



HUTECH
Đại học Công nghệ Tp.HCM

THIẾT KẾ CẦU THÉP

TS. NGUYỄN QUỐC HÙNG
KHOA XÂY DỰNG

NĂM 2016



MÔ TẢ HỌC PHẦN

Học phần này cung cấp những kiến thức cơ bản về cấu tạo và tính toán cầu thép, chủ yếu là nhịp cầu thép dạng dầm thép bản, cầu dầm thép liên hợp bản BTCT và cầu dàn thép.

Người học cần có các kiến thức về kết cấu thép, về lý luận thiết kế cầu (môn Tổng luận cầu). Kiến thức về cơ học kết cấu và Sức bền vật liệu.

Bài 1 : Khái niệm chung về kết cấu nhịp cầu thép.

Bài 2 : Cấu tạo cầu dầm đặc và dầm hộp, phương pháp lựa chọn kích thước các bộ phận.

Bài 3 : Tính toán cầu dầm đặc .

Bài 4 : Cầu dầm liên hợp bản BTCT: Nguyên lý làm việc, tính các đặc trưng hình học của dầm liên hợp, Kiểm tra về các điều kiện chịu lực của mặt cắt.

Bài 5: Cấu tạo cầu dàn thép.

Bài 6 : Tính toán cầu dàn thép.



HUTECH
Đại học Công nghệ Tp.HCM

BÀI I

KHÁI NIỆM CHUNG

VỀ CẦU THÉP

1.1 ĐẶC ĐIỂM CHUNG, ƯU KHUYẾT ĐIỂM VÀ PHẠM VI ÁP DỤNG CỦA CẦU THÉP

1.1- Cầu có kết cấu nhịp bằng thép

1.2- Ưu điểm của cầu thép:

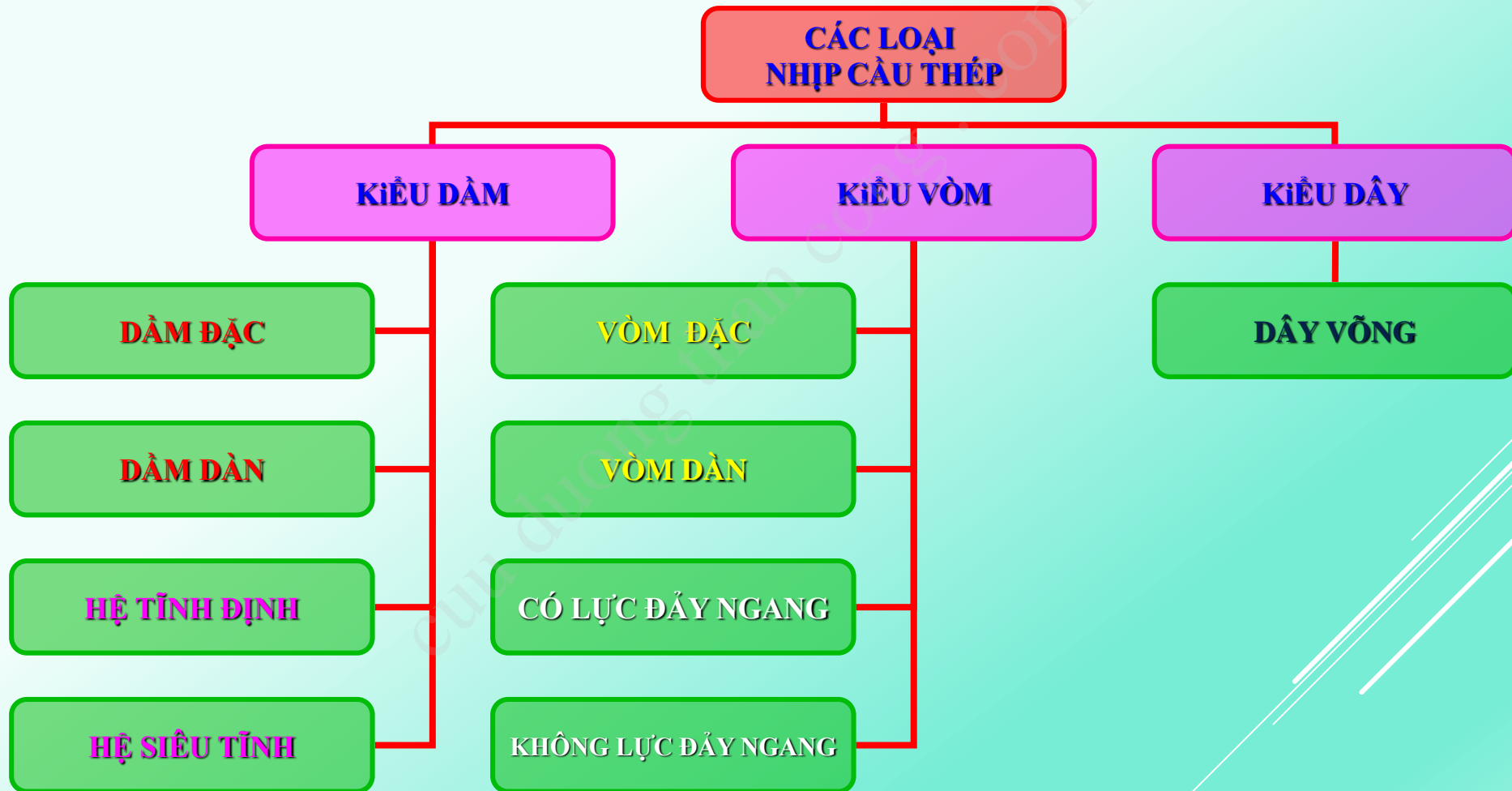
- Thép có cường độ chịu lực cao cả khi kéo, nén, uốn, có trọng lượng bản thân nhỏ có thể vượt được khẩu độ lớn và chịu tải trọng nặng.
- Thép có modun đàn hồi cao và có tính dẻo nên đáp ứng điều kiện khai thác với tải trọng lớn và chịu lực xung kích tốt.
- Vật liệu thép dễ gia công nên có khả năng tạo được nhiều dạng cầu với hình dáng đẹp.
- Các hình thức liên kết trong kết cấu thép rất phong phú và dễ thực hiện

1.3- Nhược điểm của cầu thép:

- Thép là một kim loại dễ bị ăn mòn dưới tác dụng của môi trường phải tốn nhiều công sức, chi phí để bảo dưỡng.
- Thép là loại vật liệu không có sẵn trong tự nhiên, vì vậy giá thành vật liệu làm cầu thép khá cao



1.2 CÁC HỆ THỐNG CẦU THÉP:



1.2.1. HỆ THỐNG CẦU THÉP KIỂU DẦM

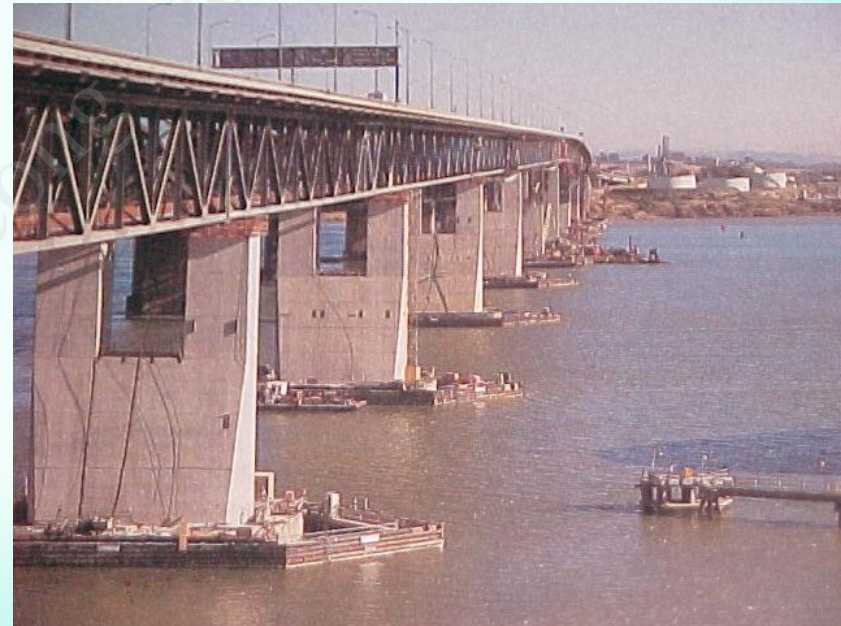
- Dầm liên tục



- Dầm giản đơn

1.2.2. HỆ THỐNG CẦU THÉP KIỂU DÀN

- Dàn giản đơn



- Dàn liên tục

1.2.3. HỆ THỐNG CẦU THÉP KIỂU VÒM

- Kiểu vòm dàn



- Kiểu vòm cứng



HUTECH
Đại học Công nghệ Tp.HCM

1.2.4. HỆ THỐNG CẦU THÉP KIỂU DÂY VÕNG :

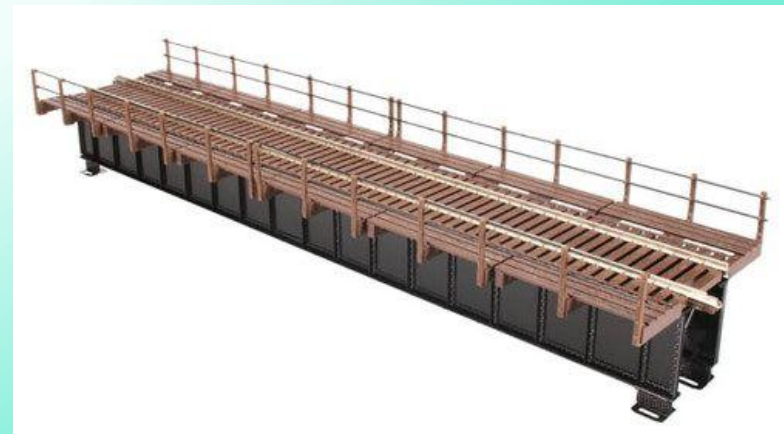


1.2.5. CẦU THÉP CHO ĐƯỜNG Ô TÔ



- Chiều rộng lớn, chiều cao thấp, nhiều dầm dọc

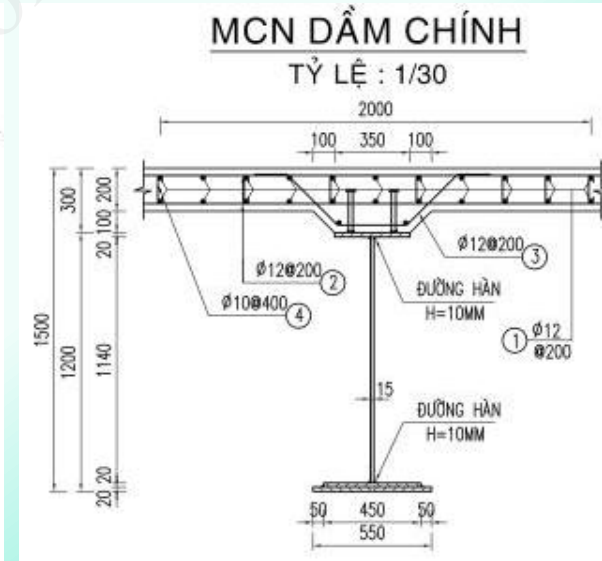
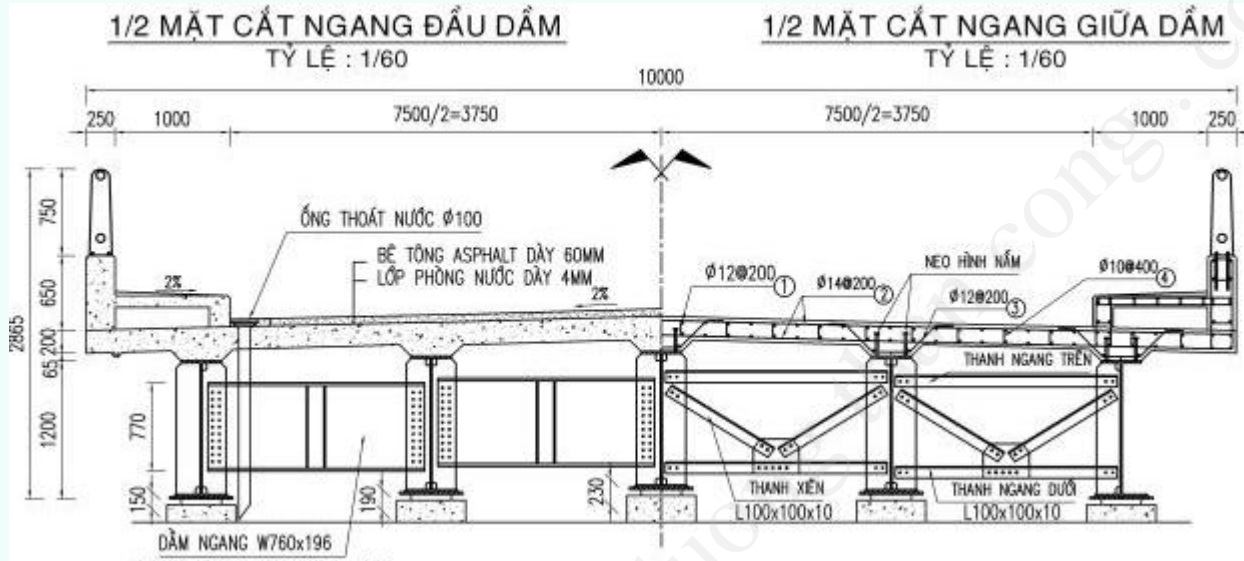
1.2.6. CẦU THÉP CHO ĐƯỜNG SẮT



- Chiều ngang hẹp, chiều cao lớn, ít dầm dọc

1.3 CÁC BỘ PHẬN CỦA CẦU THÉP

1.3.1. CẦU DÀM THÉP



- 1- Dầm chính (dầm chủ): bộ phận chịu lực chính, vượt qua khẩu độ
- 2- Hệ liên kết ngang: dầm ngang hoặc khung ngang, liên kết các dầm chính với nhau
- 3- Hệ liên kết dọc: nằm theo mặt phẳng nằm ngang : chịu lực gió hay lực lắc ngang của xe
- 4- Hệ mặt cầu: cho các phương tiện giao thông hay người đi lên
- 5- Gối cầu: bố trí dưới đầu các dầm chính để truyền tải trọng xuống móng, trụ

1.3.2. CẦU DÀN THÉP :

- 1- Dàn chính (dàn chủ): chịu lực chính, vượt qua khẩu độ
- 2- Hệ dầm mặt cầu: gồm dầm dọc và dầm ngang, có tác dụng liên kết 2 dàn chính và nâng đỡ mặt cầu
- 3- Hệ liên kết ngang: liên kết 2 dàn chính, tạo thành khung không gian
- 4- Hệ liên kết dọc: chịu lực gió ngang hay lực lắc ngang của xe
- 5- Mặt cầu, bằng gỗ , bằng thép hay bằng BTCT cho các phương tiện giao thông và người đi lên
- 6- Gối cầu: đảm bảo chuyển vị đầu nhịp và truyền tải trọng xuống móng, trụ

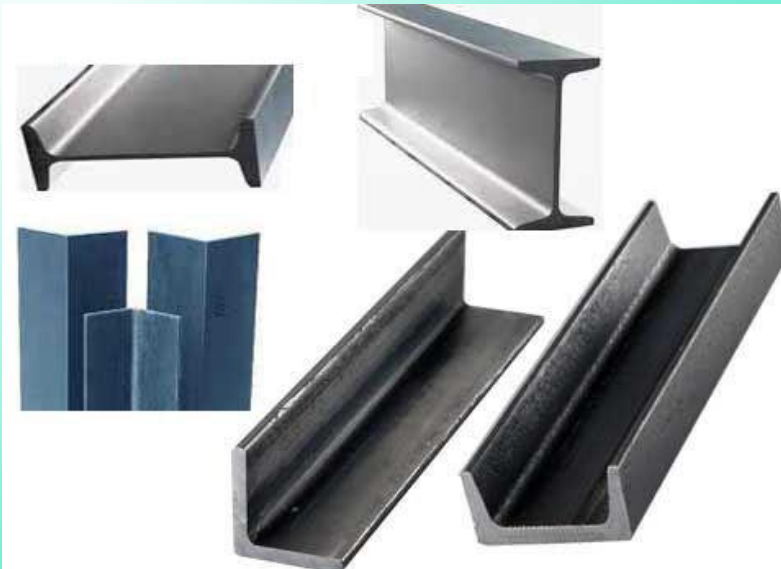
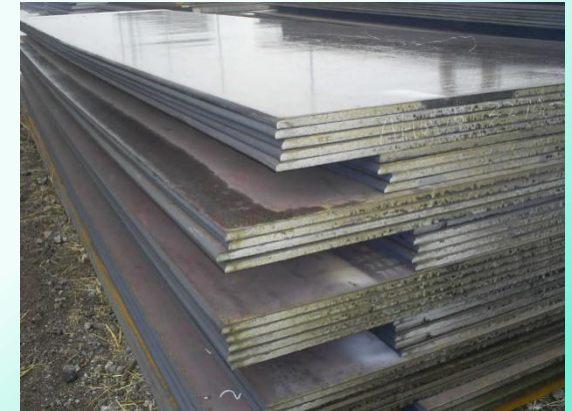


