



# THIẾT KẾ CẦU THÉP

BỘ MÔN CẦU ĐƯỜNG - ĐH DUY TÂN



**-CHƯƠNG 1-**

# **KHÁI NIỆM CHUNG**

**1.1. VÀI NÉT VỀ LỊCH SỬ PHÁT TRIỂN**

**1.2. PHƯƠNG HƯỚNG PHÁT TRIỂN**

**1.3. VẬT LIỆU SỬ DỤNG TRONG CẦU THÉP**

**1.4. CÁC HỆ THỐNG CHÍNH CỦA CẦU THÉP**

## 1.1. VÀI NÉT VỀ LỊCH SỬ PHÁT TRIỂN

- Cầu thép xuất hiện sau **cầu gỗ, cầu đá**.
- Khoảng **thế kỷ 18**, khi công nghiệp kim loại châu Âu còn ở bước đầu trong quá trình phát triển, **ban đầu là các cầu vòm gang ra đời và phát triển song song cùng với cầu treo bằng xích sắt**. Tiếp đó là những chiếc **cầu dầm gang ra đời**, đến khi **công nghệ luyện kim phát triển cầu dầm gang được thay thế bằng cầu dầm thép**.

- Khi chiều dài nhịp tăng **dầm đặc được thay thế bằng giàn thép**, sự phát triển của cầu giàn theo hướng đơn giản hóa hệ thanh bụng và sử dụng các biện pháp liên kết có hiệu quả hơn.
- Khoảng **cuối thế kỷ 19 đầu thế kỷ 20** là thời kỳ khoa học kỹ thuật trên thế giới phát triển rất mạnh. Nhiều cầu thép **liên tục** và **mút thừa** ra đời với khả năng vượt **nhịp lớn**.
- Song song với sự phát triển của cầu giàn là sự phát triển của cầu vòm và cầu treo.

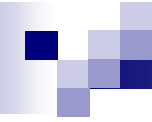
- Ở Việt Nam cầu thép được xây dựng chủ yếu từ thời thực dân Pháp đô hộ. Hầu hết các cầu đều làm bằng thép, điển hình nhất là cầu Long Biên là cầu giàn mút thừa  $l=130m$  và nhịp treo  $l_{tr}=52,5m$  ( $\Sigma l$  gần 3km).

## **\* Một số thất bại trong lịch sử phát triển:**

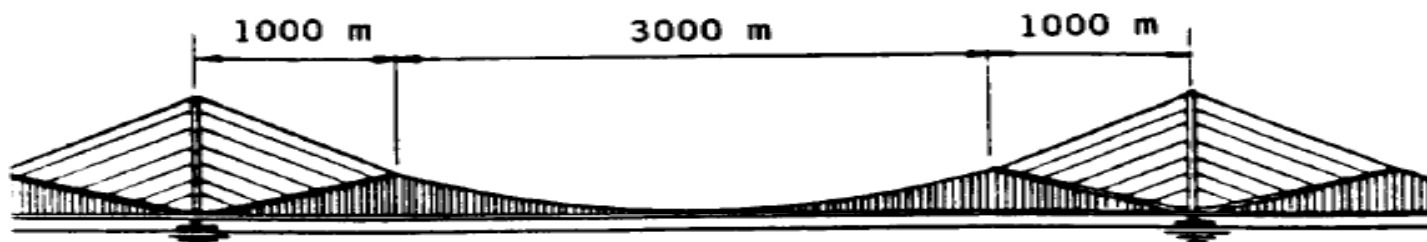
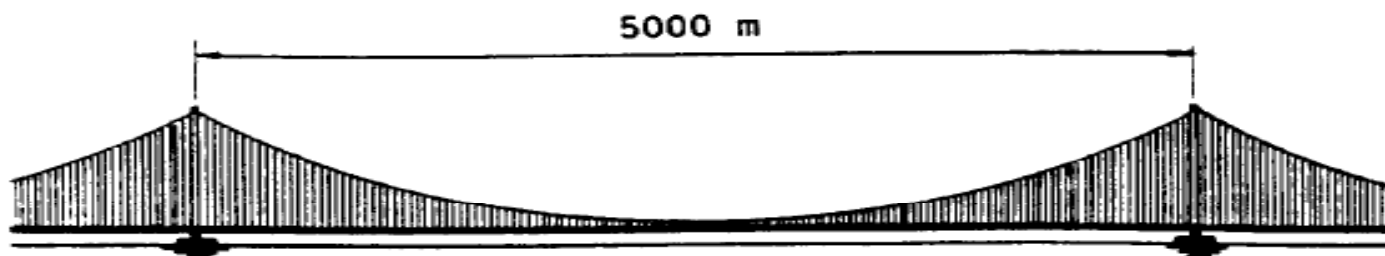
- Sập cầu treo Tacoma ở Mỹ, nhịp 855m đã bị sập năm 1940 do gió lớn, nguyên nhân chính là do cầu có các kích thước quá mảnh không đủ cứng theo phương đứng và ngang.
- Ở Việt Nam, cầu Cần Thơ sập 02 nhịp dẫn 25/09/2007, nguyên nhân do lún trụ tạm khi đang thi công.
- Chính những thất bại đó đã giúp cho các nhà khoa học nghiên cứu về cầu rút ra những kinh nghiệm để xây dựng nên những công trình cầu lớn như hiện nay

## 1.2. PHƯƠNG HƯỚNG PHÁT TRIỂN

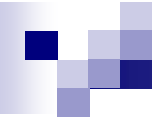
- Phân tích một loạt các cầu thép hiện đại trên thế giới trong những năm gần đây thấy nổi bật ba phương hướng rõ rệt:
  - Phương hướng thứ nhất là sử dụng các loại **thép chất lượng cao** nhằm giảm giá thành công tác duy tu bảo dưỡng.
    - + Nghiên cứu các biện pháp chống gỉ.
    - + Nhiều loại sơn mới chất lượng cao.
    - + Công nghệ bọc các bó cáp cường độ cao.

