

BỘ GIAO THÔNG VẬN TẢI
TRƯỜNG CAO ĐẲNG GIAO THÔNG VẬN TẢI TRUNG ƯƠNG I

GIÁO TRÌNH
Môn học: Cơ kết cấu
NGHỀ: XÂY DỰNG CẦU ĐƯỜNG
TRÌNH ĐỘ: CAO ĐẲNG

Hà Nội – 2017

LỜI MỞ ĐẦU

Cơ kết cấu là môn học bắt buộc trong chương trình đào tạo dài hạn, nhằm trang bị cho người học nghề một số kiến thức, kỹ năng cơ bản trong công tác tính toán kết cấu công trình.

Hiện nay các cơ sở đào tạo đều đang sử dụng tài liệu giảng dạy theo nội dung tự biên soạn, chưa được cố giáo trình giảng dạy chuẩn ban hành thống nhất, vì vậy các giáo viên và sinh viên đang thiếu tài liệu để giảng dạy và tham khảo.

Nhằm đáp ứng yêu cầu giảng dạy và học tập trong giai đoạn mới của nhà trường, tập thể giáo viên khoa Công trình đã biên soạn giáo trình môn học Cơ kết cấu hệ Cao đẳng, giáo trình này gồm những nội dung chính như sau:

Chương 1: Mở đầu

Chương 2: Phân tích cấu tạo kết cấu phẳng

Chương 3: Dàn phẳng tĩnh định -Dầm tĩnh định nhiều nhịp

Chương 4: Khung -Vòm tĩnh định.

Chương 5: Đường ảnh hưởng.

Chương 6: Tính chuyển vị của kết cấu phẳng tĩnh định.

Trong quá trình biên soạn chúng tôi đã tham khảo các nguồn tài liệu sẵn có trong nước và với kinh nghiệm giảng dạy thực tế. Mặc dù đã có nhiều nỗ lực, tuy nhiên không tránh khỏi thiếu sót.

Chúng tôi rất trân trọng và cảm ơn những ý kiến đóng góp của đồng nghiệp và các nhà chuyên môn để giáo trình Cơ kết cấu đạt được sự hoàn thiện trong những lần biên soạn sau này.

MỤC LỤC

LỜI MỞ ĐẦU	1
MỤC LỤC.....	2
CHƯƠNG I: MỞ ĐẦU	3
Chương 2: PHÂN TÍCH CẤU TẠO KẾT CẤU PHẪNG.....	6
Chương 3: DÀN PHẪNG TĨNH ĐỊNH -DÀN TĨNH ĐỊNH NHIỀU NHỊP.....	10
Chương 5: ĐƯỜNG ẢNH HƯỞNG.....	21
Chương 6: TÍNH CHUYỂN VỊ CỦA KẾT CẤU PHẪNG TĨNH ĐỊNH	29

CHƯƠNG I: MỞ ĐẦU

1. KHÁI NIỆM MÔN HỌC

❖ Định nghĩa:

Cơ học kết cấu (CHKC) là môn khoa học Lý thuyết – Thực nghiệm trình bày các phương pháp tính toán kết cấu về độ bền, độ cứng và độ ổn định do các nguyên nhân khác nhau: tải trọng, nhiệt độ, lún, chế tạo không chính xác.

❖ Phương pháp nghiên cứu:

Lý thuyết – Thực nghiệm:

Lý thuyết (LT): dự báo khả năng làm việc của kết cấu.