1.4. ĐẶC ĐIỂM CỦA VẬT LIỆU LÀM CẦU THÉP

VẬT LIỆU THÉP: THÉP TẤM, THÉP HÌNH

- Thép cacbon : XCT 34; XCT 38; XCT 42; XCE 52(TCVN 5709:1993)
- Thép hợp kim : 16Mn2 (16%C; 2%Mn)
- Thép làm liên kết: Bulong 725-:-900 Mpa

Tiêu chuẩn Standard	Mác thép Grade	Giới hạn chảy Yield strength (N/mm ²)	Giới hạn đứt Tensile strength (N/mm ²)	Độ giãn dài Elongation (%)	Khả năng uốn Bendable	
					Góc uốn Bendable	Đường kính gõ uốn Inside diameter
JIS G 3101	SS40	235 min	400-510	20 min (d<25 mm) 24 min (d≥ 25 mm)	180°	3d
JIS G 3112	SD 295A (SD 30)	295 min	440-600	16 min (d< 25 mm) 18 min (d≥ 25 mm)	180°	3d (d≤ 16) 4d (d> 16)
	SD 295B	295 min	440 min	16 min (d< 25 mm) 18 min (d≥ 25 mm)	180°	3d (d≤ 16) 4d (d> 16)
	SD 390 (SD 40)	390-510	560 min	16 min (d< 25 mm) 18 min (d≥ 25 mm)	180°	5d
	SD 490 (SD 50)	490-625	620 min	12 min (d< 25 mm) 14 min (d≥ 25 mm)	90°	5d (d≤ 25) 6d (d> 25)
ASTM A615/ A 615M-94	Gr 40 (300)	300 min (Mpa)	500 min (Mpa)	11 min (d= 10 mm) 12 min (d> 10 mm)	180°	3.5d (d≤16mm) 5d (d>16mm)
	Gr 60 (400)	400 min (Mpa)	600 min (Mpa)	9 min (d≤ 20) 8 min (20<d≤ 25) 7 min (d>25)	180°	3.5d (d≤16mm) 5d (16<d≤30mm) 7d (d>30mm)
ASTM A615/ A 615M-96a	Gr 40 (300)	300 min (Mpa)	500 min (Mpa)	11 min (d= 10 mm) 12 min (d> 10 mm)	180°	3.5d (d≤16mm) 5d (d>16 mm)
	Gr 60 (420)	420 min (Mpa)	620 min (Mpa)	9 min (d≤ 19) 8 min (19<d≤ 25) 7 min (d>25)	180°	3.5d (d≤16mm) 5d (16<d≤25mm) 7d (d>25 mm)
BS 4449 (Reference)	Gr 250	250 min	287 min	22 min	180°	3d
	Gr 460	460 min	483 min	12 min	180°	5d (d≤16mm) 7d (d>16mm)



CÂU HỎI ÔN TẬP:

- 1- Cầu thép là gì? Có những loại cầu thép nào? Ưu nhược điểm của cầu thép?
- 2- Có những dạng cầu thép nào trong hệ thống cầu dầm thép?
- 3- Có những dạng cầu thép nào trong hệ thống cầu dàn thép?
- 4- Có những dạng cầu vòm thép nào? Đặc điểm của chúng?
- 5- Có những dạng cầu thép nào trong hệ thống cầu dây?
- 6- Vật liệu dùng làm cầu thép có những đặc điểm gì?
- 7- Tại sao cầu lớn cho đường sắt thường làm bằng cầu thép?



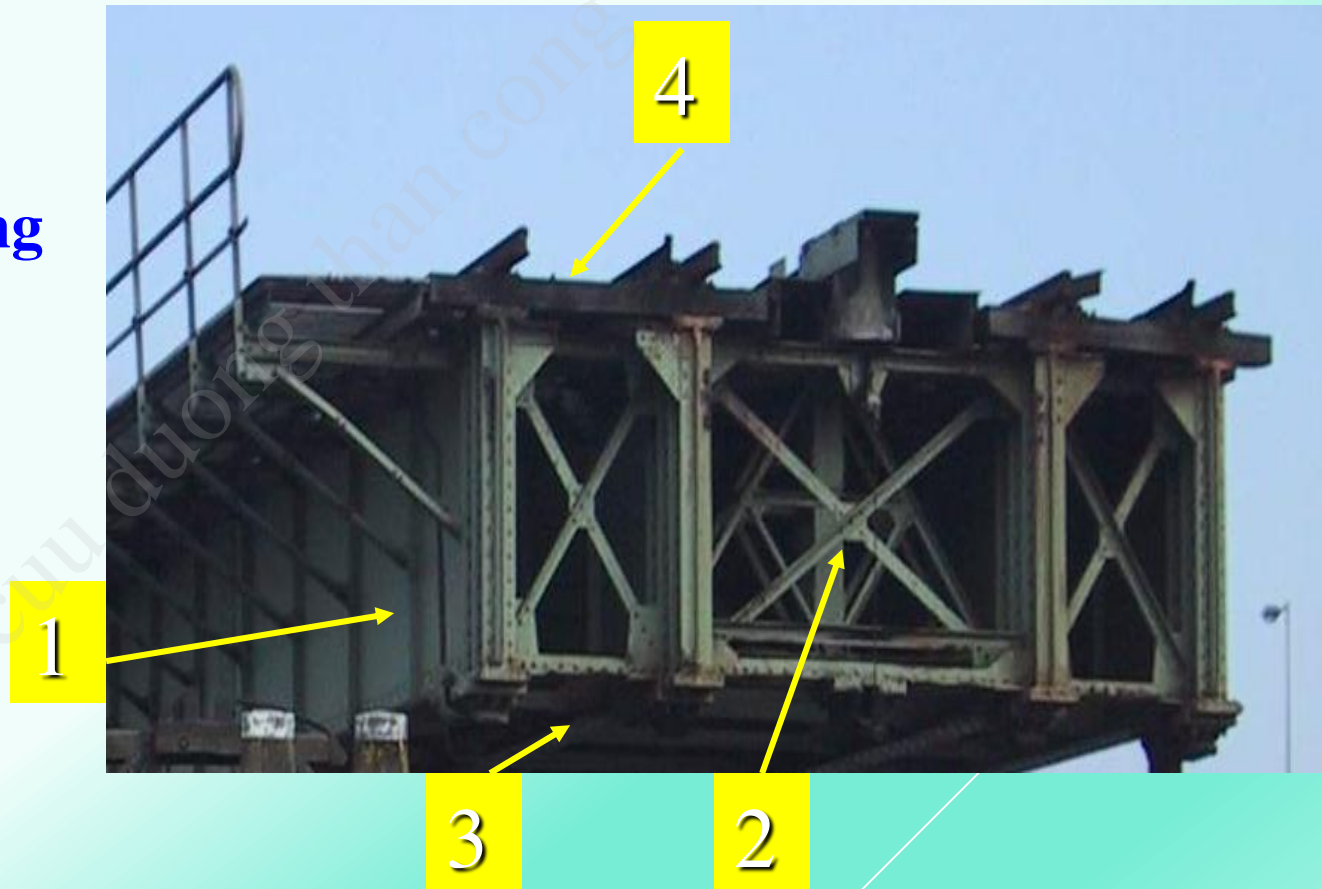
HUTECH
Đại học Công nghệ Tp.HCM

BÀI 2

CẤU TẠO CẦU DẦM BẢN ĐẶC

2.1 MẶT CẮT NGANG CẦU:

- Bao gồm :
- 1- Dầm chủ
 - 2- Hệ liên kết ngang
 - 3- Hệ liên kết dọc
 - 4- Mặt cầu



2.2. CẤU TẠO DẦM CHỦ

Bao gồm :

- 1- Bản sườn: chịu lực cắt
- 2- Bản cánh: chịu nén, kéo khi uốn
- 3- Sườn tăng cường đứng: tạo độ cứng bản sườn, chịu cắt
- 4- Sườn tăng cường ngang: tăng ổn định phần sườn chịu nén



2.2.1.CÁC DẠNG MẶT CẮT DẦM CHỦ

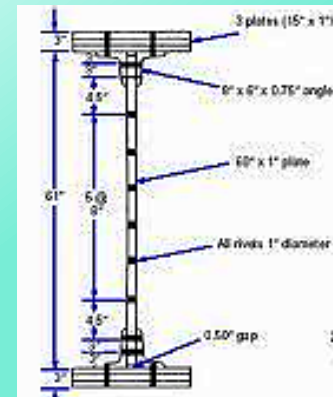
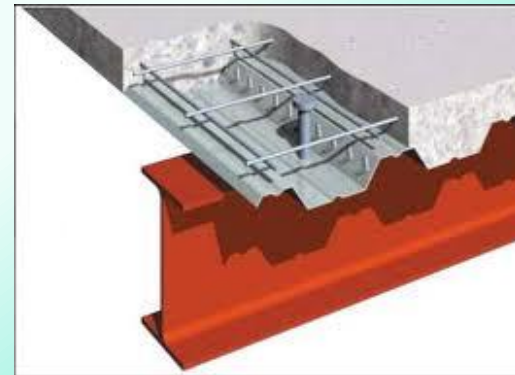
■ MẶT CẮT HÌNH HỘP



Mặt cắt nhiều hộp



Mặt cắt một hộp



- MẶT CẮT CHỮ I
 - ❖ Mặt cắt thép hình (cán sẵn)
 - ❖ Mặt cắt tổ hợp hàn
 - ❖ Mặt cắt tổ hợp đinh tán

2.2.2. CHỌN KÍCH THƯỚC MẶT CẮT DẦM CHỦ

■ CHIỀU CAO DẦM

-Theo điều kiện kinh tế:

$$h = \sqrt{\frac{\alpha.M}{R_t.t_s}}$$

Trong đó:

α – Hệ số, lấy bằng 2,5-:-2,7

M - momen uốn tính toán

R_t – Cường độ tính toán của thép

t_s – chiều dày của sườn dầm

- Theo kinh nghiệm (phù hợp với các điều kiện trên):

✓ Cầu đường sắt

Nhịp nhỏ (< 30m): (1/9 -:- 1/13)L

Nhịp lớn, có bản bê tông liên hợp (máng ba lát) : (1/10-:-1/15)L

✓ Cầu ô tô

Nhịp giản đơn (thường < 50m) : (1/12 -:- 1/20)L

Nhịp liên tục 50m-:-60m : chiều cao không đổi (1/15-:-1/20)L (với $L_b = 0,75-0,8 L_g$)

Nhịp liên tục > 50m-60m: chiều cao thay đổi theo đường thẳng hoặc cong, với (1/45-1/60)L cho giữa nhịp và (1/20-1/30)L tại gối (hoặc 1,2-1,3 h0,5)

■ CHIỀU RỘNG VÀ CHIỀU DÀY BẢN CÁNH

Chiều dày bản cánh tối thiểu không dưới 10mm và mỗi tập bản không quá 20mm, không quá 7 tập bản

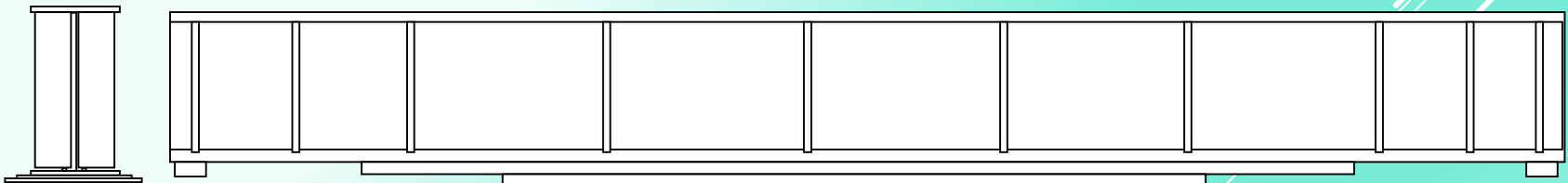
Chiều rộng bản cánh cùng với chiều dày tạo nên diện tích chịu lực nhưng phải tương ứng để đảm bảo ổn định cho cánh chịu nén.

Phần cánh hẫng ra: đối với cầu đường sắt $< 10 t_c$ và 0,3m; với cầu ô tô $< 15 t_c$ và 0,4m (mặt cắt tổ hợp tính từ cánh thép góc).

Chiều rộng tối thiểu của bản cánh trong cầu đường sắt do điều kiện kê của tà vẹt là 240mm; còn trong dầm tổ hợp là $(2b_g + t_s + 2 \times 5)$ mm

Khi tổ hợp nhiều tập bản có chiều dày và chiều rộng khác nhau thì phải cắt vát để chuyển tiếp, với 1/8 cho cánh chịu kéo và 1/4 cho cánh chịu nén.

-Những mặt cắt có momen lớn có chiều dày bản cánh lớn, nơi momen nhỏ chiều dày bản cánh mỏng \Rightarrow tiết kiệm thép, giảm tĩnh tải.



2. 3. SƯỜN TĂNG CƯỜNG

2.3.1. KÍCH THƯỚC SƯỜN TĂNG CƯỜNG

Chiều dày (t_{tc}) tối thiểu Sườn tăng cường là 10mm-12mm, tại gối có thể dày 20mm-30mm. Bề dày Sườn tăng cường không nhỏ hơn $1/15$ chiều rộng chìa ra khỏi sườn chủ

Chiều rộng tối thiểu Sườn tăng cường đứng (b_{tc}) không nhỏ hơn cánh thép góc chìa ra và phải đủ để bố trí mối liên kết ngang (80mm nếu liên kết bulông, 40-50mm nếu liên kết hàn)

Khoảng cách tại $L/3$ từ 300mm-700mm; từ $L/3$:- $2L/3$ là 700mm – 1500mm; từ $2L/3$ đến $L/2$ là 1000mm – 2000mm. Ở giữa nhịp và trên 2 gối cần có sườn tăng cường đứng để bố trí liên kết ngang.

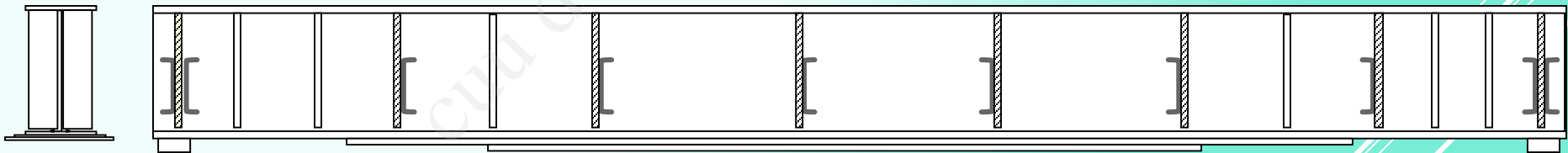
Sườn tăng cường đứng phải bố trí lệch khỏi vết hàn nối tại nhà máy là 10 lần chiều dày sườn tăng cường và xa mối nối ghép tại công trường đủ để thực hiện liên kết nối ghép.

Phải vạt góc sườn tăng cường tại nơi tiếp giáp với mối hàn (của bản cánh hay sườn tăng cường ngang)

Cho phép hàn đầu sườn tăng cường đứng với bản cánh chịu nén, với bản cánh chịu kéo phải để các xa 10mm hay dùng miếng thép kê dày 16-20mm.

2.3.2. BỐ TRÍ SƯỜN TĂNG CƯỜNG ĐỨNG

- 1- Ưu tiên cho các sườn tăng cường có liên kết ngang: khoảng cách bằng nhau, sườn đầu tiên tại gối, nên có sườn liên kết ngang tại giữa nhịp.
- 2- Bố trí sườn đứng bổ sung vào trong khoảng các sườn đã bố trí, theo giá trị nội lực cắt, ra gần đầu dầm khoảng cách gần nhau hơn
- 3- Sườn tăng cường đứng bố trí đối xứng cả 2 bên bản sườn dầm. Đầu trên đến sát bản cánh trên, đầu dưới cách xa bản cánh 10-20mm; có thể kê miếng thép đệm [] 50x100x10.

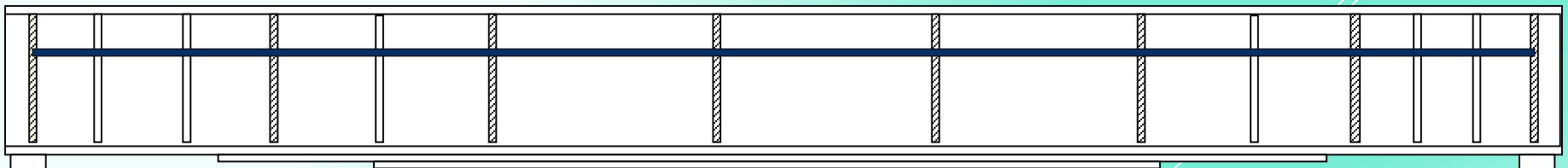


2.3.3. BỐ TRÍ SƯỜN TĂNG CƯỜNG NGANG

Sườn tăng cường ngang có tác dụng ổn định cục bộ sườn chủ tại khu vực chịu nén lớn, khi chiều cao $h_s > 50 t_s$. Trong dầm hàn nên bố trí sườn đứng và tăng chiều dày bản bụng một cách hợp lý để hạn chế dùng sườn tăng cường ngang.