- 
- Phương hướng thứ hai là tiếp tục nghiên cứu tìm kiếm các **hệ liên hợp** để vượt các nhịp dài, có tính thẩm mỹ cao.
    - + Dự án cầu treo và cầu dây văng liên hợp có nhịp 5000m đang được triển khai.
    - + Cầu vòm có thanh kéo thế hệ mới với ống thép nhồi bê tông.





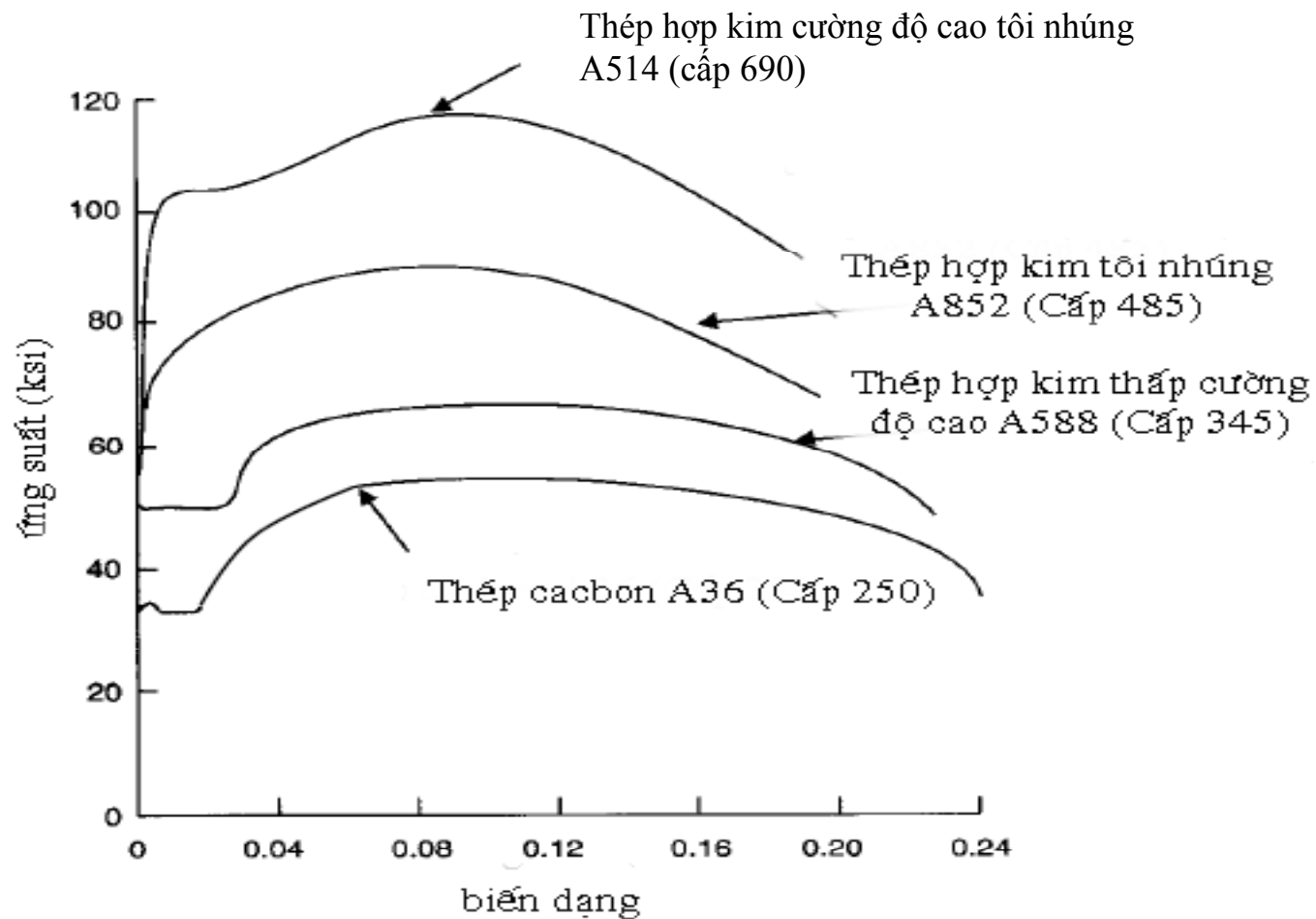
*Phương án cầu vượt eo biển Gibraltar*

- 
- Phương hướng thứ ba là **giảm khối lượng và chi phí chế tạo, xây dựng** cầu thép.
    - + Dầm thép liên hợp với bản BTCT hoặc bản mặt cầu bằng thép trực hướng.
    - + Các loại tiết diện hộp kín được nghiên cứu áp dụng để tăng cường độ, độ cứng chống xoắn và để tạo môi trường không gỉ bên trong lòng hộp.
    - + Các loại liên kết mang tính công nghiệp hiện đại: liên kết hàn và bulông cường độ cao, liên kết dán.
    - + Điều chỉnh nội lực.

## 1.3. VẬT LIỆU SỬ DỤNG TRONG CẦU THÉP

### 1.3.1. Phân loại thép công trình.

- Các tính chất cơ học của thép công trình điển hình được miêu tả bằng bốn đường cong ứng suất-biến dạng trên *Hình 1.2*. Mỗi đường thể hiện một loại thép có thành phần kim loại đáp ứng được các nhu cầu đặc biệt.
- Tiêu chuẩn thống nhất cho thép cầu trong ASTM (1995).