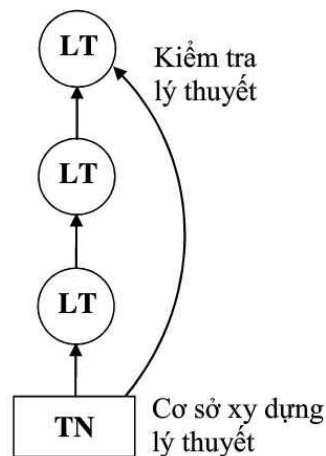
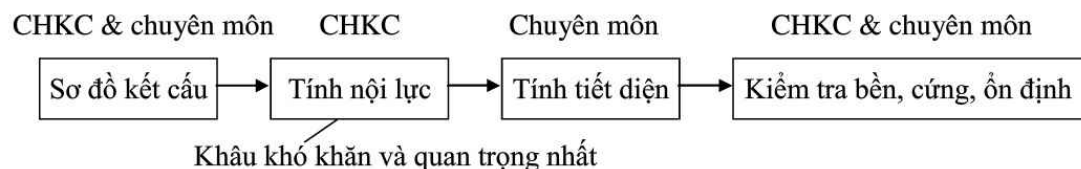
Thực nghiệm (TN): phát hiện tính chất vật liệu và kiểm tra lý thuyết.

❖ Nhiệm vụ chủ yếu:

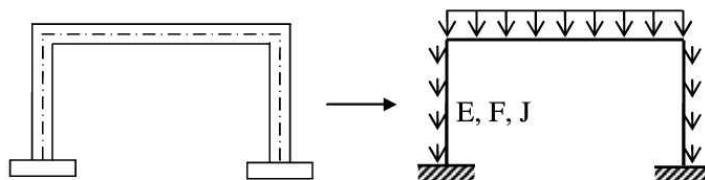
Xây dựng các phương pháp tính toán nội lực, làm cơ sở để kiểm tra các điều kiện bền, cứng và ổn định (hiện đại: tuổi thọ, độ tin cậy).

❖ Vị trí môn học:

Quá trình thiết kế công trình bao gồm:



2. SƠ ĐỒ TÍNH CỦA CÔNG TRÌNH



Hình 1

❖ Sơ đồ tính = Sơ đồ công trình + các giả thiết đơn giản hoá.

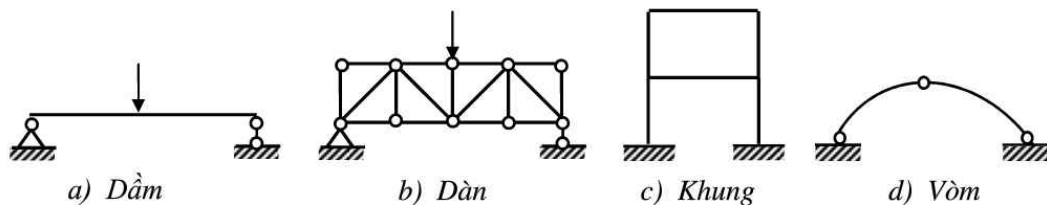
❖ Các giả thiết gồm:

- Thay thanh bằng trục thanh; bản & vỏ bằng mặt trung gian.
- Tiết diện → E, F, J.
- Liên kết → Lý tưởng (không ma sát, cứng, đàn hồi...).
- Tải trọng đưa về trục thanh.
- Thêm giả thiết phụ nếu cần (nút khớp, tường gạch, sàn bê tông...).

❖ Lực chọn sơ đồ tính cần phản ánh tốt sự làm việc của công trình thực và phù hợp với khả năng tính toán.

3. PHÂN LOẠI CÔNG TRÌNH

❖ Theo sơ đồ tính:



Hình 2

▪ **Hệ phẳng:** cấu kiện và lực đều nằm trong mặt phẳng.

▪ **Hệ không gian:** Không phẳng

Trong thực tế chủ yếu là hệ không gian: dầm trục giao, dàn không gian, kết cấu tấm vỏ ... thí dụ: nhà cao tầng, cầu, dàn khoang...

Nhiều bài toán không gian khi tính toán được đưa về sơ đồ hệ phẳng.