Sườn tăng cường ngang bố trí song song với bản cánh, liên kết với sườn chủ (bản bụng) bằng đinh tán (nếu dùng thép L) hay bằng hàn (nếu dùng thép L hay thép bản).

Nếu dùng 1 sườn tăng cường ngang thì bố trí cách bản cánh chịu nén $(0,2-0,25)h_s$, còn dùng 2 hay 3 sườn tăng cường ngang thì bố trí sườn thứ 1 cách $(0,15-0,2)h_s$; sườn thứ 2 cách $(0,4-0,5)h_s$; sườn thứ 3 trong khu vực bản bụng chịu kéo.



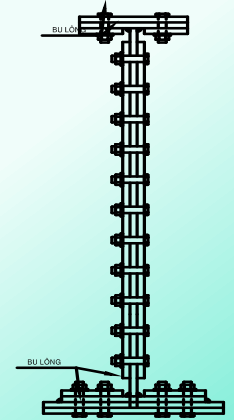
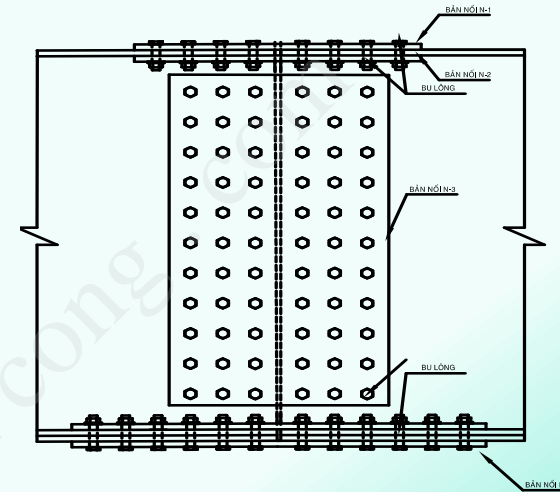
2.4. MỐI NỐI DÀM CHỦ

2.4.1. VÌ SAO PHẢI NỐI :

- 1- Vật liệu thép không đủ dài
- 2- Điều kiện vận chuyển, cầu lắp khó khăn
- 3- Để tạo độ vòng

2.4.2. BỐ TRÍ MỐI NỐI Ở ĐÂU ?

- 1- Nơi có momen không lớn
- 2- Không trùng với liên kết ngang, sườn tăng cường
- 3- Dễ vận chuyển, nối ghép



CHI TIẾT MỐI NỐI
TL 1/10

2.4.3. CẤU TẠO MỐI NỐI:

- 1- Nối bản sườn
- 2- Nối bản cánh trên, dưới
- 3- Nối đôi đầu
- 4- Nối so le

2.4.4. YÊU CẦU ĐỐI VỚI MỐI NỐI:

- 1- Đảm bảo điều kiện chịu lực (1,2 lần tiết diện nguyên)
- 2- Dễ liên kết , dễ thi công

2.5. HỆ LIÊN KẾT

2.5.1. HỆ LIÊN KẾT NGANG

- Có 2 dạng:
Tổ hợp bằng thép góc
Bằng dầm thép hình
- Tác dụng:
Tăng độ cứng ngang cầu
Phân phối hoạt tải giữa các dầm chủ



Hệ liên kết ngang đầu nhịp phải làm bằng thép hình đủ cứng để có thể kích nâng nhịp cầu khi cần thay gối

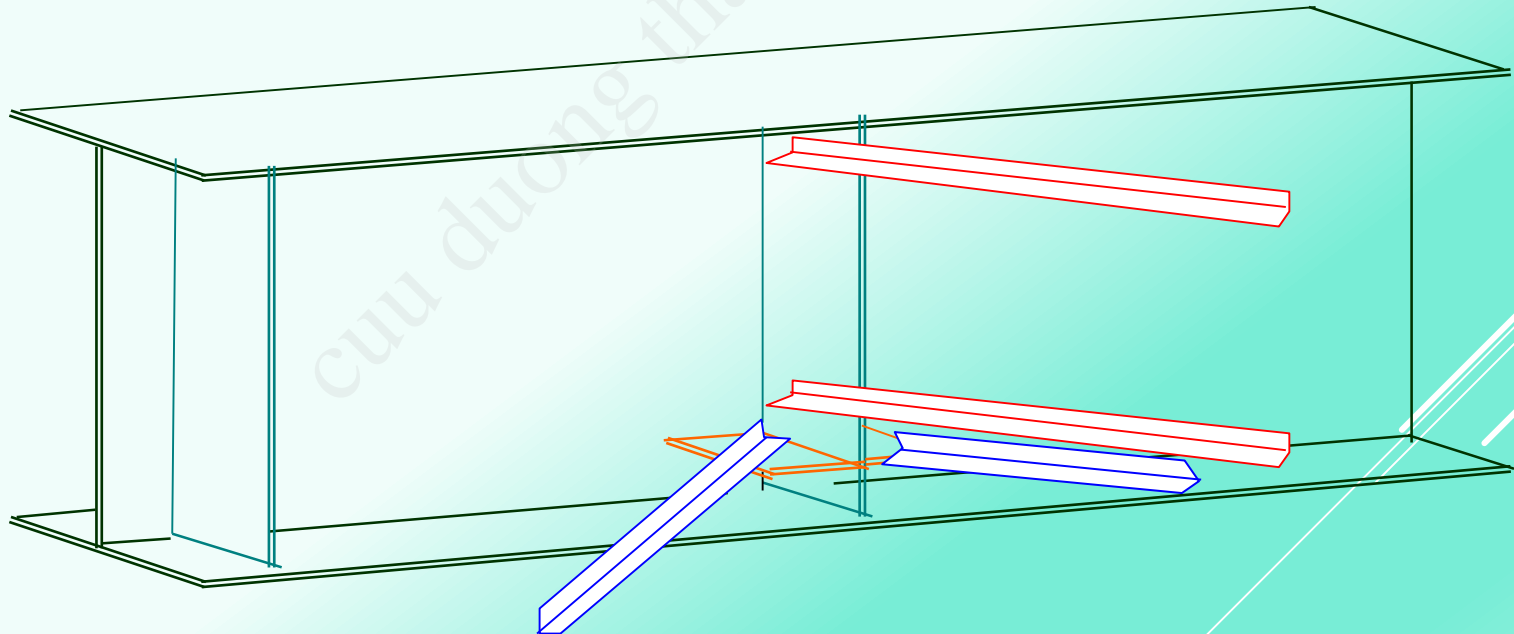
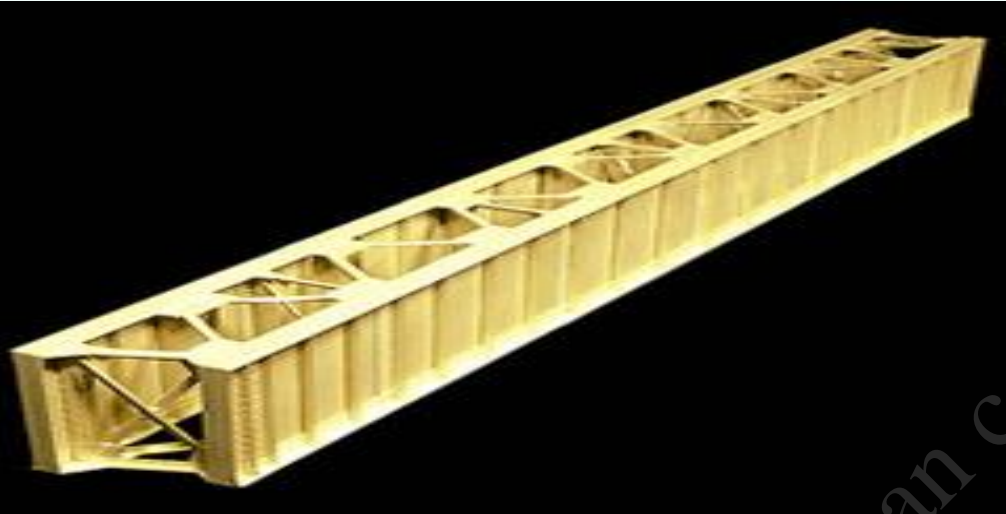
2.5.2. HỆ LIÊN KẾT DỌC

Hệ liên kết dọc chủ yếu để chịu lực ngang tác dụng lên kết cấu nhịp (lực gió, lực lắc ngang...). Hệ liên kết dọc còn cùng với hệ liên kết ngang tạo cho mảng dầm có độ cứng chống xoắn nên cũng có quan điểm cho rằng hệ liên kết dọc cũng góp phần phân phối đều hơn tải trọng thẳng đứng cho các dầm chủ khi tải trọng đặt lệch tâm.



MÔ HÌNH CẤU TẠO DÀM CẦU

- 1- Dầm chủ
- 2- Sườn tăng cường
- 3- Hệ liên kết ngang
- 4- Bản tiết điểm của hệ liên kết dọc
- 5- Hệ liên kết dọc



CÂU HỎI ÔN TẬP:

- 1- Thế nào là cầu dầm bản đặc? Cầu dầm bản đặc gồm những bộ phận nào ? Tác dụng của mỗi bộ phận?
- 2- Các dạng cấu tạo của dầm chủ? Vai trò của bản cánh trên, bản cánh dưới, bản sườn? Các giải pháp liên kết bản cánh với bản sườn?
- 3- Tác dụng của sườn tang cường đứng? Biện pháp bố trí và cấu tạo sườn tang cường đứng?
- 4- Tác dụng của sườn tang cường ngang? Vị trí bố trí sườn tang cường ngang ? Vì sao lại bố trí tại đó?
- 5- Vai trò của hệ liên kết ngang? Các dạng cấu tạo của hệ liên kết ngang? Khi nào áp dụng dạng nào?
- 6- Vai trò của hệ liên kết dọc? Các hình thức cấu tạo của hệ liên kết dọc? Khi nào phải dùng cả hệ liên kết dọc trên và dọc dưới, khi nào chỉ cần bố trí một hệ liên kết dọc dưới?
- 7- Tại sao phải nối dầm ? Cấu tạo mối nối dầm?



HUTECH
Đại học Công nghệ Tp.HCM

BÀI 3

TÍNH TOÁN CẦU DẦM BẢN

3.1. CÁC GIẢ THIẾT TÍNH TOÁN

- ❖ Phương pháp tính cầu theo trạng thái giới hạn: trạng thái giới hạn thứ nhất xét về khả năng chịu lực của kết cấu (xét về độ bền, ổn định và mỏi). Trạng thái giới hạn thứ hai xét về biến dạng (độ võng, dao động...). Trạng thái giới hạn thứ ba xét về nứt, đối với cầu thép chỉ cần tính theo trạng thái giới hạn thứ nhất và trạng thái giới hạn thứ hai.
- ❖ Kết cấu nhịp là một hệ không gian, khi tính toán có thể dùng các phương pháp tính không gian, cũng có thể phân chia thành các hệ phẳng bằng cách tính hệ số phân bố ngang để phân chia tải trọng cho các dầm, sau đó tính từng dầm như một kết cấu phẳng. Với cầu nhiều dầm nhưng kích thước giống nhau thường chỉ cần tính cho dầm chịu tải trọng bất lợi nhất.
- ❖ Hệ số phân bố ngang của tải trọng được xét như trong cầu BTCT. Hiện tại khi tính hệ số phân bố ngang cho mặt cắt ở gối thường dùng phương pháp đòn bẩy, mặt cắt ngang xa gối dùng phương pháp nén lệch tâm hay phân phối đàn hồi. Mỗi tải trọng như người đi, ô tô, xe bánh, xe xích có một hệ số phân bố ngang tương ứng.

3.2. CÁC NỘI DUNG TÍNH TOÁN

- 1- Lựa chọn kích thước các bộ phận và hình thức cấu tạo
- 2- Kiểm tra điều kiện khả dụng của các chi tiết kết cấu
- 3- Tính nội lực M và Q các mặt cắt : gối, $L/4$; $L/2$; mỗi nối
- 4- Tính đặc trưng hình học của tiết diện
- 5- Kiểm tra theo TTGH cường độ
- 6- Kiểm tra theo TTGH sử dụng
- 7- Kiểm tra theo TTGH mỏi
- 8- Kiểm tra độ võng, tính độ vòng
- 9- Thiết kế sườn tăng cường đứng, STC ngang
- 10- Tính toán mỗi nối

3.3. THIẾT KẾ MẶT CẮT NGANG CẦU

1- Sơ bộ chọn kích thước mặt cắt

Chọn số lượng dầm chủ : theo mặt cắt ngang cầu, theo tải trọng.

Chọn chiều cao dầm chủ : theo điều kiện chịu uốn, theo kinh nghiệm

Chọn kích thước bản sườn, bản cánh, thép góc liên kết

$$F_c = \frac{M_{tt}}{1,2R_t.h} \qquad b_c = \frac{F_c}{t_c}$$

Bố trí sườn tăng cường, liên kết ngang, liên kết dọc

2- Chọn vật liệu cho các bộ phận

Vật liệu cho dầm chủ : thép hợp kim thấp (nhíp lớn); thép hình(nhíp nhỏ)

Vật liệu hệ liên kết : thép than

Liên kết : Hàn (cầu ô tô); đinh tán hay bulông cường độ cao (cầu đường sắt)

3.4. SỰ PHÂN BỐ TẢI TRỌNG THEO NGANG CẦU – HỆ SỐ PHÂN BỐ NGANG

- ❖ Mặt cầu đường ô tô rộng, xe chạy không cố định, bên dưới có nhiều dầm chủ nên tải trọng phân bố cho các dầm chủ không bằng nhau
- ❖ Phải xác định dầm chủ nào nhận được nhiều tải trọng nhất, thiết kế cho dầm đó, các dầm khác cũng chế tạo theo thì sử dụng được an toàn
- ❖ Dầm nào có phản lực lớn là dầm đó nhận được nhiều tải trọng
- ❖ Tỷ số giữa phản lực của 1 dầm chủ với tổng phản lực của các dầm chủ cho biết tỷ lệ phân chia tải trọng cho dầm chủ đó => gọi là hệ số phân bố ngang k_n
- ❖ Để xác định phản lực của dầm chủ phải dùng ĐAH phản lực
- ❖ Sự phân bố tải trọng cho các dầm chủ phụ thuộc vào độ cứng của kết cấu ngang cầu. Đánh giá độ cứng của kết cấu ngang cầu bằng chỉ số mềm α

Trong đó : d- khẩu độ của kết cấu ngang

$$\alpha = \frac{d^3}{6EI' \Delta_p}$$

E- Modul đàn hồi của vật liệu

I' - momen quán tính của 1m kết cấu ngang

Δ_p - Độ võng của dầm dọc do tải trọng 1 T/m

I_b – Momen quán tính của 1m bản dọc cầu

I_a – momen quán tính của dầm ngang

a – Khoảng cách dầm ngang

$$I' = I_b + \frac{I_n}{a}$$

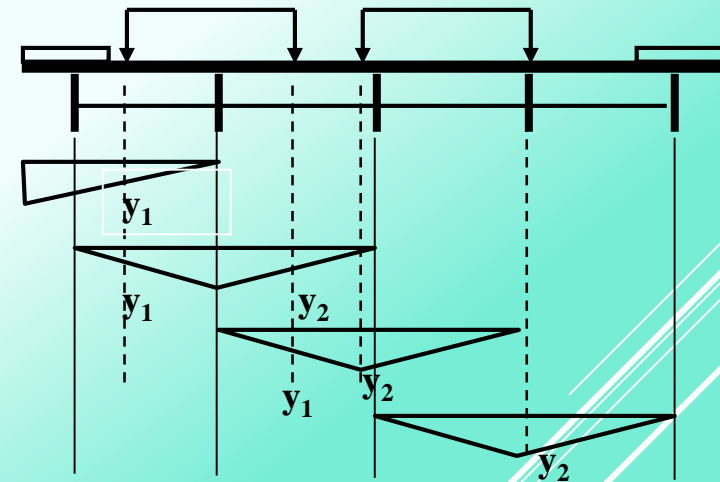


CHỌN PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN THEO CHỈ SỐ MỀM

- ❖ Khi $\alpha > 1.5 \Rightarrow$ Tính phản lực theo phương pháp đòn bẩy
- ❖ Khi $\alpha < 0.005 \Rightarrow$ Tính phản lực theo phương pháp nén lệch tâm
- ❖ Khi $0.005 < \alpha < 1.5 \Rightarrow$ Tính phản lực theo phương pháp dầm liên tục trên các gối đàn hồi

3.4.1. TÍNH HỆ SỐ PHÂN BỐ NGANG THEO PHƯƠNG PHÁP ĐÒN BẢY

- ❖ Coi kết cấu ngang bị đứt trên đỉnh dầm chủ
=> Tải trọng chỉ truyền được cho 2 dầm kề bên
- ❖ Xếp xe sao cho bất lợi nhất, xác định được các tung độ tương ứng dưới các bánh xe là y_i
- ❖ Phản lực của dầm chủ $R_i = 0.5P \cdot \sum y_i$
hay $R_i = k_n \cdot P \Rightarrow k_n = 0.5 \sum y_i$
 k_n là hệ số phân bố tải trọng theo ngang cầu
- ❖ Mặt cắt gối luôn luôn tính theo phương pháp đòn bẩy