**Hình 1.2. Các đường cong ứng suất - biến dạng điển hình  
(1ksi=6,895MPa)**

**Bảng 1.1. Các tính chất cơ học tối thiểu của thép công trình về hình dạng, cường độ và độ dày**

	Thép công trình	Thép hợp kim thấp cường độ cao		Thép hợp kim tôi nhúng	Thép hợp kim tôi nhúng cường độ cao	
Theo AASHTO	M270 cấp 250	M270 cấp 345	M270 cấp 345W	M270 cấp 485W	M270 cấp 690/690W	
ASTM tương đương	A 709M cấp 250	A 709M cấp 345	A 709M cấp 345W	A 709M cấp 485W	A 709M cấp 690/690W	
Chiều dày tấm (mm)	Tối đa 100	Tối đa 100	Tối đa 100	Tối đa 100	Tối đa 65	Tối đa 65-100
Hình dạng	Mọi loại	Mọi loại	Mọi loại	Không áp dụng	Không áp dụng	Không áp dụng
Cường độ kéo min $F_u$ (MPa)	400	450	485	620	760	690
Cường độ chảy min $F_y$ (MPa)	250	345	345	485	690	620

## *a. Thép cacbon*

- Thép cacbon có thể được chế tạo từ các loại thép vụn hoặc xác ô tô, được đưa vào lò luyện cho đến khi đạt được các tính chất cơ học cần thiết.
- Một trong những tính chất cơ bản của thép cacbon cho cầu thép là dễ xác định cường độ chảy ( $F_y=250\text{MPa}$ ).
- Đây là loại thép chế tạo đơn giản nhất trong các loại thép dùng cho công trình cầu.
- Thép cacbon chịu hàn tốt và thích hợp cho bản, thanh và các loại thép hình cho công trình.

## ***b. Thép hợp kim thấp cường độ cao***

- Các loại thép này có được cường độ chảy và kéo lớn hơn thép cacbon, nhưng tỷ lệ các chất phụ gia nhỏ hơn thép hợp kim.
- Thép hợp kim thấp có cường độ chảy cao ( $F_y=345\text{MPa}$ ) khi cán nóng.
- Thép hợp kim thấp cường độ cao chịu hàn và thích hợp cho bản, thanh và thép hình công trình.
- Tính chống gỉ tốt.

### *c. Thép hợp kim thấp gia công nhiệt*

- Thép hợp kim thấp cường độ cao có thể gia công nhiệt để đạt cường độ chảy cao hơn ( $F_y=485\text{MPa}$ ).
- Gia công nhiệt nhúng nóng làm thay đổi vi cấu trúc của thép và nâng cao cường độ, độ cứng và độ dai.
- Thép hợp kim thấp gia công nhiệt chịu hàn, nhưng chỉ thích hợp cho tấm.
- Tính chống gỉ tốt.



#### *d. Thép hợp kim cường độ cao gia công nhiệt*

- Cường độ chảy  $F_y > 690\text{MPa}$  và độ dai lớn hơn ở nhiệt độ thấp.
- Tính dẻo thấp hơn và cần phải làm thí nghiệm trước khi sử dụng thép gia công nhiệt.
- Chỉ thích hợp cho thép tấm dùng trong công trình cầu.
- Thép hợp kim có tính bền gỉ cao nhất trong bốn nhóm thép.

## 1.3.2. Các loại thép hình dùng trong cầu thép

### *a. Thép bản, thép tấm.*

- Thép tấm thường có chiều dài từ 4,5 - 8m (đặc biệt 5-18m); rộng từ 1,2 - 2,2m; chiều dày đến 60mm

- Các yêu cầu cấu tạo:

+ Chiều dày thép tấm phải đảm bảo:

\* Đối với bộ phận chính:  $\geq 10\sim 12\text{mm}$

\* Đối với bộ phận phụ :  $\geq 8\text{mm}$

\* Đối với bộ bản đệm :  $\geq 4\text{mm}$

\* Đối với bộ bản nút :  $\geq 10\text{mm}$



+ Bản thép trong kết cấu hàn không nên lấy dày quá:

\* Đối thép than (cacbon) :  $\leq 50\text{mm}$

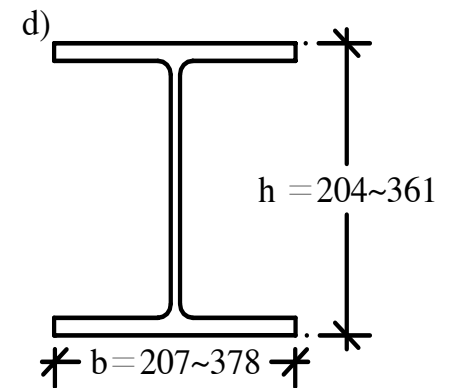
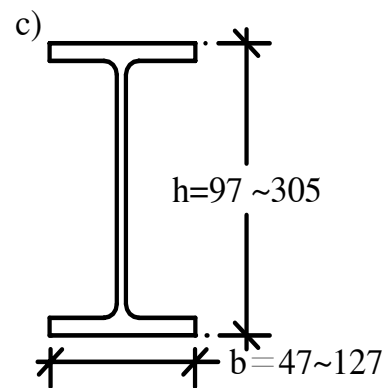
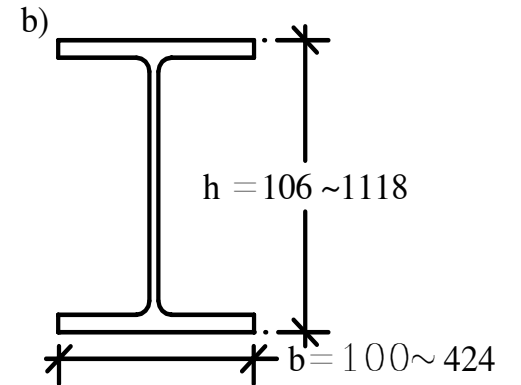
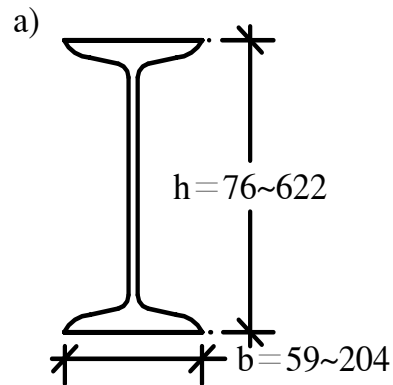
\* Đối thép hợp kim :  $\leq 40\text{mm}$

## ***b. Thép hình.***

- Theo tiêu chuẩn ASTM, thép hình dùng trong cầu thép có 8 dạng như sau:
  1. Thép hình “S” có dạng chữ I đối xứng, phía trong bản biên vát nghiêng với độ dốc  $16(2/3)\%$
  2. Thép hình “W” có dạng chữ I cánh rộng đối xứng, phía trong bản biên được lượn cong parabol.
  3. Thép hình “HP” có dạng chữ H, cánh rộng, thường dùng làm cọc đóng, có chiều dày vách và biên như nhau, chiều cao và chiều rộng như nhau.