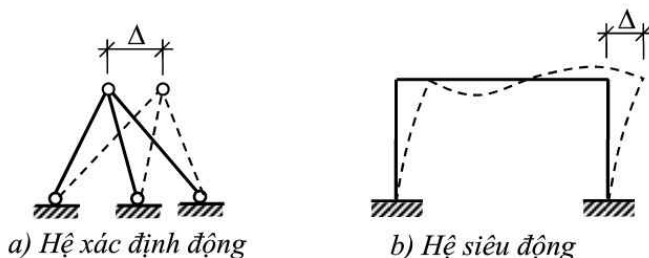
❖ Theo phương pháp tính nội lực:

▪ **Phương pháp lực:**

- *Hệ tĩnh định:* chỉ dùng phương trình cân bằng là đủ để tìm nội lực.

- *Hệ siêu tĩnh:* phải bổ sung điều kiện hình học (chuyển vị, biến dạng)

▪ **Phương pháp chuyển vị:**



Hình 3

- *Hệ xác định động:* xác định được biến dạng của các phần tử thuộc hệ chỉ từ điều kiện động học khi hệ bị chuyển vị cưỡng bức.

- *Hệ siêu động:* khi hệ chịu chuyển vị cưỡng bức, nếu chỉ dùng điều kiện động học (hình học) thì không đủ xác định biến dạng của các phần tử.

4. CÁC NGUYÊN NHÂN GÂY NỘI LỰC VÀ CHUYỂN VỊ

❖ **Tải trọng:** gây ra nội lực, chuyển vị cho mọi hệ. Một số cách phân loại:

▪ Theo vị trí — bất động
 — di động

▪ Theo tính chất tác dụng: — tĩnh: gia tốc nhỏ, bỏ qua lực quán tính khi xét cân bằng.
 — động: phải xét đến lực quán tính trong phương trình cân bằng.

▪ Theo khả năng nhận biết — tiên định: $P = P(t)$

ngẫu nhiên: chỉ biết theo qui luật xác suất

❖ Nhiệt độ

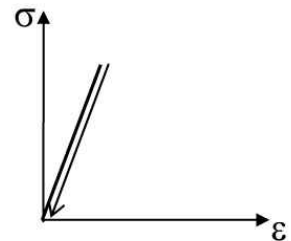
❖ Lún

5. CÁC GIẢ THIẾT VÀ NGUYÊN LÝ CỘNG TÁC DỤNG

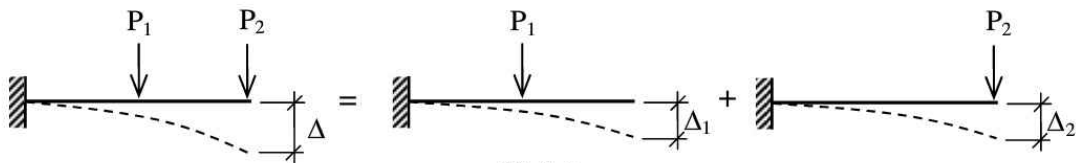
Các giả thiết nhằm đơn giản hoá tính toán:

- 1- Vật liệu đàn hồi tuân theo định luật Hooke.
- 2- Biến dạng và chuyển vị bé (được dùng như khái niệm vô cùng bé trong toán học). Cho phép dùng sơ đồ không biến dạng. Dùng được các xấp xỉ: $\sin\varphi \approx \operatorname{tg}\varphi \approx \varphi$, $\cos\varphi = 1$

Từ đó dẫn tới nguyên lý cộng tác dụng:



Hình 4



Hình 5

$$\Delta(P_1, P_2) = \Delta(P_1) + \Delta(P_2)$$

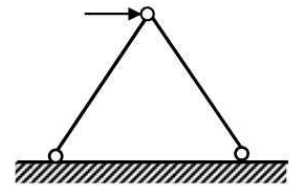
Chương 2: PHÂN TÍCH CẤU TẠO KẾT CẤU PHẪNG

1.1. Khái niệm cơ bản về kết cấu không biến hình, biến hình, biến hình tức thời

1. Hệ bất biến hình (BBH)

▪ *Định nghĩa:* Hệ BBH là hệ khi chịu tải trọng bất kì vẫn giữ được hình dáng ban đầu nếu bỏ qua biến dạng đàn hồi.

