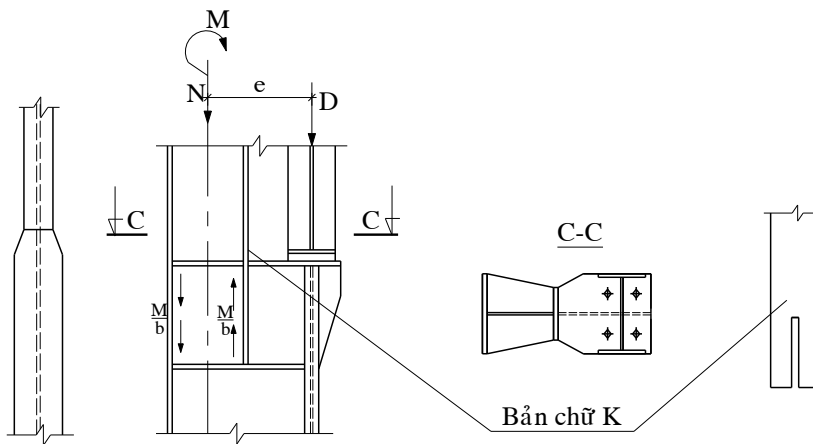
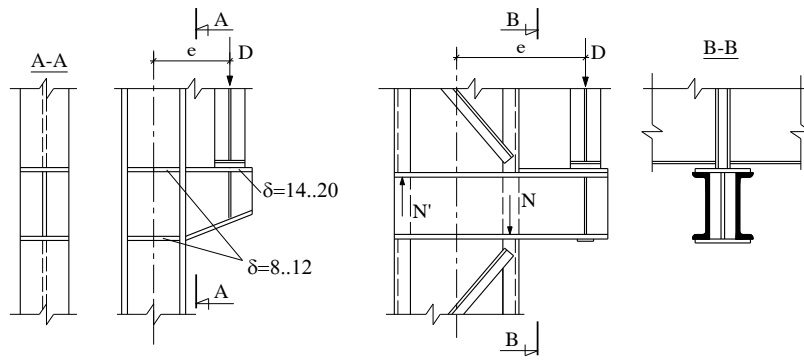
$$k \in \alpha \quad \alpha = 30^\circ \rightarrow k = 45$$

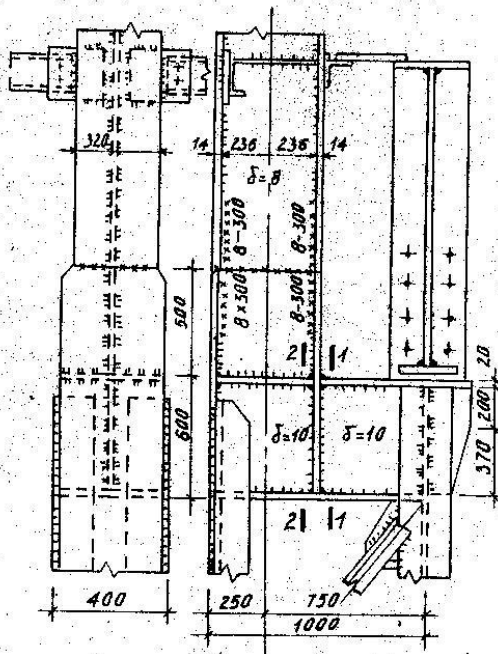
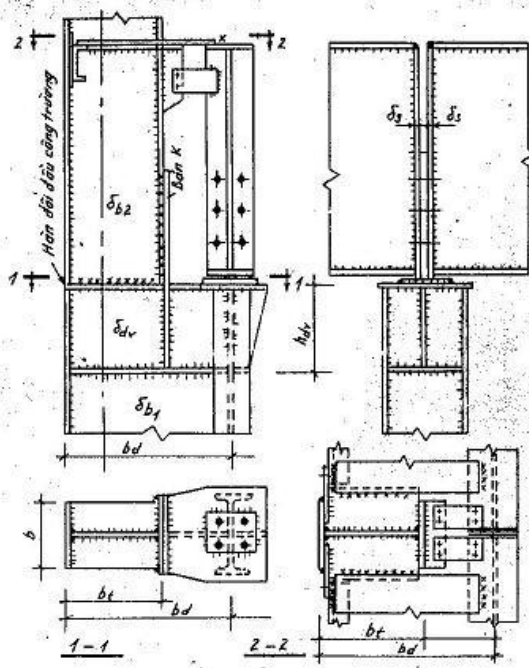
$$\alpha = 40^\circ \rightarrow k = 31$$