- a) Thép hình 'S'
- b) Thép hình 'W'
- c) Thép hình 'M'
- d) Thép hình 'HP'

**Các loại thép hình I (ASTM)**





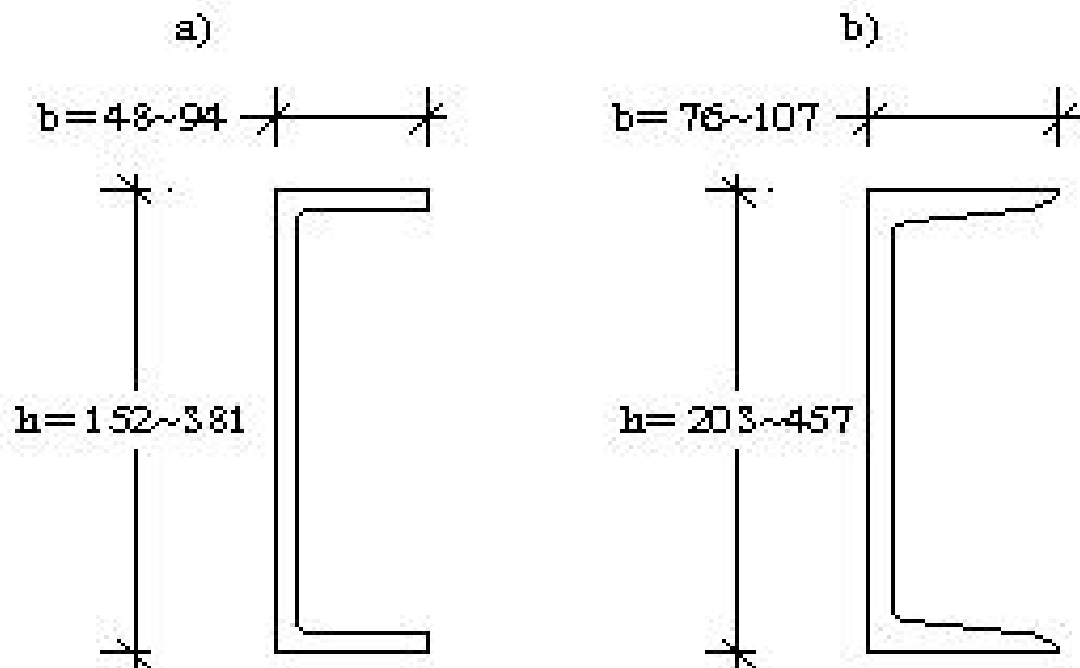
4. Thép hình “M” có dạng chữ I không thuộc loại “W”, “HP”, “S”.

5. Thép hình “C” dạng lòng máng, phía trong vát nghiêng 6 %.

6. Thép hình “MC” dạng lòng máng

7. Thép hình “L” cánh bằng nhau.

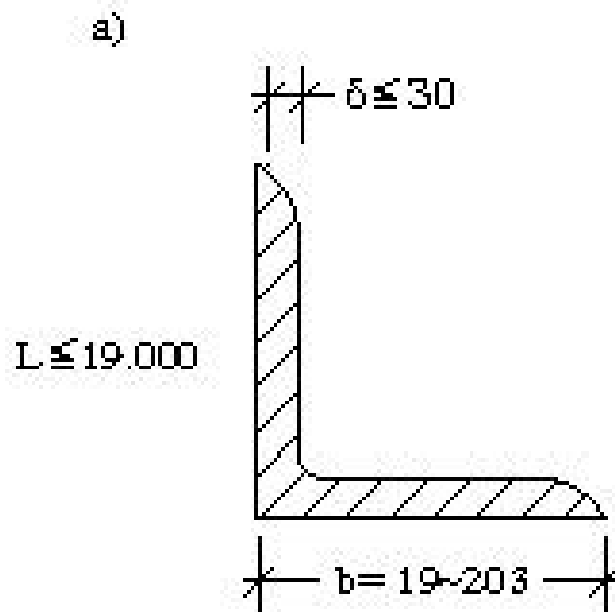
8. Thép hình “L” cánh không bằng nhau.



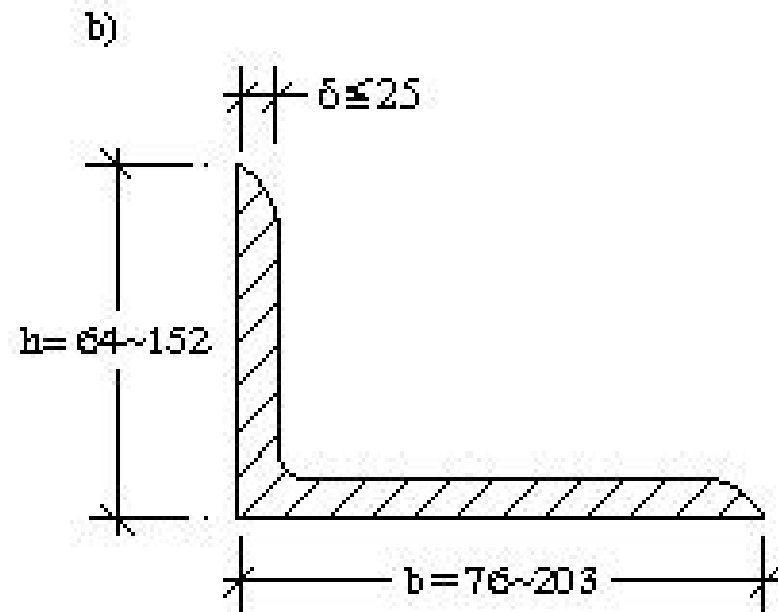
a) Thép hình 'MC'

b) Thép hình 'C'