3.4.2. TÍNH HỆ SỐ PHÂN BỐ NGANG THEO PHƯƠNG PHÁP NÉN LỆCH TÂM

- ❖ Coi kết cấu ngang cứng tuyệt đối
mặt cầu chỉ có chuyển vị lún và xoay
- ❖ Phản lực dầm chủ do lún thẳng đứng $R_i^v = \frac{\Sigma P}{n}$
- ❖ Phản lực dầm chủ do mặt cầu xoay :

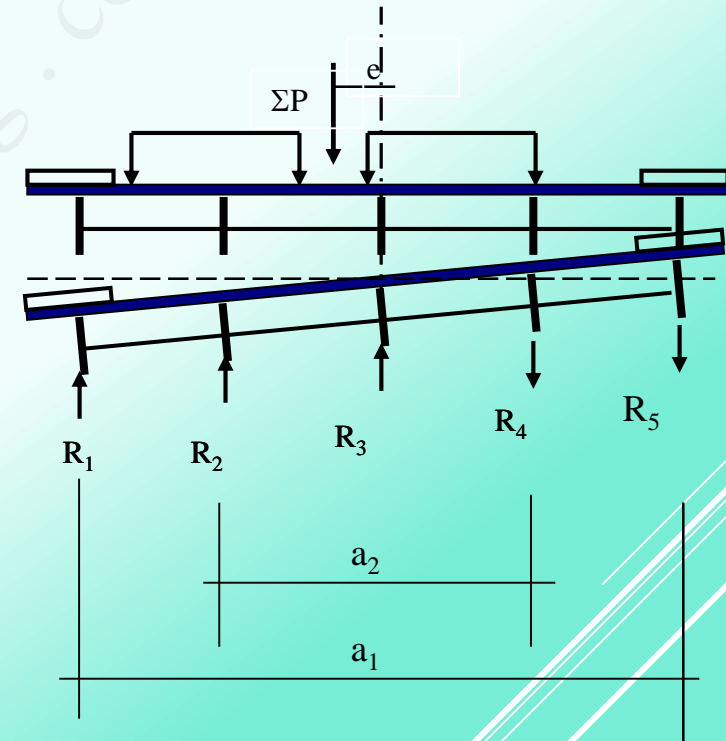
$$R_i^M = \frac{a_i e \Sigma P}{\Sigma a_i^2}$$

- ❖ Phản lực dầm chủ toàn bộ :

$$R_i = R_i^v + R_i^M = \Sigma P \left(\frac{1}{n} + \frac{a_i e}{\Sigma a_i^2} \right) = k_n \Sigma P$$

$$\text{hay} \quad k_n = \frac{1}{n} + \frac{a_i e}{\Sigma a_i^2}$$

- ❖ Do hợp lực ΣP không thể hiện số làn xe nên k_n cần phải nhân với số làn xe



3.4.3. TÍNH HỆ SỐ PHÂN BỐ NGANG THEO PHƯƠNG PHÁP DẦM LIÊN TỤC TRÊN CÁC GỐI ĐÀN HỒI

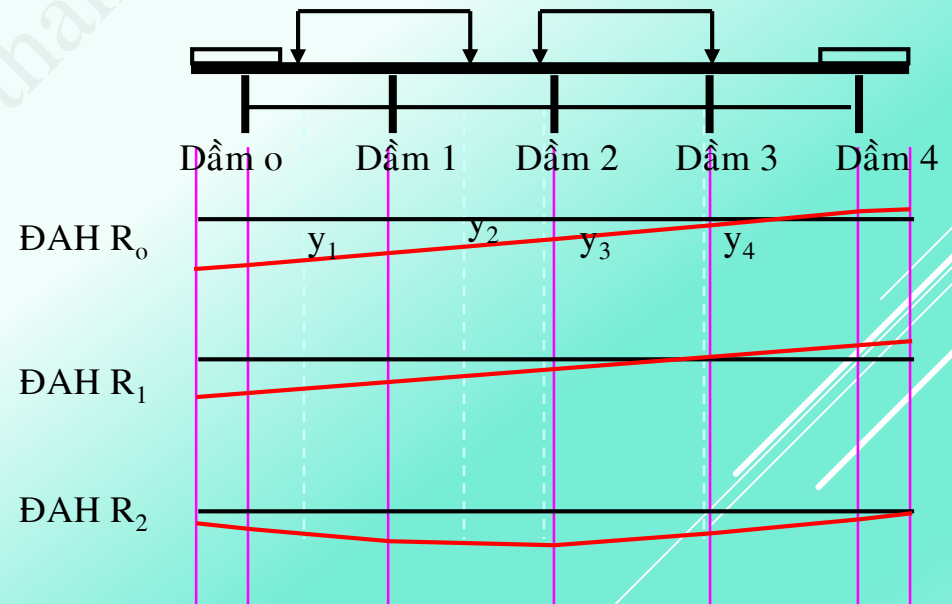
Kết cấu ngang có độ cứng hữu hạn, khi chịu tải mặt cầu bị biến dạng cong xuống sơ đồ tính như dầm liên tục trên các gối đàn hồi là các dầm chủ. ĐAH phản lực dầm chủ xác định như phản lực gối của dầm liên tục nhiều nhịp tung độ đanh R_i tra bảng

Số nhịp dầm ngang	Tên ĐAH	Ký hiệu tung độ	Tung độ các ĐAH khi trị số α							
			0.005	0.01	0.02	0.05	0.1	0.5	1.0	1.5
4	R^p_0	R^p_{00}	0.609	0.618	0.634	0.673	0.719	0.845	0.893	0.917
		R^p_{01}	0.395	0.390	0.382	0.360	0.333	0.238	0.187	0.157
		R^p_{02}	0.191	0.182	0.165	0.127	0.083	-0.021	-0.043	-0.049
		R^p_{03}	-0.0001	-0.0002	-0.0003	-0.0005	-0.0004	0.003	0.006	0.008
		R^p_{04}	-0.191	-0.184	-0.169	-0.135	-0.096	-0.013	0.001	0.004
	R^p_1	R^p_{10}	0.395	0.390	0.382	0.360	0.333	0.238	0.187	0.157
		R^p_{11}	0.304	0.307	0.314	0.333	0.358	0.483	0.571	0.630
		R^p_{12}	0.204	0.208	0.215	0.231	0.248	0.274	0.261	0.244
		R^p_{13}	0.101	0.101	0.102	0.102	0.099	0.054	0.016	-0.006
		R^p_{14}	-0.0001	-0.0002	-0.0003	-0.0005	-0.0004	0.003	0.006	0.008
	R^p_2	R^p_{20}	0.191	0.182	0.165	0.127	0.083	-0.021	-0.043	-0.049
		R^p_{21}	0.204	0.208	0.215	0.231	0.248	0.274	0.261	0.244
		R^p_{22}	0.211	0.221	0.240	0.285	0.339	0.495	0.565	0.610
		R^p_{23}	0.204	0.208	0.215	0.231	0.248	0.274	0.261	0.244
		R^p_{24}	0.191	0.182	0.165	0.127	0.083	-0.021	-0.043	-0.049

3.4.4. THÍ DỤ XÁC ĐỊNH HỆ SỐ k_n

- ❖ Vẽ ĐAH R_i bằng cách tra tung độ theo bảng
- ❖ Xếp tải bất lợi nhất trên ĐAH R_i , tính các tung độ tương ứng dưới các bánh xe
- ❖ Phản lực dầm chủ $R_i = 0.5P \cdot \Sigma y_i \Rightarrow k_n = 0.5 \Sigma y_i$
- ❖ Do đã xếp đủ làn xe nên không nhân với số làn xe.
- ❖ Phải vẽ ĐAH và tính k_n cho $\frac{1}{2}$ số dầm trên mặt cắt ngang cầu.

ĐAH R_0	ĐAH R_1	ĐAH R_2
R_{00}^p	R_{10}^p	R_{20}^p
R_{01}^p	R_{11}^p	R_{21}^p
R_{02}^p	R_{12}^p	R_{22}^p
R_{03}^p	R_{13}^p	R_{23}^p
R_{04}^p	R_{14}^p	R_{24}^p



3.5. TÍNH NỘI LỰC CÁC MẶT CẮT

Dùng phương pháp Đường ảnh hưởng nội lực : vẽ ĐAH nội lực, xếp tải trọng lên ĐAH theo trạng thái bất lợi nhất.

Trong cầu dầm, tính nội lực momen M và lực cắt Q của các mặt cắt $L/2$, $L/4$ và mặt cắt gối

Nội lực do tải trọng tập trung (hoạt tải): $M, Q = n_h \cdot k_n \cdot (1 + \mu) \cdot \sum P_i \cdot y_i^{M, Q}$

Nội lực do tải trọng phân bố: $M, Q = n_t \cdot q_t \cdot \sum \Omega_{M, Q} + k_n \cdot n_{làn} \cdot q_{làn} \cdot \Omega_{M, Q}^{\max}$

Trong đó:

n_t – Hệ số tĩnh tải

$n_h, n_{làn}$ – Hệ số hoạt tải trực và hoạt tải làn

$q_t, q_{làn}$ – Tĩnh tải phân bố và tải trọng làn

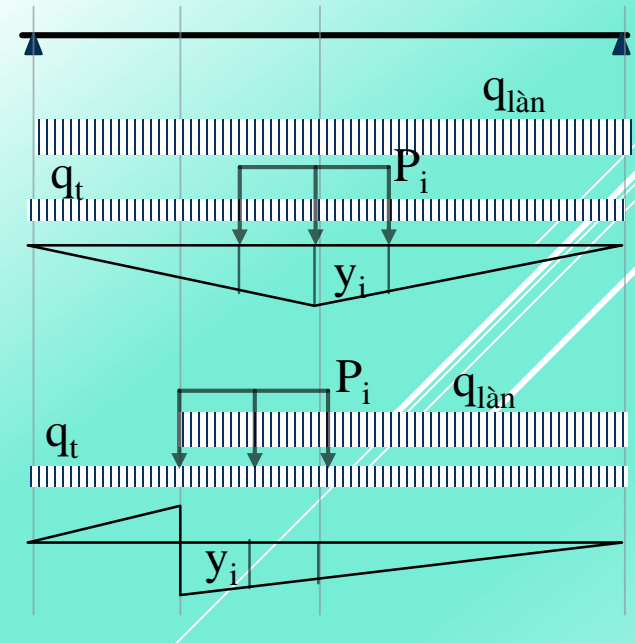
$(1 + \mu)$ – Hệ số xung kích của hoạt tải

$\sum \Omega_{M, Q}$ – Tổng diện tích đường ảnh hưởng M hay Q

$\Omega_{M, Q}^{\max}$ – Diện tích ĐAH mộ dẫu lớn nhất

$y_i^{M, Q}$ – Tung độ ĐAH M hay Q tương ứng dưới các trục xe.

Lập các bảng để tính : Tĩnh tải, Bảng nội lực tĩnh tải, Bảng nội lực hoạt tải, Bảng tổng hợp nội lực



XÁC ĐỊNH NỘI LỰC CỦA DẦM CHỦ

1. Nội lực do tĩnh tải sinh ra:

$$M_t^{tc} = q_{tc} \Omega_M \quad Q_t^{tt} = q_{tt} \Omega_Q$$

$$M_t^{tt} = q_{tt} \Omega_M \quad Q_t^{tc} = q_{tc} \Omega_Q$$

2. Nội lực do hoạt tải sinh ra:

$$M_h^{tt} = k_n \cdot (1 + \mu) \cdot (n_h \cdot q_{làn}^M \cdot \Omega_M + n_h \cdot P_h \cdot y_M)$$

$$Q_h^{tt} = k_n \cdot (1 + \mu) \cdot (n_h \cdot q_{làn}^Q \cdot \Omega_Q + n_h \cdot P_h \cdot y_Q)$$

3. Nội lực do các tác động khác

Lực hãm xe

Lực lắc ngang

Lực ly tâm

4. Tổng hợp nội lực:

Lấy giá trị lớn hơn trong hai tổng nội lực do các tải trọng sau đây sinh ra:

Tĩnh tải + ô tô + người đi;

Tĩnh tải + xe bánh hoặc xe xích.

3.6. TÍNH ĐẶC TRƯNG HÌNH HỌC CỦA MẶT CẮT

1- Diện tích mặt cắt

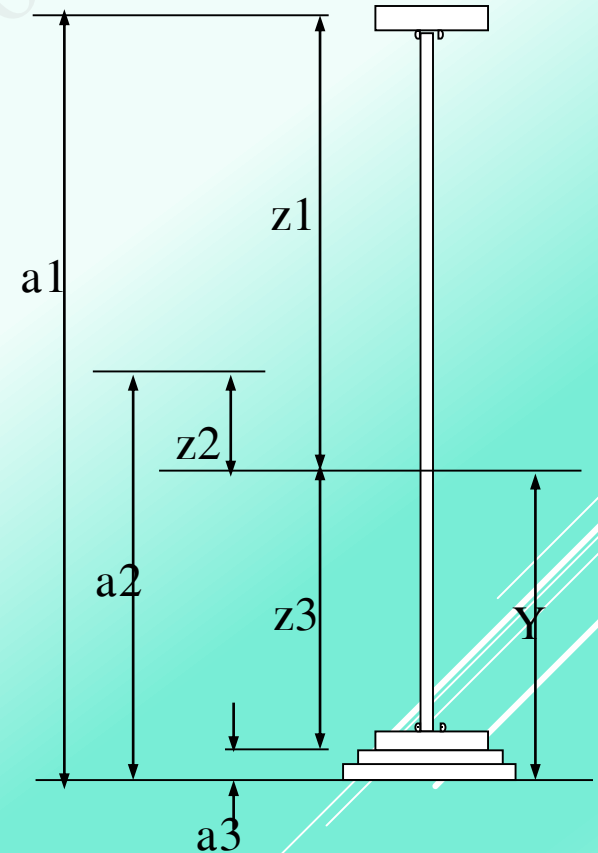
$$F_t = b_{c1} * t_{c1} + h_s * t_s + b_{c2} * t_{c2}$$

2- Khoảng cách từ trục trung hoà của mặt cắt tới đáy dầm

$$Y = \frac{\sum F_i a_i}{\sum F_i}$$

3- Momen quán tính của tiết diện

$$I_t = \sum (I_i + F_i * z_i^2)$$



3.7. KIỂM TRA ĐIỀU KIỆN CƯỜNG ĐỘ

1- Theo ứng suất pháp

$$\sigma = \frac{M_{\max}^{tt}}{W_{th}} \leq R_u$$

2- Theo ứng suất tiếp

$$\tau = \frac{Q_{\max}^{tt} \cdot S_{ng}}{J_{ng} \cdot b} \leq 0,6c' R_0$$

3- Theo ứng suất tính đổi

$$\sigma_{td} = \sqrt{0,8\sigma^2 + 2,4\tau^2} \leq R_0$$

4- Kiểm tra điều kiện bền mỏi

$$\sigma = \frac{M'}{W_{th}} \leq \gamma \cdot R_u$$

$$\gamma = \frac{1}{(a\beta + b) - (a\beta - b)\zeta} \leq 1$$

3.8. KIỂM TRA ỔN ĐỊNH

- ▶ 1- Ổn định chung

$$\sigma = \frac{M^{tt} \cdot y_b}{J_{ng} \cdot \varphi} \leq R_0$$

- ▶ 2- Ổn định cục bộ

$$\sqrt{\left(\frac{\sigma}{\sigma_0} + \frac{p}{p_0}\right)^2 + \left(\frac{\tau}{\tau_0}\right)^2} \leq m$$

- ▶ 3- Kiểm tra độ võng

$$f_h = \frac{5\eta q_{td} l^4}{384 E J_{ng}}$$

3.9. KIỂM TRA CHU KỲ DAO ĐỘNG

1- Công thức chung tính chu kỳ dao động tự do

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{M}{C}}$$

2- Công thức tính chu kỳ dao động tự do cho nhịp thép

$$T = \frac{2l^2}{\pi} \sqrt{\frac{q_t^{tc}}{EJ \cdot g}}$$

Trong đó:

l – Chiều dài nhịp (m)

q_t^{tc} – Tĩnh tải tiêu chuẩn của nhịp

E – modun đàn hồi của vật liệu thép

J – momen quán tính của tiết diện dầm

g – gia tốc trọng trường

3.10. KIỂM TRA LIÊN KẾT

1 – Liên kết bản cánh với sườn dầm

1-1. Liên kết đinh tán

$$S = \sqrt{T^2 + V^2}$$

1-2. Liên kết hàn

$$\sqrt{\tau_T^2 + \tau_V^2} \leq 0,75R_0$$

2 – Mối nối dầm

2-1. Nối bản bụng

$$T = \sqrt{(T_{My} + T_Q)^2 + T_{Mx}^2}$$

2-2. Nối bản cánh

$$N_C = \sigma_C \cdot F_C$$

3.11. TÍNH TOÁN MỐI NỐI

Phân bố nội lực trong mối nối :

1- Lực cắt coi như sườn dầm chịu toàn bộ : $Q_s = Q_o$

2- Momen cho sườn dầm phụ thuộc tỷ lệ độ cứng:

$$M_s = \frac{J_s}{J} M_o$$

3- Lực cắt đỉnh do lực cắt Q_s chia đều cho các đỉnh: $T_Q = Q_s/n$

4- Momen phân cho đỉnh xa nhất là nhiều nhất

$$T_M = \frac{M_s r_{\max}}{\sum r_i^2} \quad \text{hay} \quad T_M = \frac{M_s y_{\max}}{\sum y_o^2}$$