$$\alpha = 45^\circ \rightarrow k = 27$$

## 2.7 Cột thép nhà công nghiệp

### Chi tiết vai cột





## 2.7 Cột thép nhà công nghiệp

### Tính toán mối nối cột

- Nội lực dùng để tính mối nối là nội lực ở tiết diện ngay trên vai cột. Thiên về an toàn đối với mối nối cao hơn vai cột. Từ bảng tổ hợp nội lực chọn ra hai cặp nội lực nguy hiểm nhất  $M_{\max}^+$ ,  $N_{\text{tư}}$  và  $M_{\max}^-$ ,  $N_{\text{tư}}$ . Lực dọc mà cánh trong và cánh ngoài chịu :

$$S_{\text{ngoài}} = \frac{N_1}{2} + \frac{M_{\max}^+}{h'_t} \quad S_{\text{trong}} = \frac{N_2}{2} + \frac{M_{\max}^-}{h'_t}$$

- Tính toán, kiểm tra đường hàn đối đầu nối nhánh ngoài theo công thức :

$$\frac{S_{\text{ngoài}}}{tl_w} \leq f_w \gamma_c$$

- Tính toán, kiểm tra đường hàn đối đầu nối nhánh trong cột với bản K :

$$\frac{S_{\text{trong}}}{tl_w} \leq f_w \gamma_c$$

- Trường hợp cánh trong cột trên liên kết với bản K bằng hai đường hàn góc thì cách tính như sau :
  - Chọn trước chiều cao đường hàn  $h_f$ .
  - Tính chiều dài đường hàn cần thiết cho một bên :

$$l_w = \frac{S_{\text{trong}}}{2h_f (\beta f_w)_{\min}}$$

- Từ  $l_w$  cấu tạo chiều dài bản thép K

## 2.7 Cột thép nhà công nghiệp

### Cấu tạo và tính toán vai cột

- Vai trò của vai cột :
  - Liên kết hai nhánh của cột dưới rỗng
  - Liên kết cột trên và cột dưới và làm chỗ tựa cho dầm cầu trục
  - Đồng thời, dầm vai làm tăng độ cứng cho toàn cột.
- Tiết diện dầm vai bao gồm :
  - Bản bụng thẳng đứng nối liền bản bụng nhánh mái với bản bụng nhánh cầu trục. Bản bụng dầm vai có thể kéo dài vượt quá bụng nhánh cầu trục 15 đến 20cm. khi đó bụng nhánh cầu trục phải xẻ rãnh để bụng dầm vai xuyên qua.

- Cánh trên dầm vai gồm hai bản thép : bản dầy trên mút nhánh cầu trục dày 20 – 30mm và bản sườn lót giữa bụng cột trên và bụng dầm vai. Hai bản thép này nằm ngang và nằm hai phía bản K.
- Cánh dưới dầm vai là một bản thép nối liền bản bụng của hai nhánh cột dưới. Đây cũng chính là vách ngang chống xoắn của cột dưới.
- Tính toán dầm vai :
 

Nếu cột dưới là cột rỗng thì dầm vai tính như một dầm đơn giản có hoặc không có mút thừa, nhịp bằng chiều cao tiết diện cột dưới, chịu uốn bởi lực tập trung  $S_{\text{trong}}$  truyền từ cánh trong cột trên. Nếu là cột đặc thì sơ đồ tính không còn là dầm đơn giản mà chỉ tính toán theo các điều kiện chịu ép mặt và liên kết giữa các chi tiết. Trình tự tính toán như sau :

→ Chiều dày bản bụng dầm vai phải đủ để chịu ép mặt do  $(D_{\max} + G_{\text{dct}})$  truyền xuống từ sườn gối đầu dầm cầu chạy:

$$\delta_{dv} = \frac{D_{\max} + G_{\text{dct}}}{(b_s + 2\delta_{bd})f_c}$$

Trong đó :