**Hình 1.4. Các loại thép hình chữ "C" theo ASTM**



a) *Thép đều cánh*



b) *Thép không đều cánh*

**Hình 1.5. Các loại thép hình L theo ASTM**



## 1.4. CÁC HỆ THỐNG CHÍNH CỦA CẦU THÉP

- ***Thép là vật liệu đẳng hướng***, có khả năng chống đỡ tốt mọi tác động của ngoại lực, cho nên cầu thép có thể làm với ***mọi kiểu dáng*** và ***mọi hệ thống cầu***.
- Về mặt tĩnh học có thể phân loại thành những hệ thống cầu như sau:

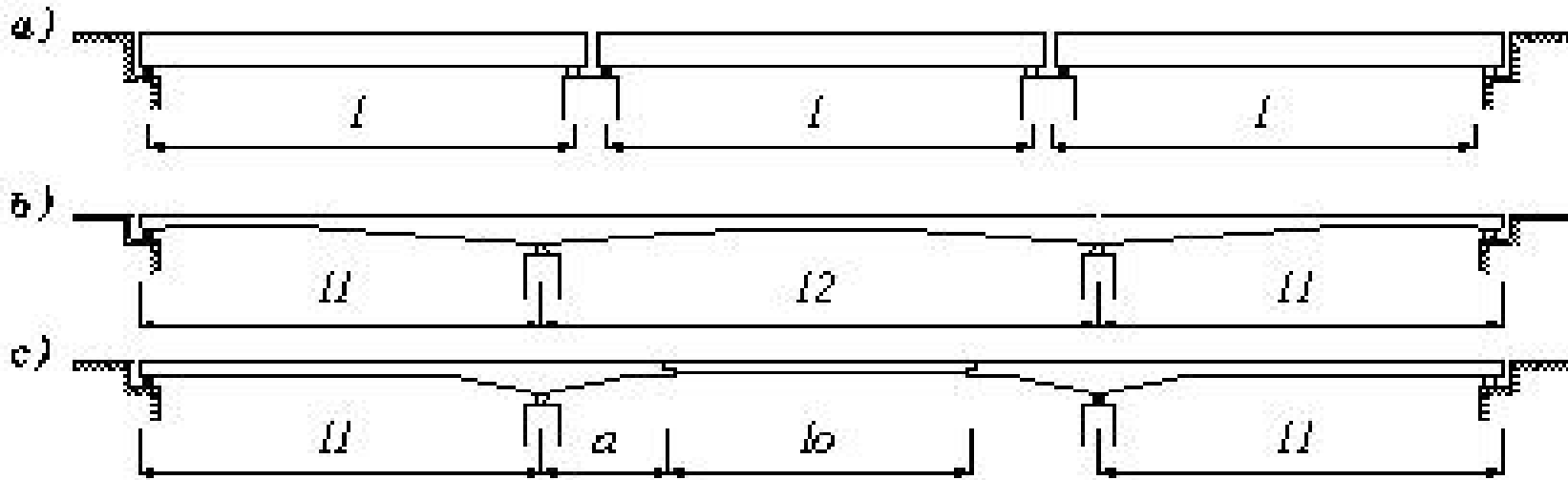
## 1.4.1. Hệ thống cầu dầm:

### - **Đặc điểm:**

- + Gối cầu chỉ truyền áp lực đứng
- + Cấu tạo đơn giản, dễ tiêu chuẩn và định hình hoá.
- + Phương pháp thi công đơn giản và đa dạng.
- + Dầm giản đơn, dầm liên tục, dầm mút thừa

### - **Phạm vi sử dụng:**

- + Được sử dụng phổ biến nhất từ trước đến nay.
- + Cầu dầm thép có thể đạt tới nhịp 200-300m.



## Hệ thống cầu dầm

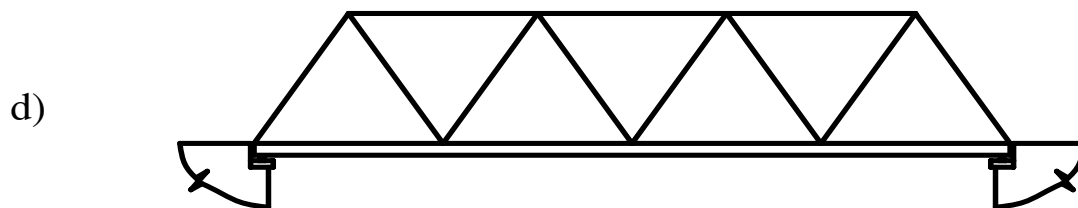
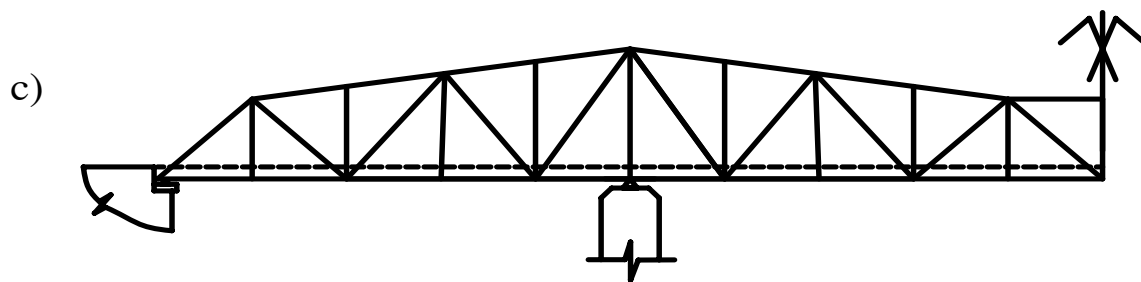
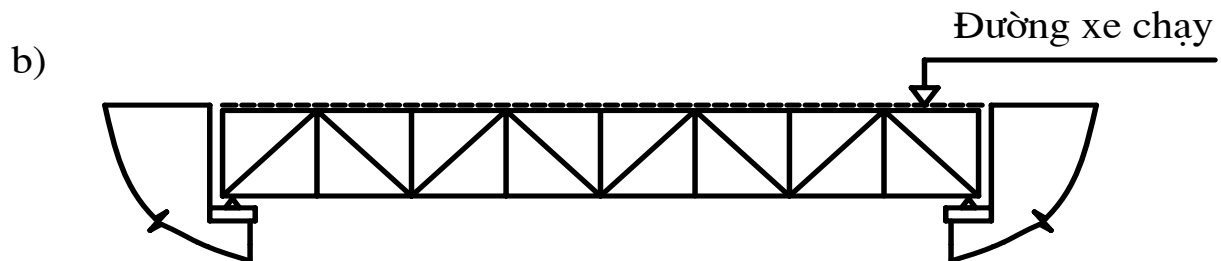
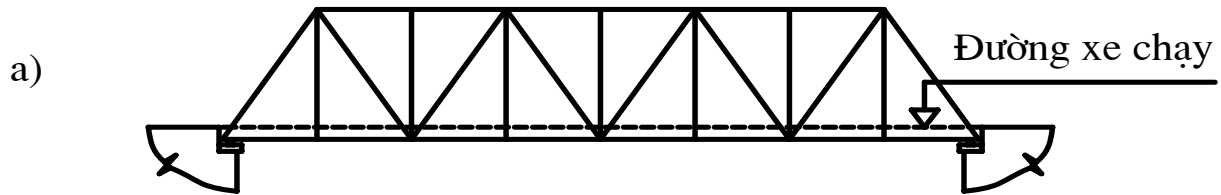
## 1.4.2. Hệ thống cầu giàn:

### - **Đặc điểm:**

- + Cầu giàn chỉ truyền áp lực thẳng đứng.
- + Dễ tiêu chuẩn hoá và định hình hoá kết cấu nói chung và từng thanh từng phân tử nói riêng.
- + Thi công tương đối đơn giản
- + Có thể làm cầu giàn đơn giản, liên tục, mút thừa.
- + Mặt cầu có thể bố trí đi trên hoặc đi dưới, đi giữa.

### - **Phạm vi sử dụng:**

- + Được sử dụng khá phổ biến.
- + Chiều dài nhịp thông thường từ 50-60m đến 120m-150m, có thể đạt nhịp trên 500m.



## Hệ thống cầu giàn

### 1.4.3. Hệ thống cầu vòm:

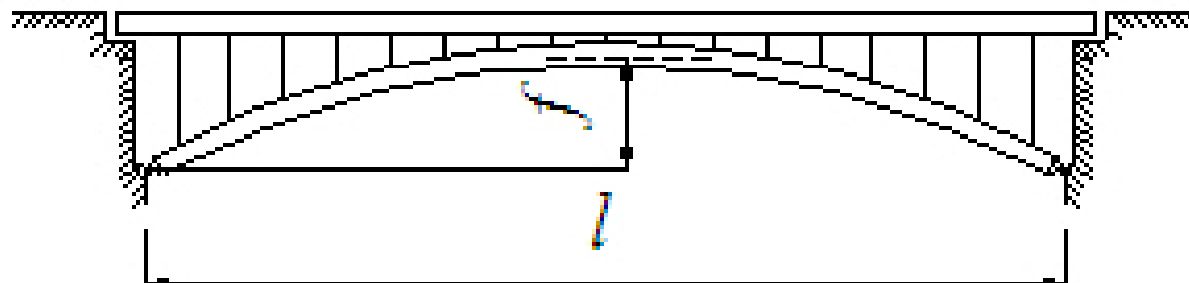
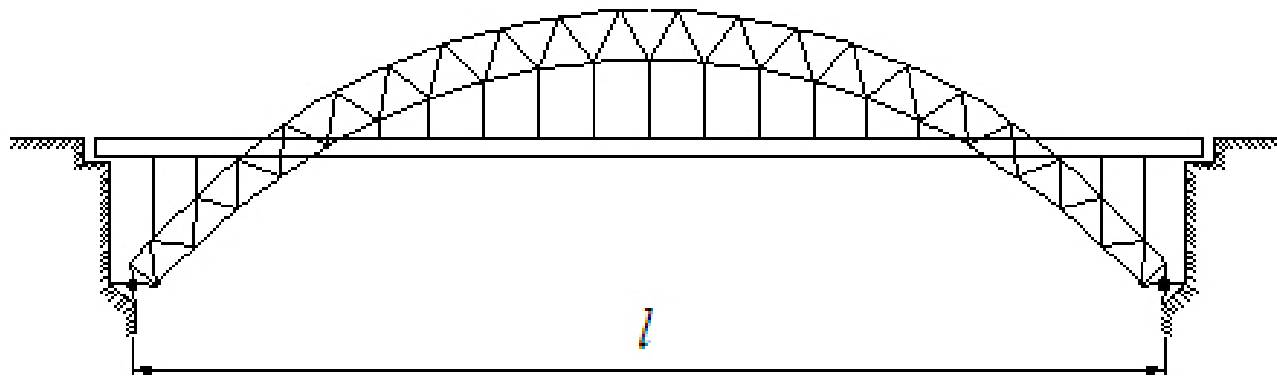
- **Đặc điểm:**

- + Lực đẩy ngang lớn do đó mố trụ thường có kích thước lớn hơn so với những loại mố trụ thông thường.
- + Có thể làm cầu vòm có 2 khớp, 3 khớp hoặc không khớp
- + Đường xe chạy có thể bố trí đi trên, đi dưới, hoặc đi giữa.
- + Cầu vòm khó định hình hoá và tiêu chuẩn hoá kích thước, thi công khá phức tạp.
- + Ngày nay còn có loại cầu vòm ống thép nhồi bê tông, có hoặc không có thanh căng.

## **-Phạm vi sử dụng:**

- + Trước kia thường dùng để vượt nhịp lớn
- + Ở những nơi địa hình, địa chất thích hợp thì cầu vòm rất kinh tế.
- + Sử dụng ở những nơi đòi hỏi mức độ mỹ quan cao.
- + Ít sử dụng cầu vòm liên tục hoặc nút thừa

( Các cầu vòm thép dài nhất về nhịp là cầu vịnh **Sydney** (1931) ở Australia  $l=503m$ . Cầu **Bayonne** (1931) ở Mỹ  $l = 500m$  cầu **Fayetteville** (1977) ở West Virginia, Mỹ  $l = 518 m$ .)