5- Lực T_M phân thành 2 thành phần :

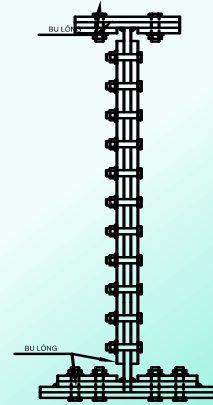
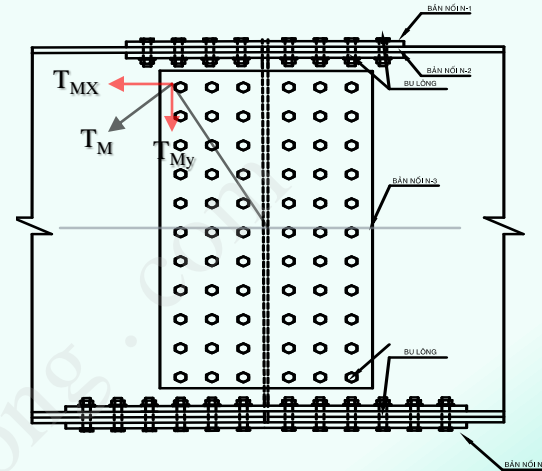
$$\begin{aligned} T_{My} &= T_M \cdot \sin \alpha \\ T_{Mx} &= T_M \cdot \cos \alpha \end{aligned}$$

6- Lực cắt tổng hợp trong đỉnh:

$$T = \sqrt{(T_{My} + T_Q)^2 + T_{Mx}^2}$$

7- Điều kiện bền của đỉnh : $T \leq [T]$

8- Lực trong bản nối cánh : $N_c = \sigma_c F_c$ số đỉnh là $n_c = N_c / [T]$



TÍNH BẢN MẶT CẦU (1)

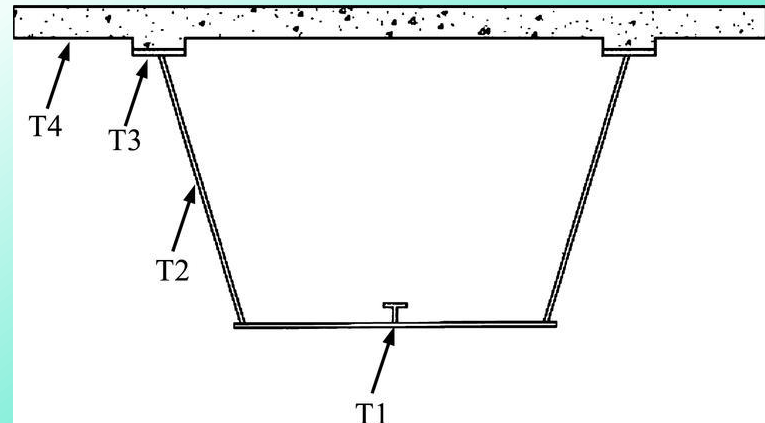
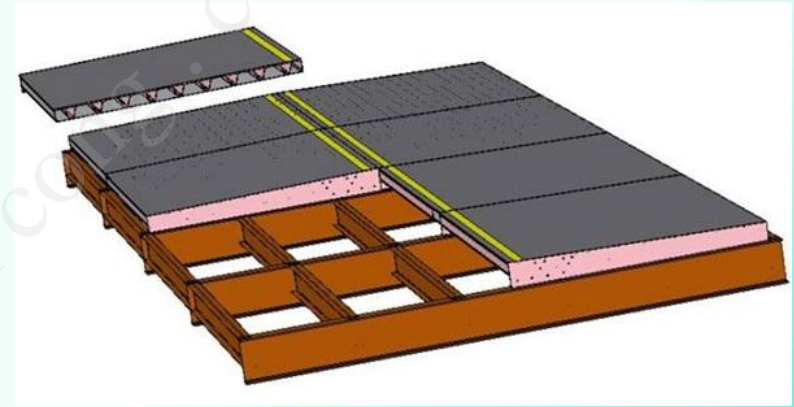
Các sơ đồ làm việc của bản mặt cầu

1. Bản hẫng



2. Bản 1 hướng

3. Bản 2 hướng

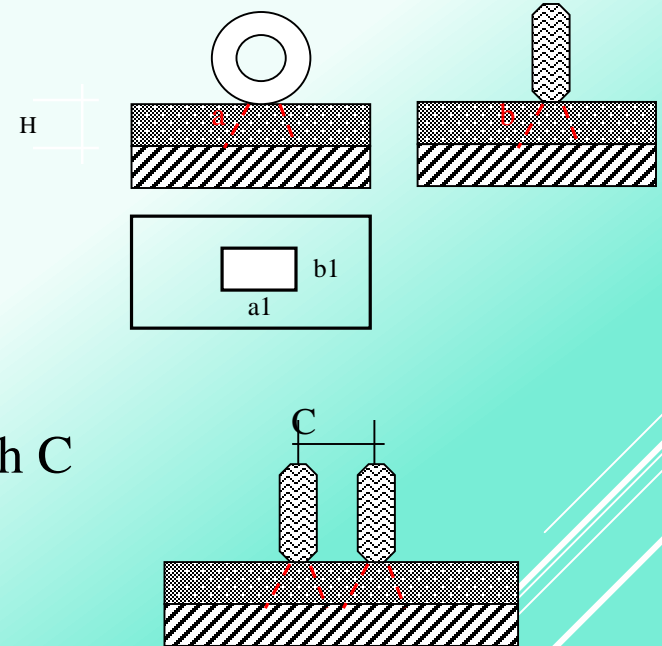


TÍNH BẢN MẶT CẦU (2)

❑ Phân bố tải trọng qua lớp phủ mặt cầu

Khi bánh xe đặt trên mặt lớp phủ thì áp lực phân bố đến bản mặt cầu :

- ❖ Theo dọc cầu : $a_1 = a + 2.H$
- ❖ Khi tải trọng đặt ngoài gối của bản, do bản có độ võng nên : $a_1 = a + 2H + L_b / 3$ và luôn $\geq 2L_b / 3$
- ❖ Theo ngang cầu : $b_1 = b + 2.H$
- ❖ Khi có 2 bánh xe đặt gần nhau, khoảng cách C



TÍNH BẢN MẶT CẦU (3)



Tính nội lực trong bản hẫng

- ❖ Phạm vi phân bố áp lực đến bản mặt cầu :
- ❖ Theo dọc cầu : $a_1 = a + 2H + L_b / 3$
- ❖ Theo ngang cầu : $b_1 = b + H$
- ❖ Sơ đồ tính là bản hẫng có ngàm, tải trọng tác dụng gồm tĩnh tải bản và áp lực bánh xe
- ❖ Momen hoạt tải trên chiều dài S của đường ngàm :

$$M_S = n_h (1+m) 0.5.P. x$$

- ❖ Momen do hoạt tải trên 1m dài đường ngàm :

$$M_h = M_S / S$$

- ❖ Momen do tĩnh tải trên 1m dài đường ngàm :

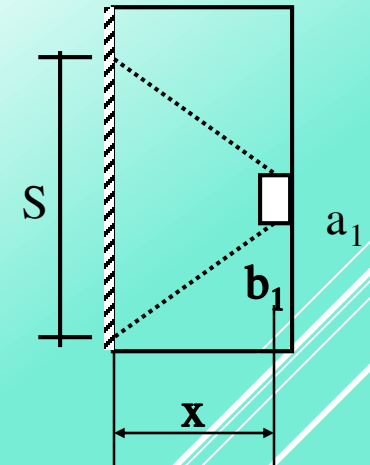
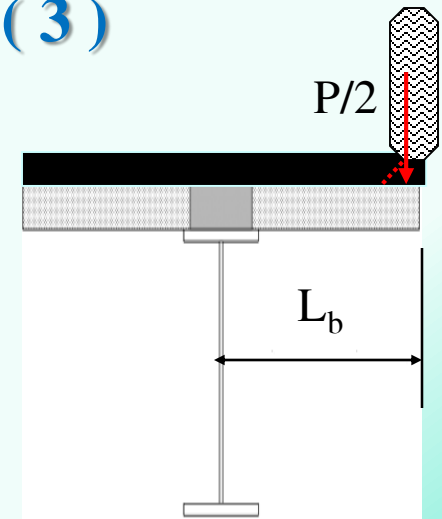
$$M_t = (n_f g_f H + n_t g_b h_c).0.5 L_b^2$$

- ❖ Momen toàn bộ trên 1m dài đường ngàm :

$$M = M_t + M_h$$

- ❖ Lực cắt trên 1m dài đường ngàm :

$$Q = n_h (1+m) 0.5.P + (n_f g_f H + n_t g_b h_c) L_b$$



TÍNH BẢN MẶT CẦU (4)

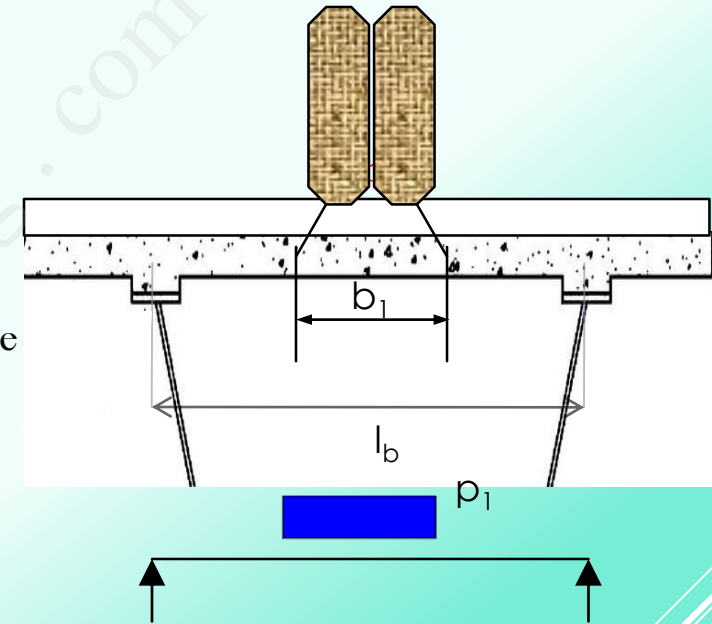
□ Tính nội lực trong bản 1 hướng (Kê 2 cạnh)

✓ Tính momen

- ❖ Phạm vi phân bố áp lực đến bản mặt cầu :
- ❖ Theo dọc cầu : $a_1 = a + 2H + L_b / 3$
- ❖ Theo ngang cầu : $b_1 = b + 2H$
- ❖ Áp lực của 1 bánh xe : $p_1 = P / (2b_1 a_1)$
- ❖ Kết cấu là bản liên tục nhiều nhịp, Tính với sơ đồ là dầm giản đơn, tải trọng tác dụng gồm tính tải bản và áp lực bánh xe
- ❖ Momen tại giữa dầm giản đơn :

$$M_o = \frac{q_c l_b^2}{8} + n_h (1 + \mu) \frac{p_1 b_1}{4} (l_b - 0.5b_1)$$

- ❖ Sau khi tìm ra M_o sẽ nhân với hệ số điều chỉnh để tìm ra momen ở $1/2 L_b$ và ở gối của bản liên tục
- ❖ Hệ số $a_{1/2}$ và $a_{gối}$ tra bảng theo giá trị n_1 :



Trong đó :

$$n_1 = 0.001 \frac{D l^3}{G I_x}$$

$$D = \frac{E_b h_c}{12(1 - \nu^2)}$$

$$G = 0.435 E_b$$

$$I_x = \frac{1}{3} \sum \left(\frac{b_i}{h_i} - 0.63 \right) h_i^4$$

D - Độ cứng hình trụ của bản

G - Modun đàn hồi chống trượt của bản

I_x - Momen quán tính chống xoắn của dầm và bản

$\nu = 0.15$ - Hệ số Poát-xông của bê tông

b_i và h_i - Chiều rộng và chiều dài các hình chữ nhật tạo nên tiết diện

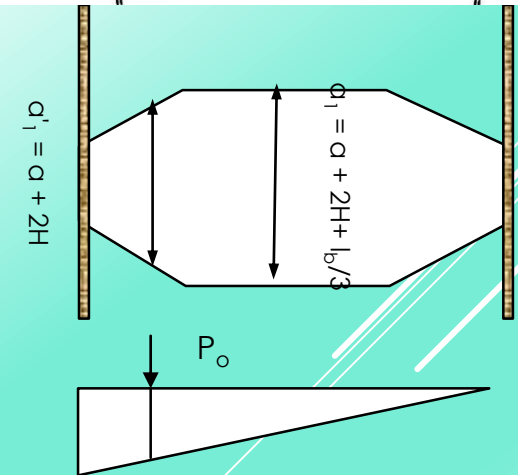
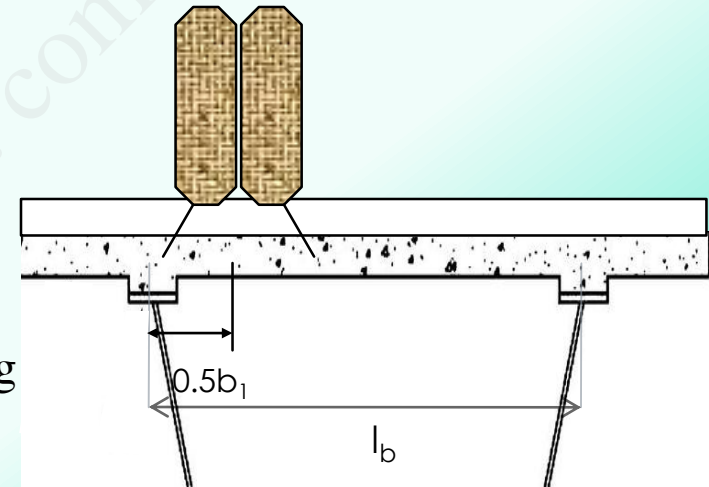
TÍNH BẢN MẶT CẦU (5)

❑ *Tính nội lực trong bản 1 hướng (Kê 2 cạnh)*

✓ *Tính lực cắt*

- ❖ Phạm vi phân bố áp lực đến bản mặt cầu :
- ❖ Theo dọc cầu : $a_p \Rightarrow$ Nội suy từ a'_1 và a_1
- ❖ Theo ngang cầu : $b_1 = b + 2 H$
- ❖ Áp lực của 1 bánh xe : $p_o = P / (2b_1 a_p)$
- ❖ Sơ đồ tính là dầm giản đơn, tải trọng tác dụng gồm tĩnh tải bản và áp lực bánh xe
- ❖ Lực cắt tại mặt cắt cách nách bản $0.5 b_1$:

$$Q = (n_t \gamma_b h_c (l_b - 0.5b_1) + n_h (1 + \mu) P_o) y_Q$$



CHỌN VÀ BỐ TRÍ CỐT THÉP BẢN MẶT CẦU

- Cốt thép có đường kính từ 12 -:- 14mm , loại CT5
 - Với bản hẫng bố trí 1 lớp, với bản 1 hướng và 2 hướng bố trí 2 lớp
- Số lượng và đường kính cốt thép ngang lấy theo M_{\max} , cốt dọc khoảng cách ≤ 20 cm
- Cốt thép ngang ở ngoài, cốt thép dọc ở trong
 - Bố trí 2 lớp giống nhau để tiện thi công, chiều dày bê tông bảo vệ từ 20mm -:- 25mm



CÂU HỎI ÔN TẬP:

- 1- Các giả thiết cơ bản khi tính toán kết cấu nhịp cầu?
- 2- Các trạng thái giới hạn khi tính toán cầu thép?
- 3- Phương pháp tính nội lực trong các mặt cắt của dầm chủ? Các mặt cắt cần tính nội lực trong cầu dầm giản đơn?
- 4- Tính các đặc trưng hình học của mặt cắt dầm như thế nào ? (F_t , I_t , y_d , W)
- 5 Những kiểm toán đối với tiết diện dầm chủ?
- 6- Nội dung tính toán mỗi nội dầm?
- 7- Tính ổn định chung và ổn định cục bộ của dầm chủ?
- 8- Kiểm tra độ võng và dao động của nhịp cầu?