- ✓  $b_s$  – bề rộng sườn gối dầm cầu chạy (20 – 30cm)
  - ✓  $\delta_{bd}$  – chiều dày bản đậy trên đầu mút nhánh cầu chạy
  - ✓  $(b_s + 2\delta_{bd})$  – chiều rộng qui đổi để truyền lực ép mặt
  - ✓  $f_c$  – cường độ tính toán về chịu ép mặt của thép
- Chiều cao dầm vai phải đồng thời thoả mãn các điều kiện sau :
- ✓ Yêu cầu về cấu tạo :  $h_{dv} \geq 0,5h_d$  : điều kiện này nhằm đảm bảo độ cứng ngàm giữa hai phần cột, để biến dạng của hai phần cột bằng nhau và phù hợp với giả thiết ban đầu là độ cứng của vai cột là vô cùng.

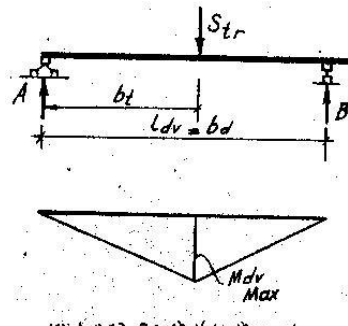
→ Chiều cao bản bụng dầm vai phải đủ để bố trí các đường hàn liên kết : bốn đường hàn góc liên kết bản K với bụng dầm vai chịu lực  $S_{\text{trong}}$  : các đường hàn góc liên kết bụng dầm vai với bụng nhánh cầu chạy chịu lực tác dụng

$$S_1 = D_{\max} + G_{\text{dct}} + B$$

Với B – phản lực gối tựa của dầm vai khi chịu uốn bởi lực  $S_{\text{trong}}$ .

$$h_{dv} \geq \frac{S_{\text{trong}}}{4h_f(\beta f_w)_{\min}}$$

$$h_{dv} \geq \frac{S_1}{nh_f(\beta f_w)_{\min}}$$



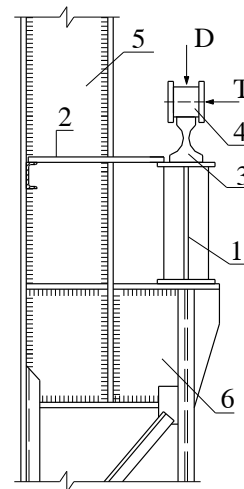
- Tiết diện dầm vai phải thoả mãn điều kiện chịu uốn. Mômen lớn nhất  $M_{\max}$  nằm ngay tại tiết diện bên dưới lực  $S_{\text{trong}}$ . Do tiết diện dầm vai ở hai phía lực  $S_{\text{trong}}$  khác nhau do bản cánh khác nhau nên cần kiểm tra khả năng chịu uốn cả hai tiết diện đó.
- Các đường hàn ngang liên kết cánh và bụng dầm vai tính toán để đủ chịu lực cắt  $Q_{\max}$ . các đường hàn ngang khác lấy theo cấu tạo.
- Trường hợp cột dưới là cột đặc, cần kiểm tra chiều dày bản bụng cột dưới theo điều kiện ép mặt như đối với bản bụng dầm vai của cột rỗng. Khi điều kiện ép mặt thoả, cần cấu tạo các sườn mút đầu nhánh cầu chạy, sườn lót giữa hai bản bụng của hai phần cột như đối với dầm vai cột rỗng.