## Hệ thống cầu vòm



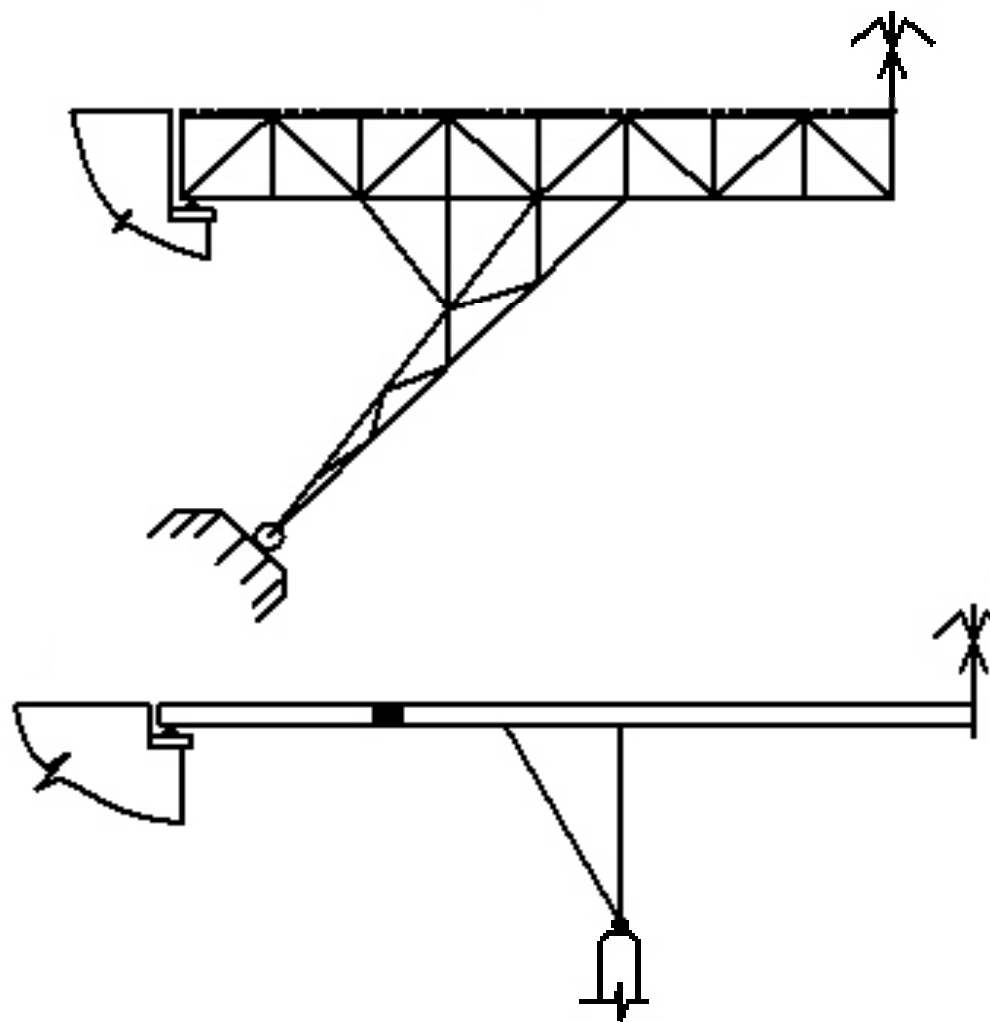
## 1.4.4. Hệ thống cầu khung:

### - **Đặc điểm:**

- + Là hệ siêu tĩnh, trụ liên kết cứng với dầm.
- + Thi công tương đối phức tạp.

### - **Phạm vi sử dụng:**

- + Ít được sử dụng vì không vượt được nhịp lớn và các mặt kinh tế kỹ thuật không có gì ưu việt.
- + Đối với cầu ô tô có áp dụng hệ liên hợp khung dầm có kết hợp điều chỉnh ứng suất đạt hiệu quả kinh tế tốt và có thể vượt tới nhịp 150m hoặc hơn.



**Hệ thống cầu khung**

## 1.4.5. Cầu hệ liên hợp:

### - **Đặc điểm:**

- + Do các hệ đơn giản hợp lại với nhau.
- + Đây là các hệ siêu tĩnh nên thường được điều chỉnh hoặc gây tạo nội lực trước ngược dấu với nội lực do tải trọng ngoài.
- + Thường có các hệ dầm cứng vòm dểo, dầm cứng có biên phụ đỡ dưới.

### - **Phạm vi sử dụng:**

- + Có thể sử dụng cho cầu xây dựng mới hoặc để gia cố tăng khả năng chịu lực của cầu cũ.
- + Chiều dài nhịp đạt 150-200m.

## 1.4.6. Hệ thống cầu treo:

### - **Đặc điểm:**

+ Thực chất dây cũng là một dạng liên hợp giữa dầm và dây: dầm cứng được dây treo đỡ, dây sẽ chịu lực chính.

+ Dây treo dạng parabol hoặc dạng cung tròn

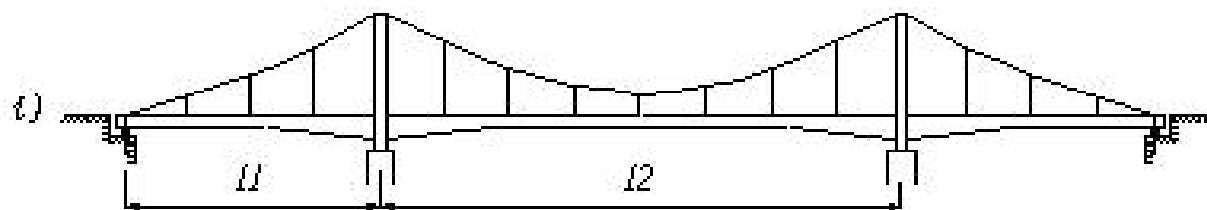
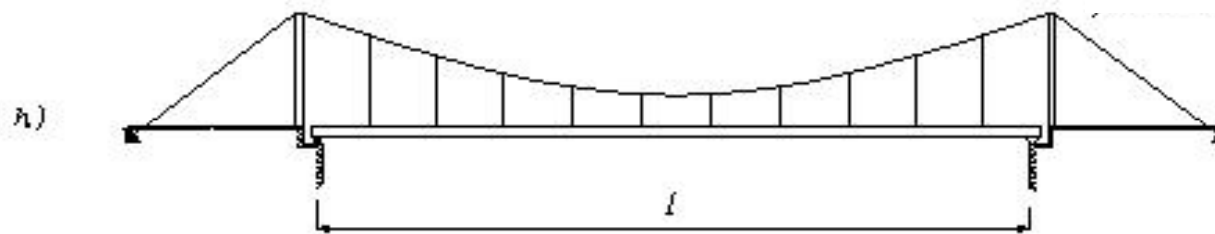
+ Cầu treo có hoặc không có lực ngang truyền xuống đất.