▪ *Tính chất:* có khả năng chịu lực trên hình dạng ban đầu $\rightarrow$ đáp ứng được yêu cầu sử dụng.

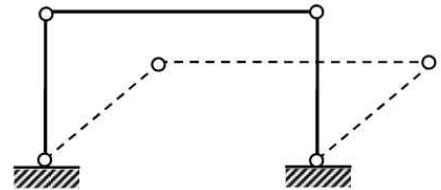


Hình 1.1

2. Hệ biến hình (BH)

▪ *Định nghĩa:* là hệ khi chịu tải trọng bất kì sẽ thay đổi hình dáng hữu hạn nếu coi các phần tử cứng tuyệt đối.

▪ *Tính chất:* Không có khả năng chịu lực bất kì trên hình dạng ban đầu $\rightarrow$ không dùng được như là 1 kết cấu.

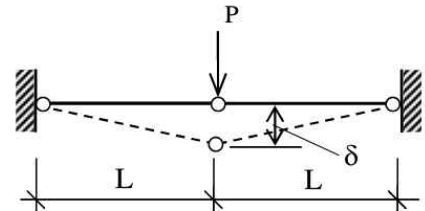


Hình 1.2

3. Hệ biến hình tức thời (BHTT)

▪ *Định nghĩa:* là hệ thay đổi hình dáng hình học vô cùng bé nếu coi các phần tử cứng tuyệt đối (chính xác hơn: bỏ qua lượng thay đổi vô cùng bé bậc cao).

Thí dụ: với hình bên ta có độ dẫn dài $\Delta L = \frac{\delta}{2L} = \text{VCB}$ bậc cao ≈ 0 .



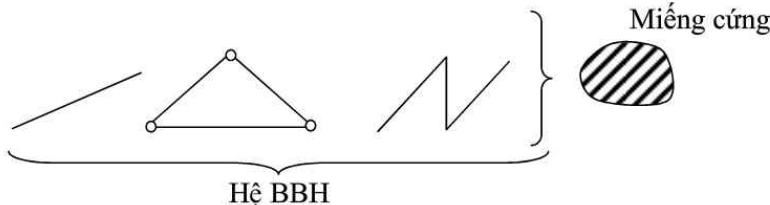
Hình 1.3

▪ *Tính chất:* kết cấu mềm, nội lực rất lớn, nên không dùng trong thực tế.

4. Miếng cứng (MC)

Khái niệm: MC là hệ phẳng BBH.

Thí dụ:



Hình 1.4

Ý nghĩa: giúp khảo sát tính chất hình học của 1 hệ phẳng dễ dàng hơn.

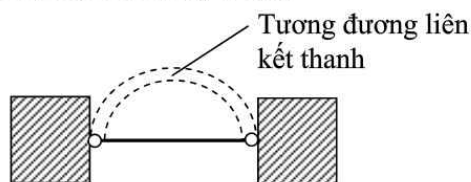
5. Bậc tự do (BTD)

Bậc tự do của 1 hệ là số thông số độc lập đủ xác định vị trí 1 hệ so với mốc cố định.

1.2. Phân tích cấu tạo kết cấu phẳng

1. Liên kết đơn giản

❖ **Liên kết thanh:** là thanh có khớp 2 đầu.



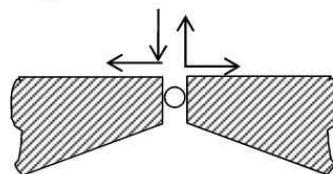
Hình 1.5

Tính chất: khử 1 bậc tự do, phát sinh 1 phản lực (nổi 2 khớp).

❖ **Liên kết khớp:**

Tính chất: khử 2 BTĐ, phát sinh 2 thành phần phản lực theo 2 phương xác định.

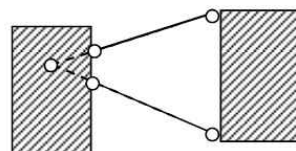
Về mặt động học, 1 khớp tương đương với 2 liên kết thanh.