HUTECH
Đại học Công nghệ Tp.HCM

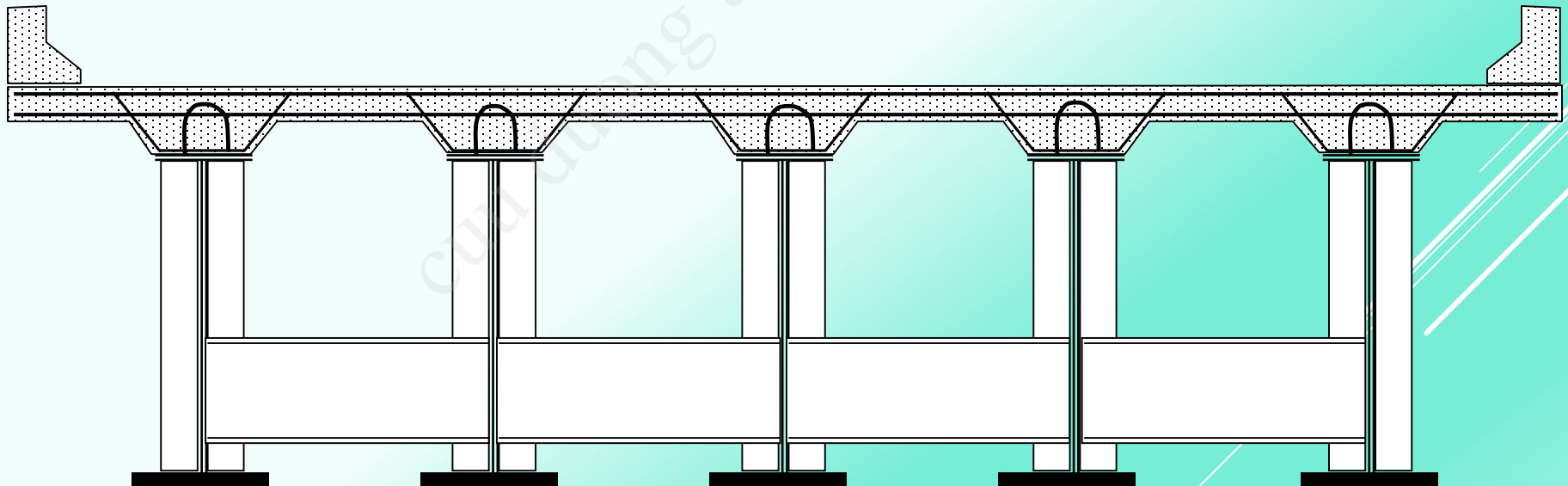
BÀI 4

CẦU DẦM LIÊN HỢP

THÉP-BTCT

Nguyên lý làm việc của dầm liên hợp:

Dầm liên hợp thép – BTCT gồm bản BTCT và dầm thép liên kết với nhau bằng các neo.





Đặc điểm của dầm liên hợp :

Bản vừa làm việc với tư cách bản mặt cầu, vừa là một thành phần của dầm chủ.
Bản mặt cầu còn thay thế cho hệ liên kết dọc trên
Có thể điều chỉnh nội lực trong dầm theo ý muốn.
Dầm liên hợp có nhược điểm là tính tải mặt cầu lớn.
Dầm liên hợp làm việc theo 2 giai đoạn:

Giai đoạn I:

chỉ có dầm thép làm việc chịu toàn bộ Tĩnh tải giai đoạn I

Giai đoạn II:

Sau khi dầm thép đã liên kết cứng với bản BTCT, Mặt cắt dầm ở giai đoạn II có cả thép và BTCT, các đặc trưng hình học của mặt cắt này được gọi là đặc trưng hình học giai đoạn II. Ở giai đoạn II ngoài tĩnh tải, dầm còn chịu tác dụng của hoạt tải.

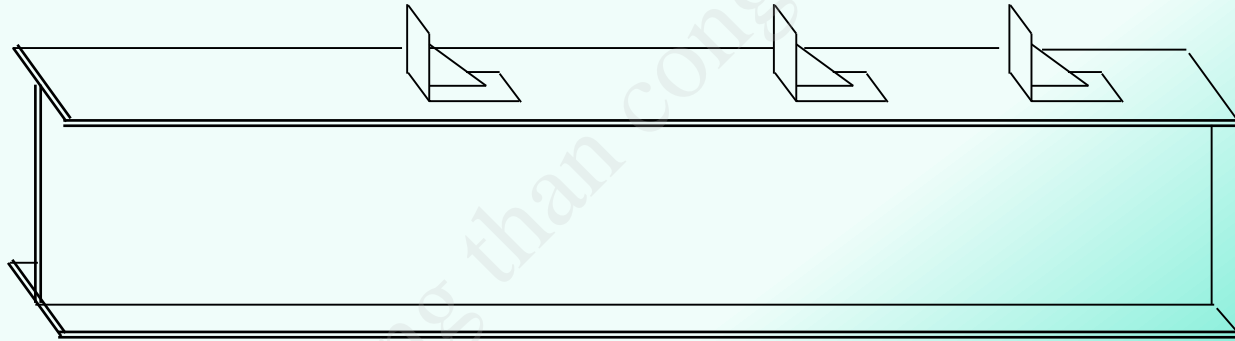
Đặc điểm cấu tạo của dầm liên hợp:

- Bản BTCT mặt cầu cùng tham gia chịu uốn với dầm chủ nên cánh trên dầm thép phải nhỏ hơn cánh dưới, giảm được khối lượng thép và tăng được độ cứng đáng kể.
- Trong cầu đường xe lửa dầm liên hợp tuy có tăng tĩnh tải phần mặt cầu nhưng giảm bớt khối lượng thép. Đường ray và tà vẹt đặt trên máng đá dầm có lớp đệm đàn hồi tốt.
- Trong cầu dầm giản đơn dùng dầm liên hợp rất phù hợp vì toàn bộ bản mặt cầu bằng bê tông trên suốt chiều dài nhịp đều nằm trong khu vực chịu nén. Cầu liên tục và mút thừa có những đoạn dầm chịu momen âm, mặt cầu sẽ chịu kéo, khi đó hoặc không cho bản mặt cầu tham gia chịu lực hoặc có các biện pháp tạo nén trước bản BTCT, hoặc bố trí các cốt thép đặc biệt để chịu kéo.
- Để liên kết cánh dầm thép với bản BTCT người ta dùng các loại neo.

Neo trong cầu dầm liên hợp:

Neo cứng:

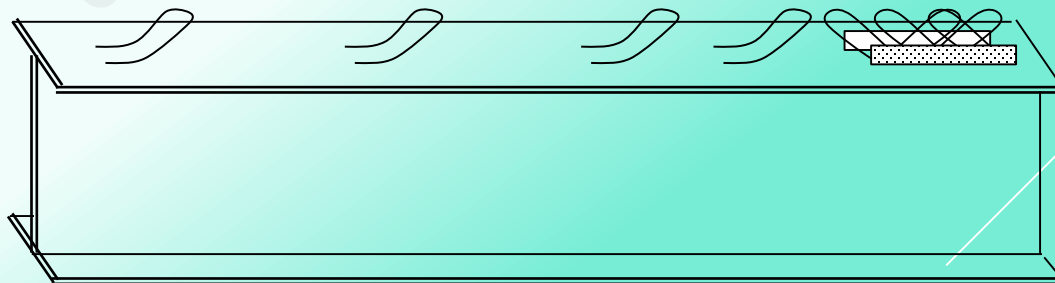
Neo cứng thường cấu tạo từ thép bản, thép góc, thép chữ C , neo như hình chiếc đinh



Neo mềm:

Neo mềm được chế tạo từ thép tròn uốn cong thành một nhánh, hoặc hai nhánh .

Neo mềm thường được hàn ngay trên cánh trên của dầm thép



Tính đặc trưng hình học của dầm liên hợp:

Bề rộng bản cánh tham gia làm việc với dầm chủ:

$$l > 4B \Rightarrow b_2 = \frac{B}{2}$$

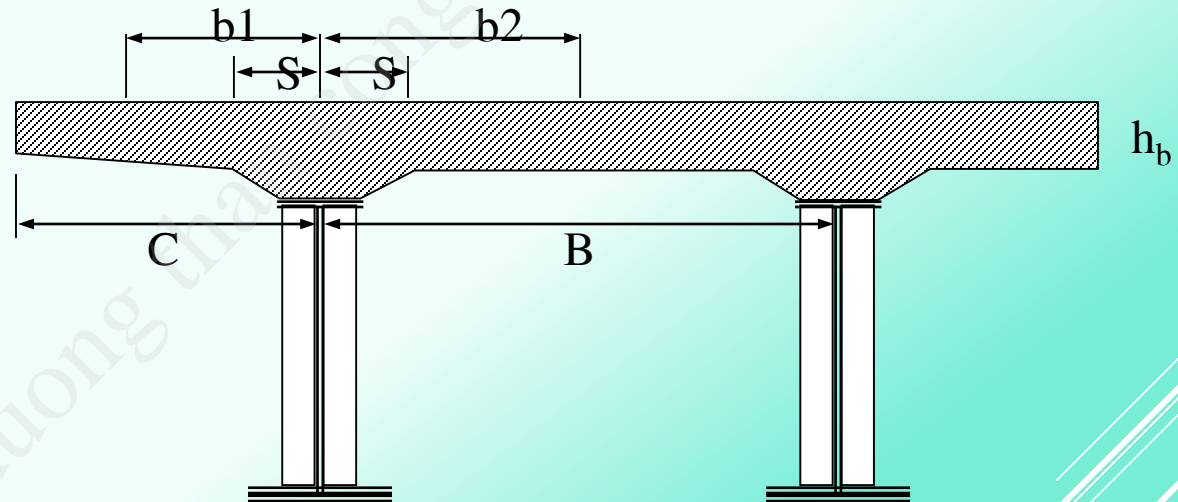
$$l < 4B \Rightarrow b_2 = S + 6h_b$$

nhưng không lớn hơn $\frac{B}{2}$

$$l > 12c \Rightarrow b_1 = c ;$$

$$l < 12c \Rightarrow b_1 = S + 6h_h$$

nhưng không lớn hơn $\frac{l}{12}$



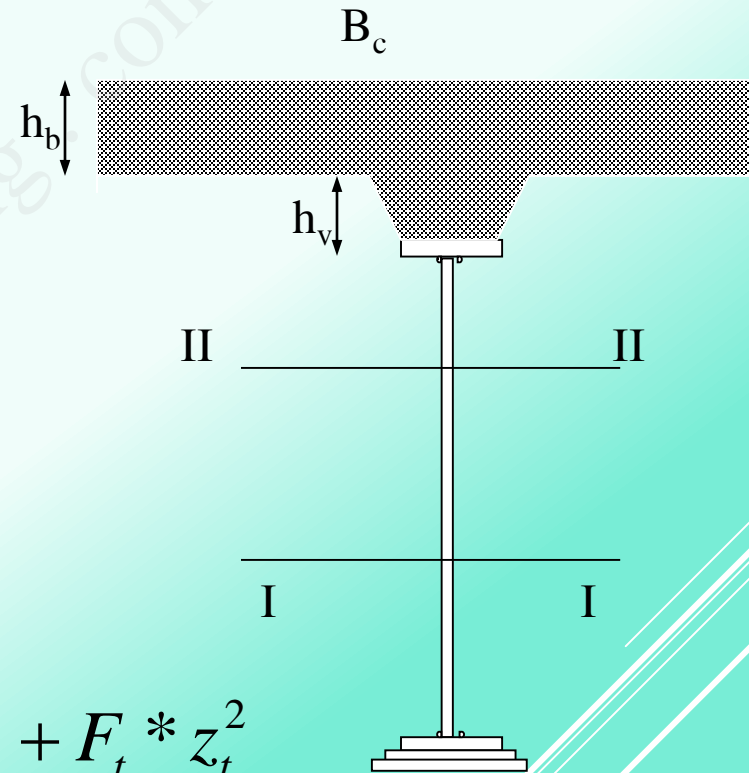
ĐẶC TRƯNG HÌNH HỌC CỦA MẶT CẮT DẦM LIÊN HỢP:

Diện tích tính đổi

$$F_{td} = \frac{1}{n} [h_b * B_c + h_v * (b_1 + h_v)] + F_t$$

Momen quán tính tính đổi

$$I_{td} = \frac{1}{n} [I_b + I_v + F_b * z_b^2 + F_v * z_v^2] + I_t + F_t * z_t^2$$



NỘI DUNG TÍNH TOÁN CẦU DÀM LIÊN HỢP

- 1- Lựa chọn hình dạng và kích thước mặt cắt dầm thép và dầm liên hợp
- 2- Tính đặc trưng hình học của mặt cắt dầm thép và dầm liên hợp(dầm biên và dầm trong)
- 3- Tính tải trọng tác dụng lên dầm biên và dầm trong
- 4- Tính nội lực dầm chủ theo các TTGH, cho các mặt cắt cần kiểm toán
- 5- Kiểm tra các giới hạn kích thước mặt cắt
- 6- Kiểm tra mặt cắt dầm chủ theo TTGH cường độ về kháng uốn và kháng cắt
- 7- Kiểm tra mặt cắt dầm chủ theo TTGH sử dụng về độ võng, về mỏi
- 8- Thiết kế sườn tăng cường
- 9- Thiết kế neo liên kết
- 10- Thiết kế mối nối
- 11- Tính toán liên kết bản cánh với sườn bụng dầm
- 12- Thiết kế dầm ngang



TÍNH TOÁN NỘI LỰC

NỘI LỰC DO TĨNH TẢI

Do tĩnh tải giai đoạn 1

Do tĩnh tải giai đoạn 2

NỘI LỰC DO HOẠT TẢI

Hệ số PBN của xe, làn và người đi

Do xe tải thiết kế
(2 trục hay 3 trục)

Do tải trọng làn

Do người đi

KIỂM TOÁN KHẢ NĂNG CHỊU LỰC CỦA TIẾT DIỆN

KIỂM TRA GIỚI HẠN KÍCH THƯỚC MẶT CẮT

Kiểm tra tỷ lệ
momen quán tính

Kiểm tra độ mảnh
của bản bụng

KIỂM TRA TTGH CƯỜNG ĐỘ

Kiểm tra sức kháng uốn

Kiểm tra sức kháng cắt

KIỂM TRA TTGH SỬ DỤNG

Kiểm tra mỏi

Kiểm tra độ võng
Do tĩnh tải

Kiểm tra độ võng hoạt tải
Tính độ võng ngược

KIỂM TRA CÁC GIỚI HẠN KÍCH THƯỚC TIẾT DIỆN

Kiểm tra momen quán tính theo điều 6.10.2.1.1

Trong đó :

$$0,1 \leq \frac{I_{yc}}{I} \leq 0,9$$

I_{yc} – momen quán tính của bản cánh chịu nén của mặt cắt thép đối với trục thẳng đứng trong mặt phẳng bản bụng.

I_y - momen quán tính của mặt cắt thép đối với trục thẳng đứng

Kiểm tra độ mảnh của bản bụng tiết diện đặc chắc theo điều 6.10.4.2.1

Nếu : thì bản bụng được xem là đặc chắc.

$$\frac{D_{cp}}{t_s} \leq 3,76 \sqrt{\frac{E_t}{f_c}}$$

Khi đó độ mảnh của bản cánh chịu nén kiểm tra theo điều 6.10.4.1.3.1 : $\frac{b_{tr}}{t_{tr}} \leq 0,382 \sqrt{\frac{E_t}{f_c}}$

Trong đó :

D_{cp} – chiều cao của bản bụng chịu nén tại lúc đạt momen dẻo

t_s – Chiều dày bản bụng

E_t – modun đàn hồi của thép

f_c – cường độ chảy dẻo nhỏ nhất của thép bản cánh trên

b_{tr} – Chiều rộng cánh trên chịu nén

t_{tr} – chiều dày cánh trên chịu nén

Điều kiện đảm bảo sức kháng uốn là $M_u < M_r$ với $M_r = \phi_m \cdot M_n$

Tính momen dẻo : Chiều cao vùng nén của bản bụng : D_{cp}

Tính tổng momen dẻo đối với TTHD bằng lực dẻo từng phần nhân với khoảng cách từ trọng tâm phần đó đến TTHD: với d_i – khoảng cách từ trọng tâm từng phần tới TTHD.

Xác định sức kháng uốn danh định của mặt cắt liên hợp đặc chắc:

Nếu $D_p < D'$ thì $M_n = M_p$ (Điều 6.10.4.2.2a-1)

Nếu $D' < D_p < 5D'$ thì

$$M_n = \frac{5M_p - 0,85M_y}{4} + \frac{0,85M_y - M_p}{4} \left(\frac{D_p}{D'} \right) \quad (\text{Điều 6.10.4.2.2a-2})$$

D_p – Khoảng cách từ đỉnh bản bê tông tới TTHD (mm) $D_p = D_{cp} + h_{tr} + h_v + h_b$

D' – Khoảng cách quy định tại điều 6.10.4.2.2b-2 :

$$D' = \beta \frac{H_t + h_v + h_b}{7,5}$$

M_y – Khả năng chịu momen chảy ban đầu của mặt cắt liên hợp ngắn hạn

$$M_y = M_{D1} + M_{D2} + M_{AD}$$

M_{AD} - momen gây chảy do hoạt tải trong các bản thép, tính theo công thức:

$$M_{AD} = S_n \left[f_c - \frac{M_{D1}}{S_s} - \frac{M_{D2}}{S_{3n}} \right]$$

Điều kiện đảm bảo sức kháng cắt là $Q_{\max} < V_r$ với $V_r = \phi_v \cdot V_n$

Trong đó :

Q_{\max} – Lực cắt tính toán lớn nhất

ϕ_v – hệ số sức kháng cắt ; $\phi_v = 1$

V_n – sức kháng cắt danh định của tiết diện dầm. Xác định như sau :

Nếu $M_u \leq 0,5\phi_m M_p$ thì
$$V_n = V_p \left[C + \frac{0,87(1-C)}{\sqrt{1 + \left(\frac{d_o}{D}\right)^2}} \right] \quad (\text{Điều 6.10.7.3.3a-1})$$

Nếu $M_u > 0,5\phi_m M_p$ thì
$$V_n = R V_p \left[C + \frac{0,87(1-C)}{\sqrt{1 + \left(\frac{d_o}{D}\right)^2}} \right] \geq C V_p \quad (\text{Điều 6.10.7.3.3a-2})$$

Tính lực cắt dẻo $V_p = 0,58 f_c D t_s$
$$R = \left[0,6 + 0,4 \left(\frac{M_r - M_u}{M_r - 0,75 \phi_m M_y} \right) \right] \leq 1$$

d_o – khoảng cách giữa các sườn tăng cường đứng

C – tỷ số của ứng suất oằn cắt với cường độ cắt chảy; $C=1$

Kiểm tra ứng suất theo momen sử dụng

Trong tiết diện liên hợp ứng suất trong bản cánh trên và dưới không được vượt quá

$$f_f < 0,95R_b R_h f_c$$

Trong đó :

R_b - hệ số truyền tải trọng, $R_b = 1$.