+ Kết cấu chịu lực chủ yếu là dây làm bằng thép cường độ cao (tới  $1800 \div 2000\text{MPa}$ ) chịu kéo rất thích hợp và kinh tế.

### - **Phạm vi sử dụng:**

+ Thường sử dụng để vượt nhịp rất lớn, từ  $500 \div 600\text{m}$  đến  $1500 \div 1600\text{m}$ .

+ Cầu treo có thể làm liên tục hoặc mút thừa.



## Hệ thống cầu treo

## 1.4.7. Hệ thống cầu dây văng:

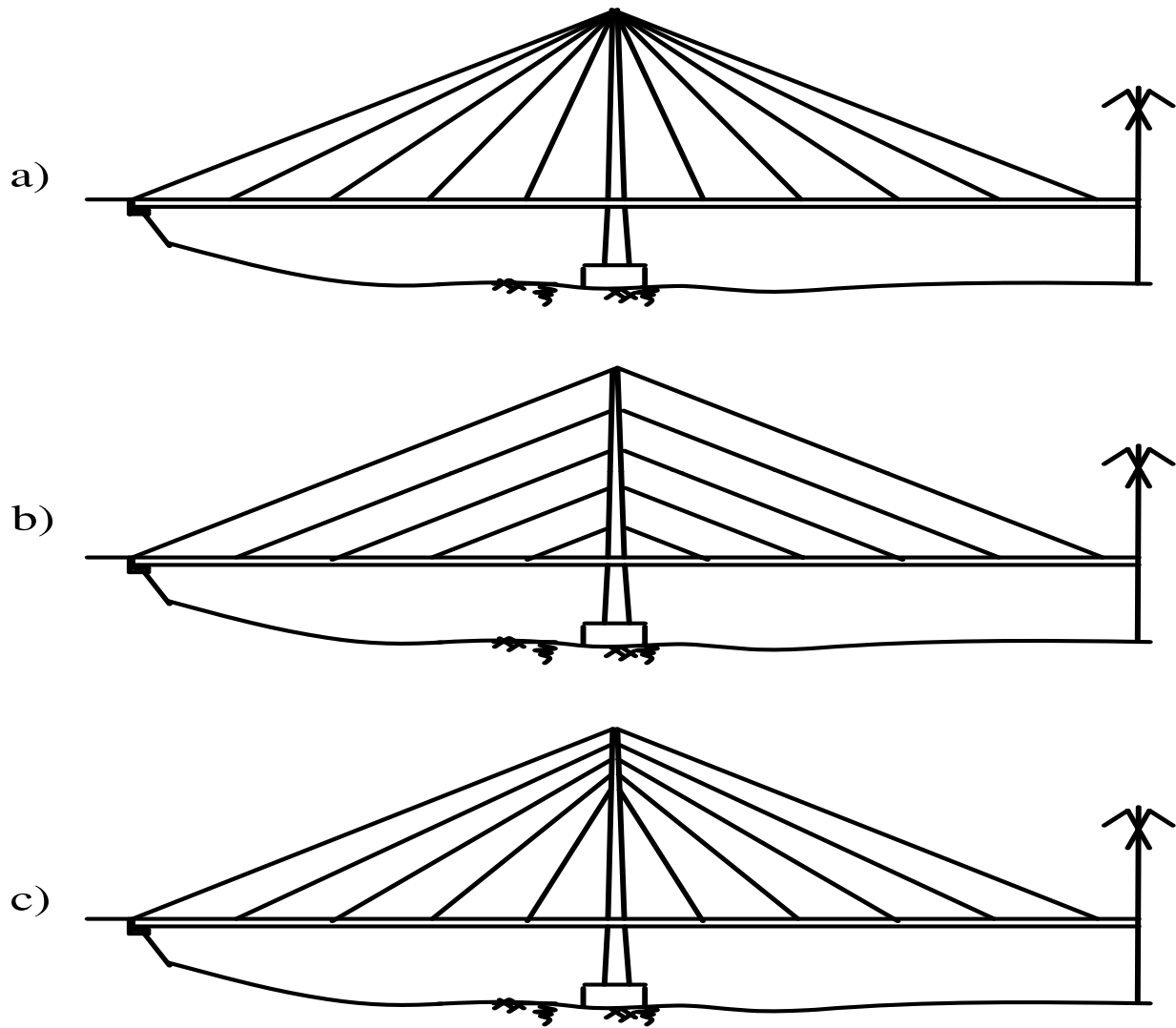
### - **Đặc điểm :**

- + Dây là kết cấu chịu lực chính
- + Các dây treo để thẳng và có tác dụng như gối tựa đàn hồi cho các dầm cứng.

### - **Phạm vi sử dụng:**

- + Xuất hiện từ nửa sau thế kỷ 20 và ngày nay được sử dụng rất phổ biến.
- + Kinh tế đối với nhịp từ 120÷150m trở lên, có thể đạt tới nhịp trên ngàn mét.

Các cầu nổi tiếng như Tataru (1999) ở Nhật  $l = 890\text{m}$ , Normandie (1995) ở Pháp  $l = 856\text{m}$ , Qingzhou Minjiang (1996) ở Trung Quốc  $l = 605\text{m}$ , Sutong  $l = 1088\text{m}$  (2006).



## Hệ thống cầu dây văng