Giao của 2 thanh tương đương với khớp giả tạo. Vị trí của khớp giả tạo K thay đổi khi B dịch chuyển so với A => khớp tức thời.

❖ **Liên kết hàn**

Nối cứng 2 miếng cứng với nhau thành 1 miếng cứng lớn. Để đơn giản việc khảo sát cấu tạo hình học, nên gom lại ít số miếng cứng nhất và chỉ nên quan niệm liên kết chỉ gồm thanh và khớp. Vì vậy phần sau sẽ không bàn đến liên kết hàn nữa vì chỉ làm phức tạp.



Hình 1.6

2. Khớp phức tạp

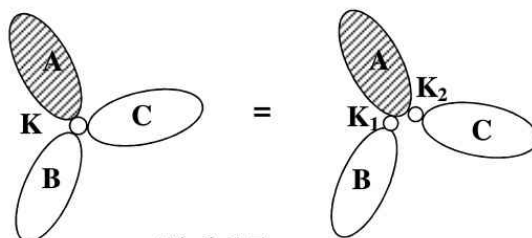
Là khớp nối nhiều miếng cứng với nhau.

Độ phức tạp của khớp phức tạp là số khớp đơn giản tương đương về mặt liên kết.

$$p = D - 1$$

p – độ phức tạp của khớp tương đương số khớp đơn giản

D – số miếng cứng nối vào khớp K.



Hình 1.7

Mục đích: qui đổi tất cả liên kết đã dùng trong hệ thanh thành số liên kết thanh tương đương.

1.3. NỐI CÁC MIÉNG CỨNG THÀNH HỆ BBH

1. Điều kiện cần

Là điều kiện về số lượng liên kết để nối các miếng cứng thành 1 hệ BBH.

a) Hệ bất kì

Hệ gồm D miếng cứng, nối với nhau bằng T thanh và K khớp đơn giản.

- Số bậc tự do: Coi 1 miếng cứng là cố định thì cần khử đi $3(D-1)$ = BTĐ bậc tự do.

- Số liên kết thanh qui đổi: $T + 2K = LK$

Lập hiệu số:

$$n = LK - BTĐ = T + 2K - 3(D-1)$$

$n < 0$: không đủ liên kết $\rightarrow$ BH

$n = 0$: đủ liên kết

$n > 0$: dư liên kết

} Phải xét thêm điều kiện đủ để kết luận.

b) Hệ nối đất

Hệ có D miếng cứng nối với đất bằng C thanh (qui đổi).

- Số BTĐ = $3D$

- Số liên kết thanh qui đổi: $LK = T + 2K + C$

Hiệu số:

$$n = T + 2K + C - 3D$$

$n < 0$: không đủ liên kết $\rightarrow$ BH

$n = 0$: đủ liên kết

$n > 0$: dư liên kết

} Phải xét thêm điều kiện đủ để kết luận.

Qui đổi liên kết thanh :

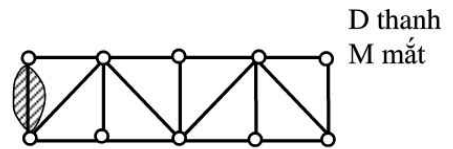


Hình 1.8

c) Hệ dàn

Gồm các thanh thẳng, nối khớp 2 đầu.

Giả sử dàn có D thanh và M mắt. Coi 1 thanh là miếng cứng cố định thì chỉ còn lại $D - 1$ liên kết thanh, khử được $2(M - 2)$ bậc tự do. Như vậy:



Hình 1.9

$$n = D - 1 - 2(M - 2) = D + 3 - 2M$$

$\begin{cases} < 0 : \text{BH} \\ \geq 0 : \text{Xét điều kiện đủ} \end{cases}$

Nếu hệ nối đất thì :

$$n = D + C - 2M \begin{cases} < 0 : \text{BH} \\ \geq 0 : \text{Xét điều kiện đủ} \end{cases}$$