R_h - hệ số lai, $R_h = 1$.

f_c – Cường độ chảy nhỏ nhất của thép bản cánh, $f_c = 345\text{Mpa}$

Momen sử dụng lớn nhất tại mặt cắt giữa nhịp, gây ra bởi tĩnh tải không hệ số D_{C1} và D_{C2} và do hoạt tải tăng $\gamma_h = 1,30$ (Ghi chú 6 của bảng 3.4.1-1), nghĩa là $1,30(\text{LL}+\text{IM})$.

Có kể đến hệ số xung kích của hoạt tải.

1- Tính độ võng do tĩnh tải :

$$\Delta_{DCi} = \frac{5.q_{ti}.L_{tt}^4}{384.E_t.I_i} (mm)$$

I_i – Momen quán tính của tiết diện dầm ở giai đoạn tương ứng

2- Độ võng do hoạt tải Δ_h : Lấy trị số lớn nhất trong :

- Độ võng do xe tải thiết kế
- Độ võng do 25% xe tải thiết kế + tải trọng làn

Hệ số phân bố độ võng lấy bằng tỷ số $K_v = \text{Số làn} / \text{Số dầm}$

Tính độ võng do lực tập trung đặt cách gối đoạn x theo công thức:

$$\Delta_{LL} = \frac{P.b.x.(L_{tt}^2 - b^2 - x^2)}{6.E_t.I_{td}.L_{tt}} (mm)$$

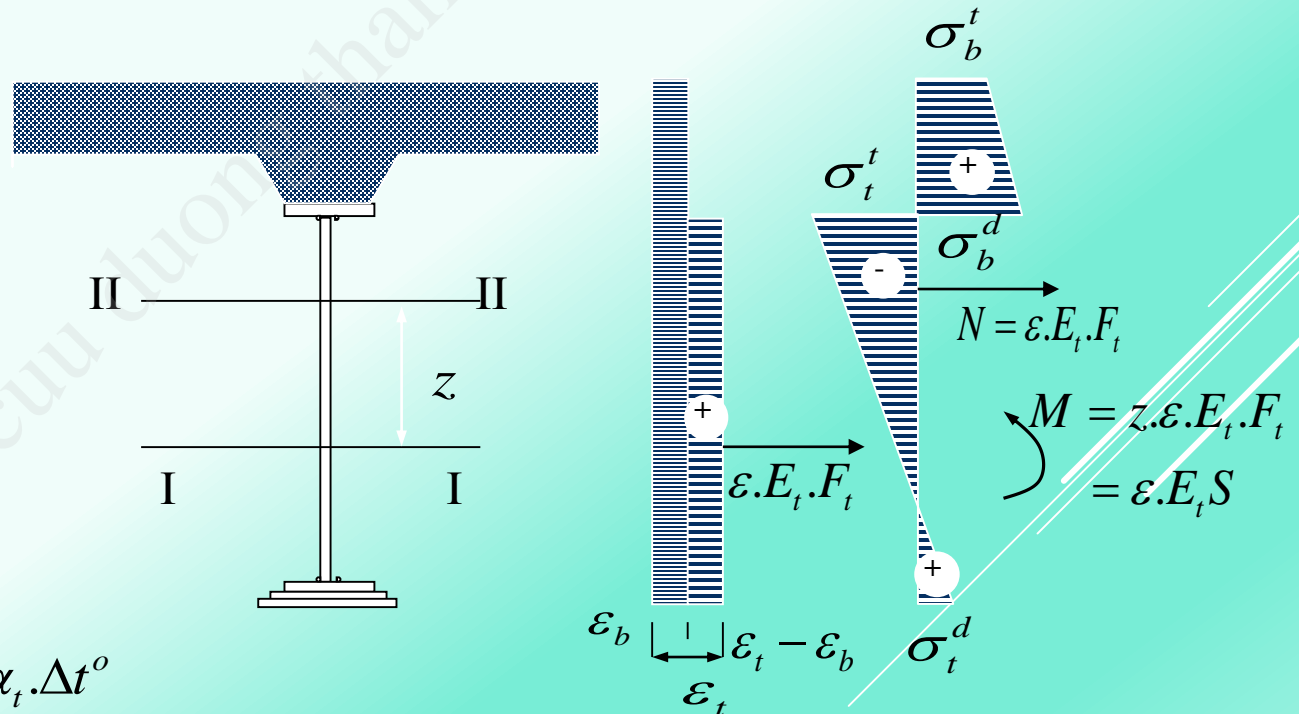
Với $b = L_{tt} - x$

Độ võng hoạt tải phải nhỏ hơn độ võng tiêu chuẩn $[\Delta] = L_{tt} / 800$

3- Độ võng chế tạo bằng : $\Delta_v = \Sigma \Delta_{DCi} + 0,5 \Delta_h$

ỨNG SUẤT TRONG DẦM THÉP DO THAY ĐỔI NHIỆT ĐỘ

- Chênh lệch nhiệt độ : $\Delta t^{\circ} = +30^{\circ}\text{C}$; hệ số vượt tải : 1,1; không tính từ biến của bê tông
- Trường hợp nhiệt độ không đổi theo chiều cao dầm :



$$\varepsilon_h = \alpha_h . \Delta t^o ; \varepsilon_t = \alpha_t . \Delta t^o$$

TÍNH TOÁN NEO TRONG DẦM LIÊN HỢP

1- Lực trượt và lực bóc

1.1. Lực trượt do lực cắt trên 1 đơn vị chiều dài

$$T_o = \frac{Q_{tt}^H \cdot S'_b}{I'_{td}} + \frac{Q_{tt}^h \cdot S_b}{I_{td}} + \frac{Q_c \cdot S'_b}{I'_{td}} + \frac{Q_n \cdot S_b}{I_{td}}$$

1.2. Lực trượt do co ngót

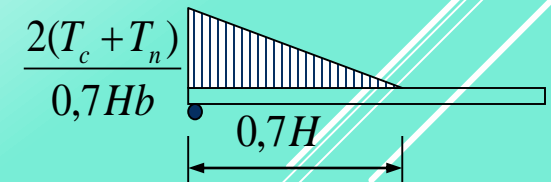
$$T_c = \sigma_b^{oc} \cdot F_b - \sigma_{ct}^{oc} \cdot F_{ct}$$

1.3. Lực trượt do chênh lệch nhiệt độ

$$T_n = \sigma_b^{on} \cdot F_b - \sigma_{ct}^{on} \cdot F_{ct}$$

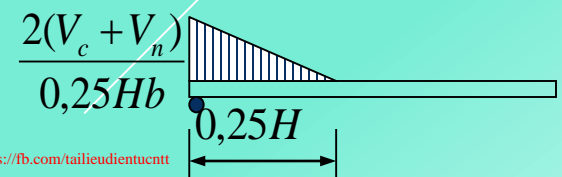
1.4. Lực bóc do co ngót

$$V_c = 2 \frac{e}{a} T_c$$



1.5. Lực bóc do chênh lệch nhiệt độ

$$V_n = 2 \frac{e}{a} T_n$$

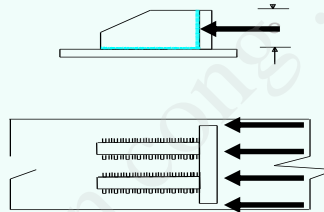


TÍNH TOÁN NEO TRONG DẦM LIÊN HỢP

2- Khả năng chịu lực của neo

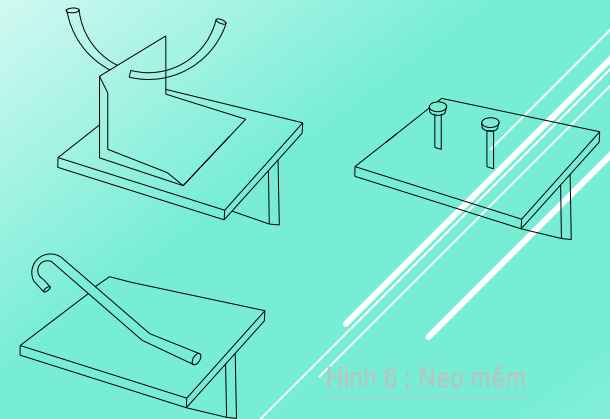
2.1. Neo cứng

$$[T] = F_{em} R_{em}$$



2.2. Neo mềm

$$[T] = R_a F_n (\cos \alpha + 0,8 \sin \alpha)$$



Hình 6 : Neo mềm

THIẾT KẾ MỐI NỐI

- 1- Xác định lực kéo đứt trong bản cánh: $N_c = A_c * f_c$ (kN) (bản cánh trên lấy theo nội lực)
- 2- Xác định lực cắt trong bản bụng : $Q_s = Q_{nội}$
- 3- Xác định momen cho bản bụng : $M_s = M_{nội} * (I_s / I_{tđ})$
- 4- Xác định khả năng chịu lực của bu long hay đinh tán :
$$N_b = \sqrt{\left(\frac{M_s}{\sum y_i^2} y_{\max}\right)^2 + \left(\frac{Q_s}{n}\right)^2} \leq [N_c]$$
 - Khả năng kéo đứt : $[N_k] = 0,4.d^2.f_y$ (kN)
 - Khả năng chịu cắt: $[N_c] = m.f_c \pi d^2 / 4$ (kN)
 - Khả năng ma sát của bulong cường độ cao : $S = 0,75 f N_k$ (kN)
- 5- Chọn kích thước bản cánh : Chiều rộng bằng chiều rộng bản cánh, chiều dày
 $t \geq (\text{lực kéo đứt bản cánh} / \text{chiều rộng}) * 1,2$
- 6- Xác định số đinh liên kết mỗi đầu bản cánh : $n = N_c / [N_i]$
- 7- Bố trí đinh liên kết: Khoảng cách 80-:-100mm
- 8- Kiểm tra mối nối bụng:



HUTECH
Đại học Công nghệ Tp.HCM

ĐIỀU CHỈNH NỘI LỰC TRONG DẦM LIÊN HỢP

Điều chỉnh bằng đà giáo đỡ dưới

Điều chỉnh bằng tander

Điều chỉnh nội lực trong cầu liên tục





HUTECH
Đại học Công nghệ Tp.HCM

BÀI 5

CẤU TẠO CẦU DÀN THÉP



CÁC BỘ PHẬN CỦA CẦU DÀN:

- 1- Dàn chủ
- 2- Hệ dầm mặt cầu
- 3- Hệ liên kết



CÁC HÌNH THỨC CỦA CẦU DÀN



- Dàn biên song song
- Dàn biên đa giác
- Dàn đi dưới
- Dàn đi trên
- Dàn đi giữa
- Dàn biên hở

CẤU TẠO DÀN CHỦ

1- Biên trên 2- Biên dưới 3- Thanh bụng 4 – Tiết điểm



THANH BIÊN



Mặt cắt hình H,

Mặt cắt hình []

Chiều rộng mặt cắt thống nhất để liên kết bản tiết điểm

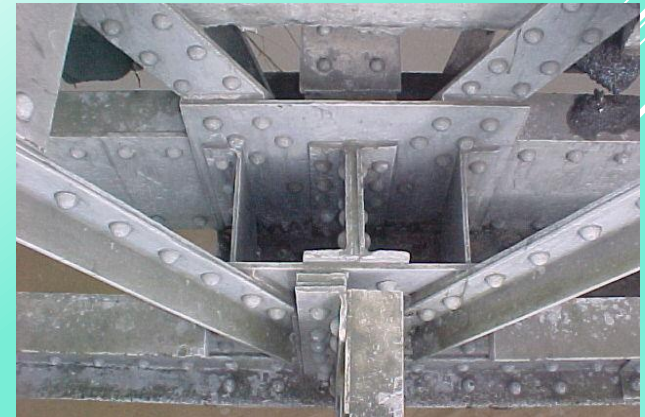
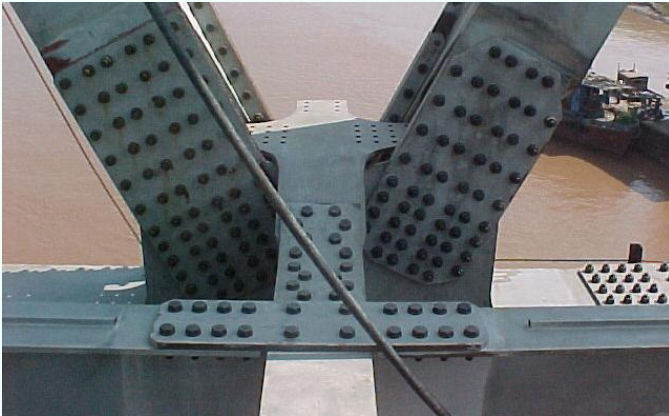
Chiều dài tới tim các tiết điểm chính

THANH BỤNG

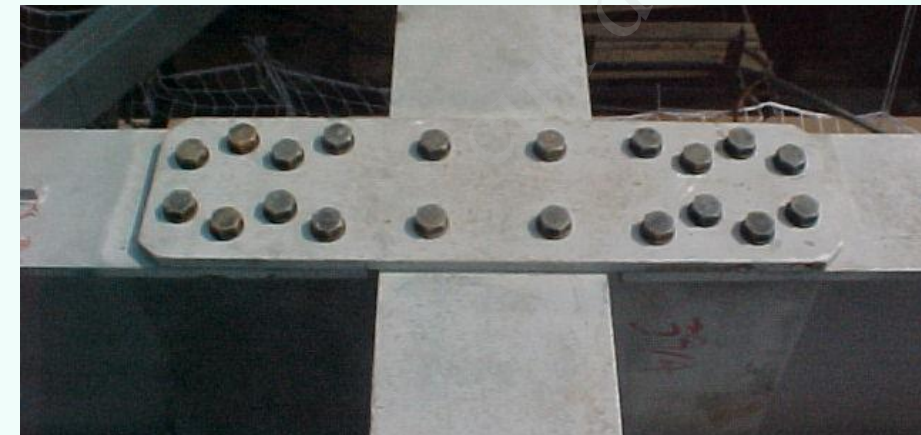


- Mặt cắt chữ I
- Mặt cắt tổ hợp bằng thép góc
- Mặt cắt tổ hợp thép chữ [] có bản giằng
- Dạng tam giác
- Dạng thanh đứng, thanh xiên
- Dạng chữ X
- Dạng chữ K

TIẾT ĐIỂM

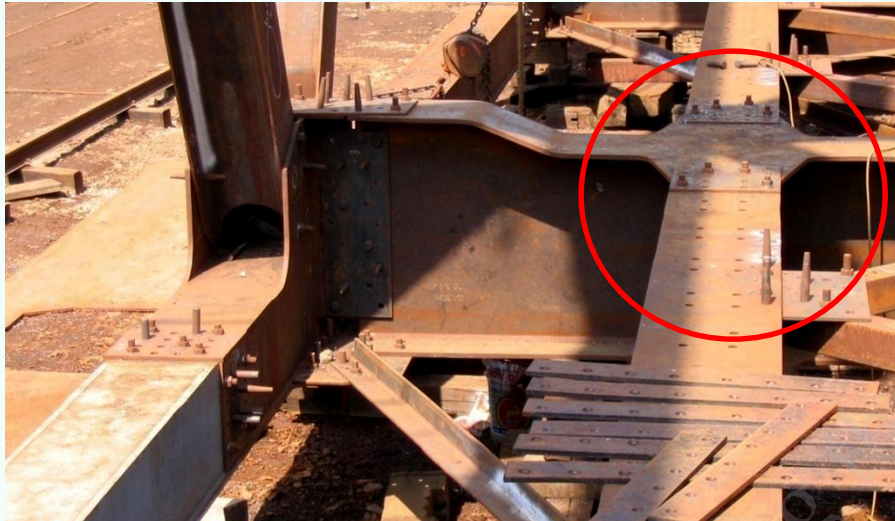


Tiết điểm rời
Tiết điểm bản chấp
Tiết điểm ngoài thanh
Yêu cầu về cấu tạo tiết
điểm