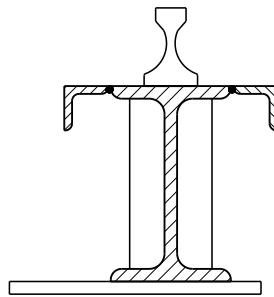
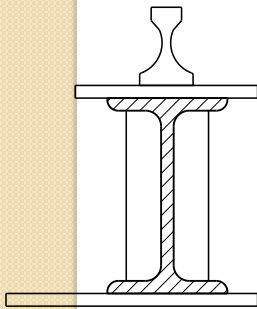
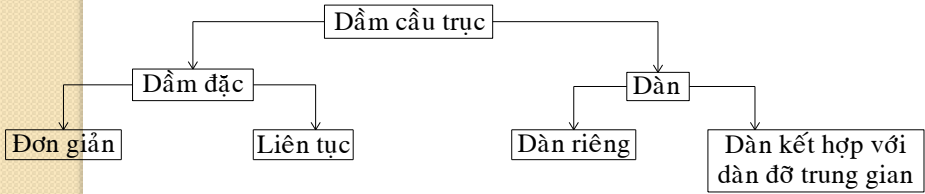
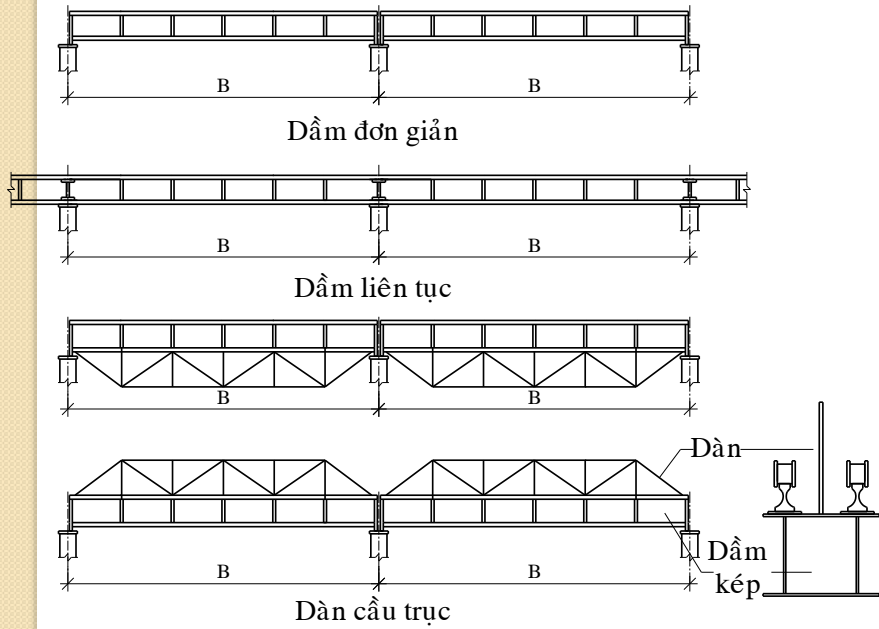
## CHƯƠNG 2