2. Điều kiện đủ

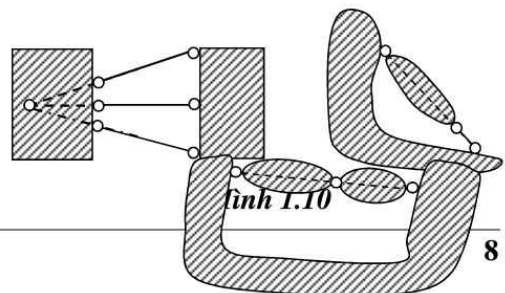
Các liên kết sắp xếp hợp lý để khử mọi bậc tự do của hệ.

a) Hệ gồm 2 miếng cứng

▪ *Cần* : dùng số liên kết qui đổi tối thiểu tương đương 3 thanh.

▪ *Đủ* : + 3 thanh không đồng qui hoặc song song.

+ 1 thanh không đi qua khớp.



Hình 1.11

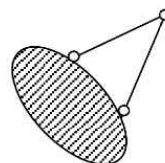
b) Hệ gồm 3 miếng cứng

- *Cần* : dùng số liên kết qui đổi tối thiểu tương đương 6 thanh
- *Đủ* : 3 khớp thực hoặc giả tạo không thẳng hàng.

c) Bộ đôi

▪ *Định nghĩa* : bộ đôi là 2 liên kết thanh không thẳng hàng, nối 1 điểm vào 1 hệ đã cho.

▪ *Tính chất* : thêm hoặc bớt bộ đôi không làm thay đổi tính chất hình học của hệ. Do đó, để khảo sát tính chất hình học có thể dùng phương pháp phát triển bộ đôi hoặc loại trừ bộ đôi.



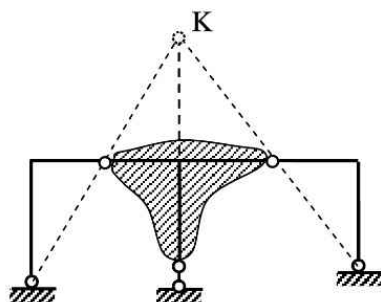
Hình 1.12

d) Cách khảo sát tính chất hình học của 1 hệ

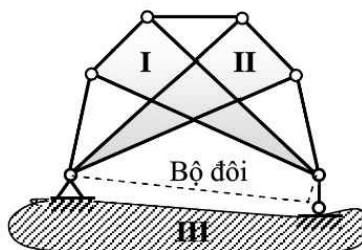
▪ Cố gắng gom về ít miếng cứng nhất (2 hoặc 3) và dùng điều kiện cần và đủ để kết luận. Với hệ đơn giản, có thể dùng ngay điều kiện đủ, cố gắng lợi dụng tính chất của bộ đôi.

▪ Nếu số miếng cứng nhiều hơn 3 thì phải dùng phương pháp tổng quát (và cũng phức tạp hơn) như tải trọng bằng 0, động học, thay thế liên kết.

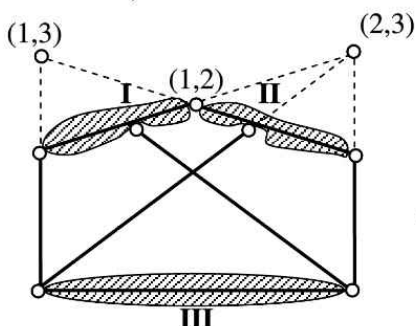
3. Một số thí dụ



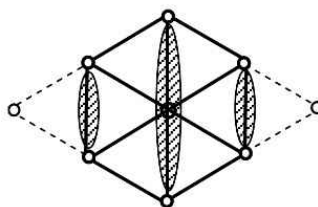
a) BHTT



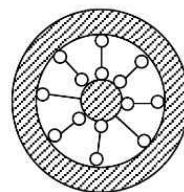
b) BBH



c) BHTT (gần BHTT: không tốt)



e) BHTT



f) BHTT

Hình 1.13