HỆ DẦM MẶT CẦU

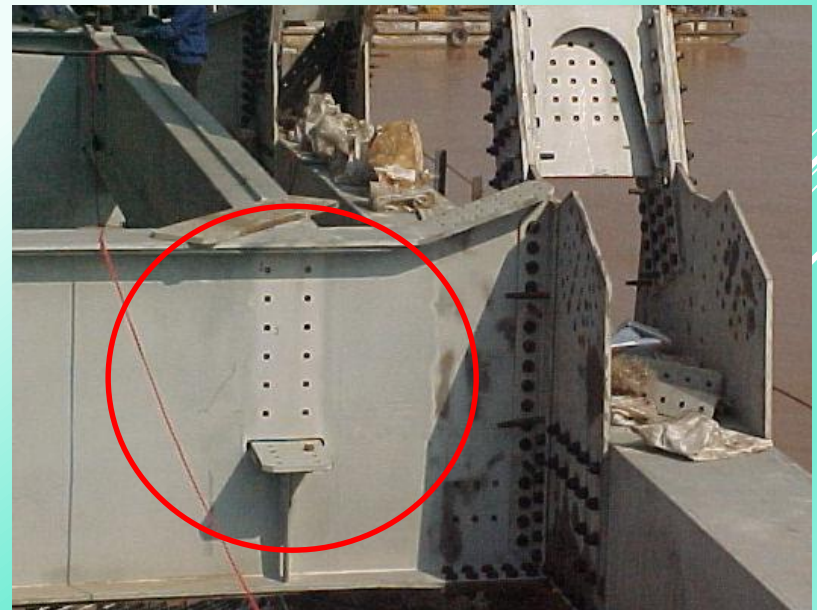
- Dầm ngang : liên kết với dàn chủ
- Dầm dọc : liên kết vào dầm ngang
- Bản cá liên kết dầm dọc qua dầm ngang



Dầm dọc cao bằng dầm ngang

Dầm dọc có chiều cao nhỏ hơn dầm ngang

Dầm dọc gác lên dầm ngang



MẶT CẦU

Mặt cầu bản BTCT



Mặt cầu trần

Mặt cầu gỗ

Mặt cầu thép tấm

Mặt cầu thép rỗng



HUTECH
Đại học Công nghệ Tp.HCM



Mặt cầu thép rỗng



Mặt cầu thép tấm



Mặt cầu gỗ

HỆ LIÊN KẾT NGANG



Kiểu Dầm Ngang



Kiểu Dàn Ngang

HỆ LIÊN KẾT DỌC TRÊN

DẠNG CHỮ X

DẠNG TAM GIÁC

DẠNG CHỮ K





HỆ LIÊN KẾT DỌC DƯỚI

DẠNG CHỮ X

CHỊU LỰC GIÓ NGANG,
CHỊU LỰC LẮC NGANG



CÂU HỎI ÔN TẬP:

- 1- Các dạng cầu dàn thép? Điều kiện áp dụng?
- 2- Các bộ phận cơ bản của cầu dàn thép? Vai trò của chúng trong chịu lực và cấu tạo?
- 3- Các dạng mặt cắt của thanh biên và điều kiện áp dụng?
- 4- Các dạng sơ đồ bố trí thanh biên và điều kiện áp dụng?
- 5- Các dạng mặt cắt của thanh bụng và điều kiện áp dụng?
- 6- Các dạng sơ đồ bố trí thanh bụng và điều kiện áp dụng?
- 7- Các dạng tiết điểm? Yêu cầu về cấu tạo tiết điểm?
- 8- Các sơ đồ cấu tạo dầm dọc và dầm ngang?
- 9- Các dạng kết cấu mặt cầu? Ưu nhược điểm của mỗi loại?
- 10- Các dạng bố trí cấu tạo hệ liên kết ngang, hệ liên kết dọc ?



HUTECH
Đại học Công nghệ Tp.HCM

BÀI 6

TÍNH TOÁN CẦU DÀN THÉP



6.1. CÁC GIẢ THIẾT KHI TÍNH CẦU DÀN THÉP

- 1- Phân chia thành các mặt phẳng
- 2- Các thanh dàn chỉ chịu lực dọc trục
- 3- Các tiết điểm là chốt, không truyền momen

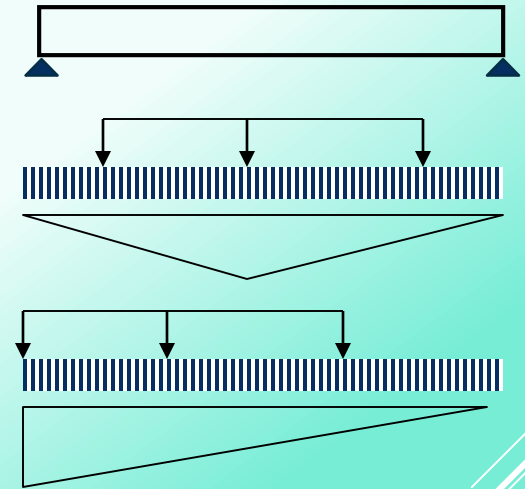
6.2. CÁC NỘI DUNG TÍNH TOÁN CẦU DÀN

- 1- Tính hệ dầm mặt cầu
- 2- Tính các thanh dàn chủ
- 3- Tính toán tiết điểm
- 4- Tính hệ liên kết

6.3. TÍNH HỆ DẦM MẶT CẦU

6.3.1. DẦM DỌC :

- Dầm dọc được coi là dầm giản đơn, có nhịp là khoảng cách 2 dầm ngang.
- Momen lớn nhất tại giữa nhịp của dầm dọc, lực cắt lớn nhất tại đầu dầm, nơi liên kết với dầm ngang.
- Xác định momen và lực cắt trong dầm dọc bằng đường ảnh hưởng M và Q, xếp tải lên đường ảnh hưởng theo quy tắc của CKC.
- Tính đặc trưng hình học của tiết diện dầm dọc và kiểm tra ứng suất tiết diện
- Lực cắt đầu dầm để tính mối liên kết dầm dọc với dầm ngang.



6.3.2. DẦM NGANG:

- Dầm ngang coi là dầm giản đơn, có 2 đầu ngàm với bản tiết điểm.

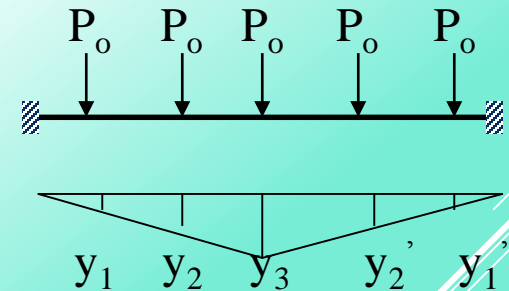
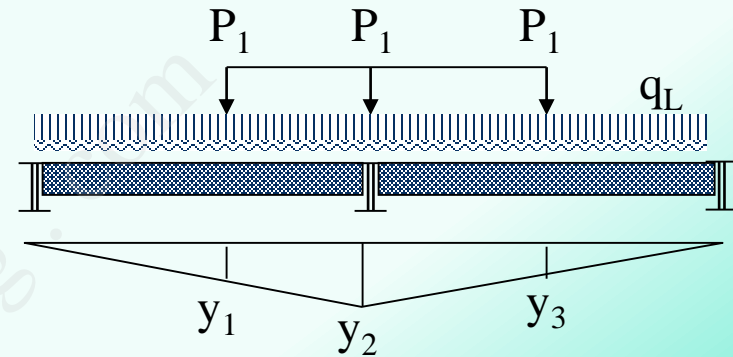
- Dầm ngang được liên kết với 2 đầu dầm dọc nên chịu phản lực từ 2 đầu các dầm dọc truyền tới $P_o = \sum P_i \cdot y_i + q_L \cdot \Omega_Q$.

- Tải trọng tác dụng lên dầm ngang là lực tập trung, cố định, bởi tĩnh tải và hoạt tải trên 2 nhịp của dầm dọc P_o .

- Tính dầm ngang như một dầm giản đơn, xác định được momen giữa nhịp là $M_o = \sum P_o \cdot y_i$.

- Nhân hệ số điều chỉnh momen để có được momen tại giữa nhịp $M_{0,5} = 0,6M_o$ và momen tại đầu dầm ngang $M_g = -0,8M_o$.

- Dùng các momen này để kiểm tra điều kiện chịu lực của tiết diện dầm ngang.





6.4. TÍNH LIÊN KẾT

6.4.1. Liên kết dầm dọc với dầm ngang

- Định liên kết 2 thép góc liên kết đầu dầm dọc với bụng dầm ngang
- Định liên kết 2 thép góc với bụng dầm dọc
- Ghé đỡ dầm dọc với bụng dầm ngang
- Bản cá nổi bản cánh 2 đầu dầm dọc

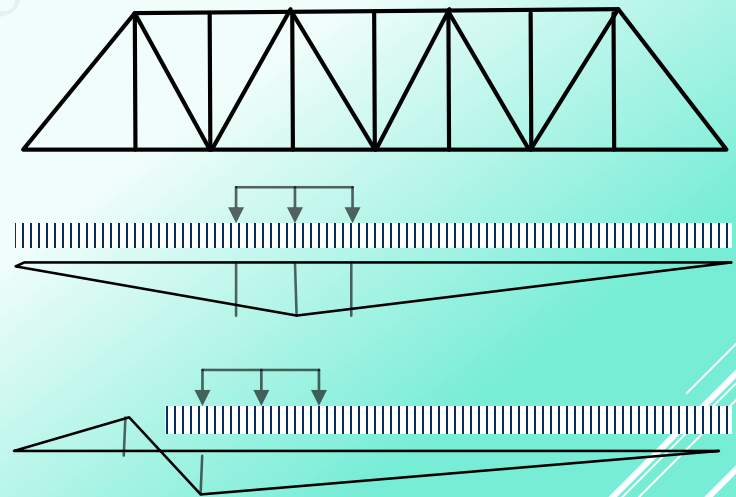
6.4.2. Liên kết dầm ngang với dầm chủ

- Định liên kết thép góc liên kết đầu dầm ngang với bản tiết điểm
- Định liên kết 2 thép góc với bụng dầm ngang
- Bản tiết điểm liên kết đáy dầm ngang

6.5. TÍNH NỘI LỰC TRONG CÁC THANH DÀN CHỦ

- Xác lập Đường ảnh hưởng nội lực các thanh dàn
- Xếp tải trọng trên đường ảnh hưởng theo tổ hợp bất lợi nhất (gồm tĩnh tải dàn, hoạt tải làn, trọng lượng trục xe thiết kế).
- Nội lực trong các thanh dàn :

$$N_i = (n_t q_t + n_h q_L) \cdot \Omega + (1 + \mu) \cdot n_h \cdot \Sigma P_i \cdot y_i$$
- Trong đó:
 n_t – Hệ số tĩnh tải
 n_h – Hệ số hoạt tải
 $(1 + \mu)$ – Hệ số xung kích
 q_t – Tĩnh tải bản thân dàn
 q_L – Hoạt tải làn
 P_i – Trọng lượng trục xe thiết kế
 y_i – Tung độ ĐAH tương ứng dưới các trục xe



KIỂM TOÁN KHẢ NĂNG CHỊU LỰC MẶT CẮT CÁC THANH

Với thanh chịu kéo:

$$\sigma = \frac{N}{F_{th}} \leq R_o$$

Với thanh chịu nén:

$$\sigma = \frac{N}{\varphi \cdot F_{ng}} \leq R_o$$

Trong đó:

σ - ứng suất trong mặt cắt thanh

N – nội lực mặt cắt thanh

F_{th} – Diện tích mặt cắt bị giảm yếu

F_{ng} – Diện tích mặt cắt nguyên của thanh

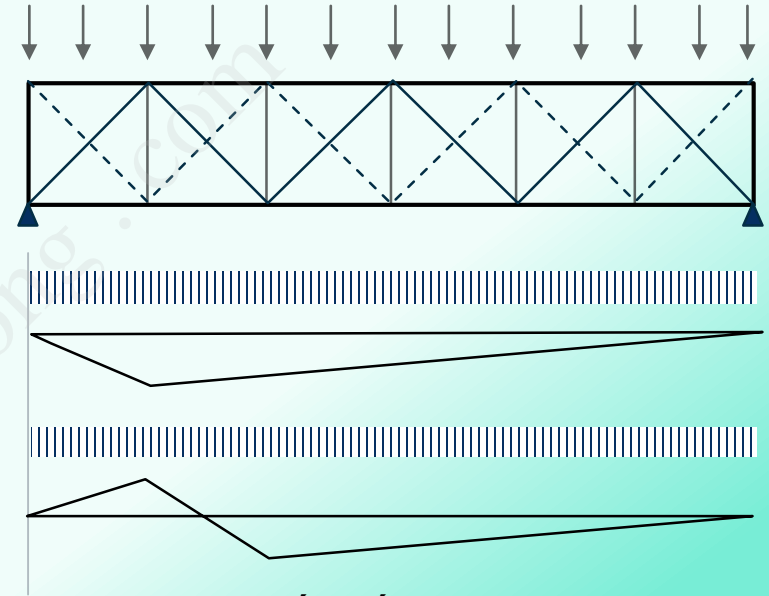
φ – Hệ số uốn dọc của thanh chịu nén.

R_o – Cường độ cơ bản của thép

TÍNH TOÁN HỆ LIÊN KẾT DỌC

1- Giả thiết tính toán:

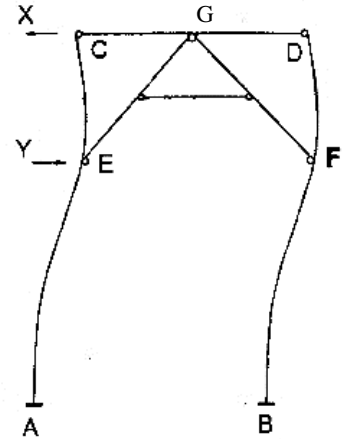
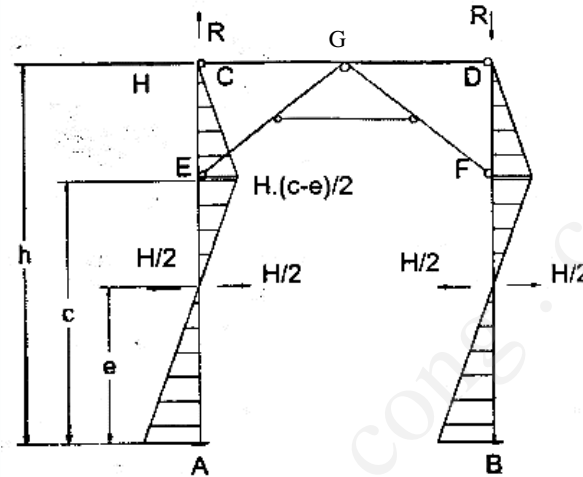
- Hệ liên kết là dàn phẳng nằm ngang, các thanh biên là thanh biên của dàn chủ, các thanh ngang là dầm ngang (với hệ liên kết dọc dưới) hoặc là thanh ngang của hệ liên kết ngang (với hệ liên kết dọc trên).
- Gối dàn liên kết dọc là khung cổng cầu gồm các thanh xiên đầu dàn và hệ liên kết ngang đầu dàn.
- Tải trọng tác dụng là lực gió ngang cầu thổi vào dàn chủ, với hệ số chắn gió của nửa dưới là $n_c = 1$ và nửa trên là $n_c = 0,6$; hoặc lực lắc ngang của xe.
- Hệ thanh liên kết là hai thanh chéo, để đơn giản bỏ bớt một thanh nên dàn liên kết có dạng dàn tam giác.



2- Tính nội lực và kiểm toán:

Tính nội lực và kiểm toán giống như phần dàn chủ nêu trên

TÍNH TOÁN HỆ LIÊN KẾT NGANG- CÔNG CẦU



Giả thiết tính toán:

- Khung liên kết ngang chỉ chuyển vị song song mà không bị biến dạng
- Nội lực xuất hiện trong các thanh ngang (CD), các thanh chéo (GE, GF) và gây uốn thanh công cầu (AC, BD)
- Lực do dàn liên kết trên truyền lực gió cào đầu thanh công cầu là H
- Điểm uốn cách chân công cầu đoạn $e = \frac{c(2h+c)}{2(h+2c)}$ chia thanh công cầu làm hai phần
- Momen lớn nhất trong phần trên tại điểm E và F, do lực ngang H/2 gây ra $M = H/2 * (c-e)$
- Momen dưới chân công cầu (tại A và B) do lực H/2 sinh ra : $M = H/2 * e$

CÂU HỎI ÔN TẬP

- 1- Các giả thiết để tính toán dàn thép?
- 2- Phương pháp tính nội lực trong mặt cắt dầm dọc? Dầm ngang ?
- 3- Nội dung kiểm toán mặt cắt dầm dọc, dầm ngang?
- 4- Nội dung tính liên kết dầm dọc với dầm ngang? Dầm ngang với dàn chủ?
- 5- Tính nội lực trong các thanh dàn giản đơn?
- 6- Nội dung tính duyệt khả năng chịu lực của các thanh trong dàn chủ?
- 7- Tính nội lực trong hệ liên kết dọc? Liên kết ngang? Cổng cầu?



ĐỒ ÁN THIẾT KẾ MÔN HỌC CẦU THÉP

Họ và tên sinh viên:

Lớp:

Chiều dài nhịp	Khổ cầu	Hoạt tải	Người đi bộ
18	$7,0 + 2 \times 1,0$		
24	$9,0 + 2 \times 1,5$	HL93	300 kg/m ²
32	$16,0 + 2 \times 1,0$		
64	2 x 1435	T22	
72	1435	T24	
80	1000		

Ngày giao :

Ngày nộp bài:

GIÁO VIÊN MÔN HỌC