### KẾT CẤU THÉP NHÀ CÔNG NGHIỆP MỘT TẦNG

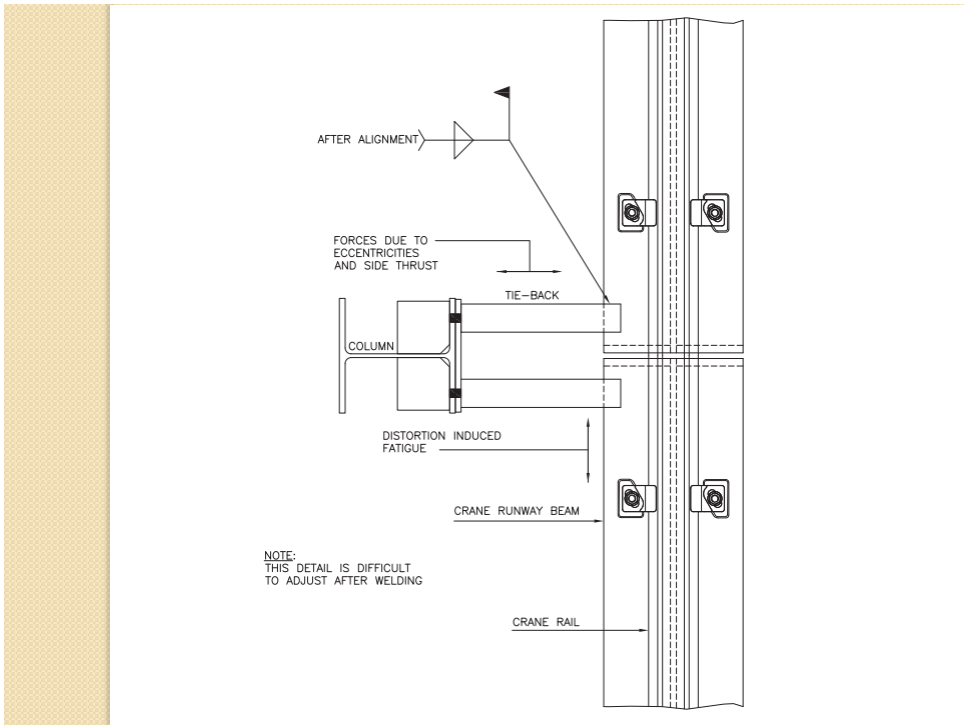
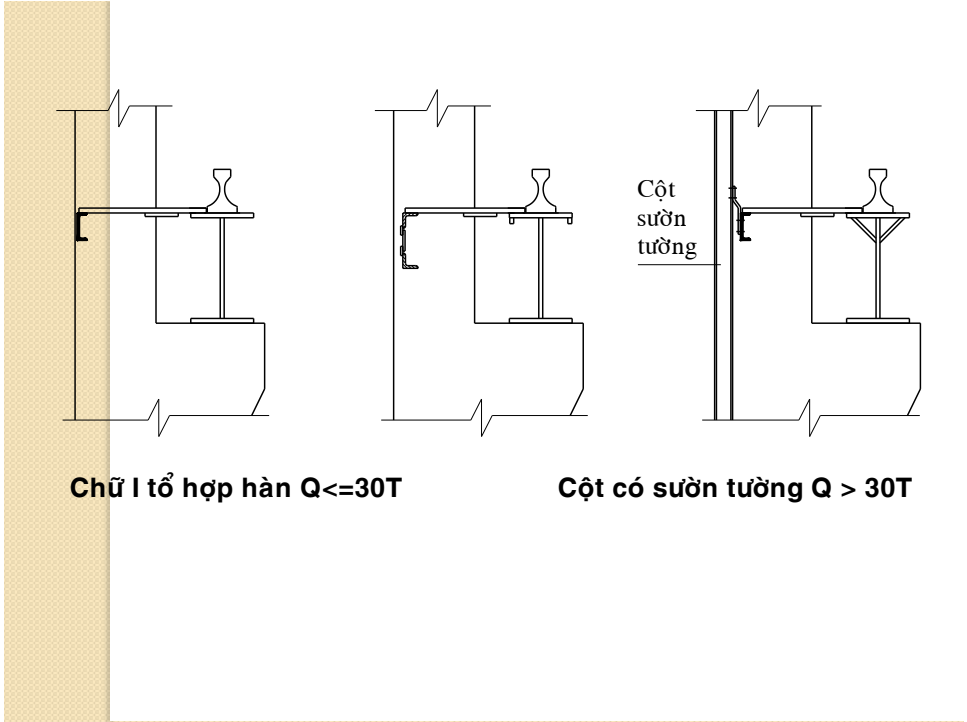
#### 2.8 Kết cấu dưới cầu chạy

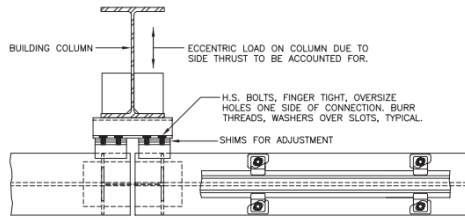
- Đặc điểm của kết cấu cầu chạy
  - Dầm cầu trục
  - Dàn hãm, dầm hãm
  - Đường ray
  - Bánh xe trục
  - Cột trên
  - Vai cột





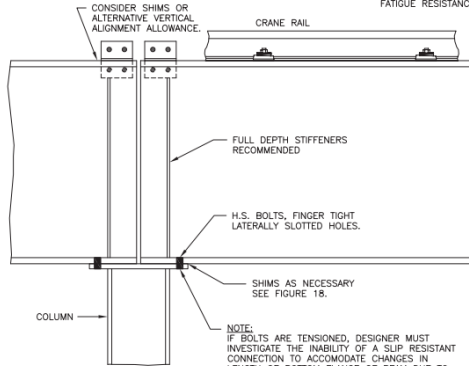
$Q \leq 10T$   
 $L \leq 6m$



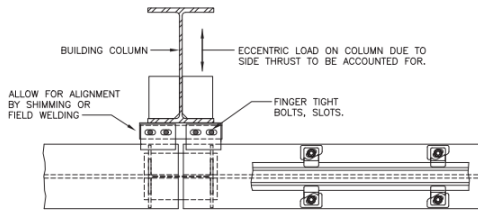


PLAN AT TOP OF RUNWAY BEAM

NOTE:  
THESE DETAILS SHOULD BE DESIGNED FOR THE REQUIRED DEGREE OF FATIGUE RESISTANCE.

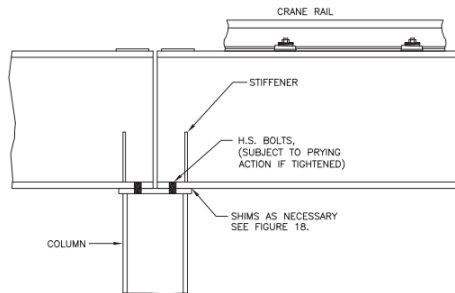


ELEVATION OF RUNWAY BEAM BEARING



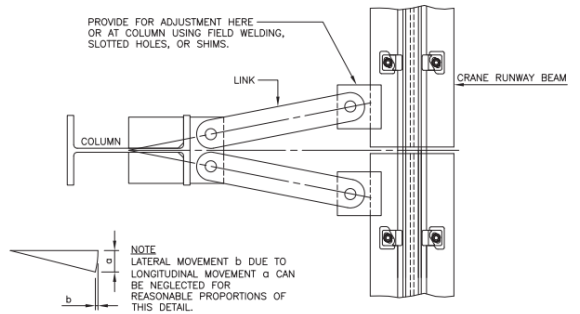
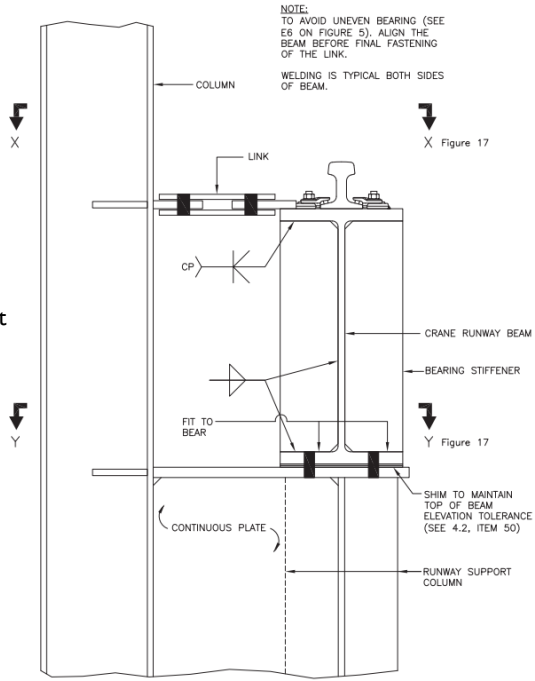
PLAN AT TOP OF RUNWAY BEAM

NOTE:  
THESE DETAILS ARE NOT FATIGUE RESISTANT

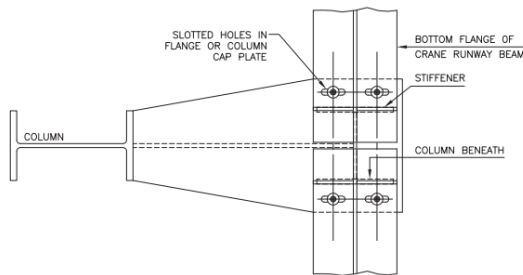


ELEVATION OF RUNWAY BEAM BEARING

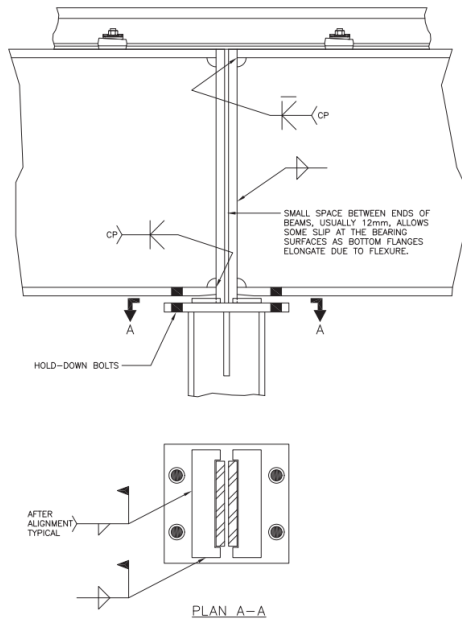
a Fatigue-Resistant Beam Support



PLAN X-X (TIE-BACK)



PLAN Y-Y (BEARING)



Example of a Heavy-Duty Bearing Detail with Minimal End Restraint and Eccentricity