

TRƯỜNG CAO ĐẲNG NGHỀ CÔNG NGHIỆP HÀ NỘI

Chủ biên: Nguyễn Xuân An

Đồng tác giả: Trịnh Tài Phú – Lê Ngọc Kính – Tào Ngọc Minh



GIÁO TRÌNH

SỨC BỀN VẬT LIỆU

(Ban hành nội bộ)

Hà Nội – 2012

TUYÊN BỐ BẢN QUYỀN

Tài liệu này là loại sách giáo trình nên các nguồn thông tin có thể được phép dùng nguyên bản hoặc trích dùng cho các mục đích về đào tạo và tham khảo.

Mọi mục đích khác mang tính lệch lạc hoặc sử dụng với mục đích kinh doanh thiếu lành mạnh sẽ bị nghiêm cấm.

LỜI GIỚI THIỆU

Ngày nay khoa học kỹ thuật phát triển như vũ bão, các ngành kỹ thuật chiếm một vị trí tương đối quan trọng trong nền kinh tế. Vì vậy việc đào tạo nhân lực cho các ngành kỹ thuật đóng vai trò quan trọng để tạo ra nguồn nhân lực có năng lực phục vụ cho nền kinh tế đang phát triển của nước ta.

“Sức bền vật liệu” là môn khoa học bán thực nghiệm thuộc khối kỹ thuật được giảng dạy trong các trường cao đẳng, đại học kỹ thuật. Nó cung cấp những kiến thức cần thiết về những tác dụng cơ học để giải quyết các vấn đề thực tế trong việc thiết kế chế tạo, tính bền cho chi tiết, nó là môn học cơ sở cho rất nhiều các môn học chuyên ngành thuộc khối kỹ thuật.

Giáo trình “Sức bền vật liệu” được xây dựng trên cơ sở những giáo trình đã được giảng dạy trong các trường kỹ thuật kết hợp với kinh nghiệm giảng dạy của những giáo viên trong ngành. Giáo trình đã được biên soạn cho phù hợp với đặc điểm của sinh viên trường cao đẳng nghề.

Giáo trình “Sức bền vật liệu” được biên soạn ngắn gọn, dễ hiểu, bổ sung nhiều kiến thức mới, nội dung đề cập tới những kiến thức cơ bản về tính toán độ bền, độ cứng, sự ổn định của chi tiết. Để đáp ứng được những tính chất đặc trưng của nghề cơ khí.

Trong khi biên soạn giáo trình tác giả đã có nhiều cố gắng nhưng không tránh khỏi những khiếm khuyết. Rất mong nhận được sự đóng góp ý kiến từ bạn đọc.

Hà Nội, Ngày 30 tháng 08 năm 2012

Tham gia biên soạn

1. Chủ biên: Nguyễn Xuân An
2. Các GV tổ LT cơ sở

MỤC LỤC

Đề mục	Trang
Lời giới thiệu	3
Mục lục	4
Chương I: Những khái niệm chung.	
1. Giới thiệu lịch sử môn học.	7
2. Nhiệm vụ và đối tượng nghiên cứu của môn học	8
3. Các giả thuyết cơ bản về vật liệu.	9
4. Ngoại lực, nội lực, phương pháp mặt cắt và ứng suất.	10
5. Các loại biến dạng cơ bản.	15
Chương II : Kéo và nén đúng tâm.	
1. Khái niệm về kéo - nén đúng tâm	17
2. Nội lực	17
3. Ứng suất và biến dạng.	20
4. Đặc trưng cơ học của vật liệu.	24
5. Tính toán về kéo (nén) đúng tâm.	27
Chương III: Cắt - Dập	
1. Khái niệm về Cắt	36
2. Khái niệm về Dập	39
Chương IV: Đặc trưng cơ học của hình phẳng.	
1. Khái niệm về mômen tĩnh.	43
2. Khái niệm về mômen quán tính.	45
3. Bán kính quán tính.	49
Chương V: Xoắn thuần túy.	
1. Khái niệm về xoắn thuần túy.	52
2. Ứng suất và biến dạng trong thanh mặt cắt tròn chịu xoắn	54
3. Tính toán về xoắn thuần túy.	57
Chương VI: Uốn ngang phẳng.	
1. Khái niệm về uốn ngang phẳng.	61
2. Nội lực và biểu đồ nội lực.	61
3. Ứng suất trong dầm chịu uốn ngang phẳng.	64
4. Tính toán về uốn ngang phẳng.	67
5. Chuyển vị của dầm chịu uốn.	69
Chương VII: Thanh chịu lực phức tạp.	
1. Khái niệm thanh chịu lực phức tạp.	71
2. Uốn xiên.	72
3. Uốn ngang phẳng và kéo (nén) đồng thời.	78
4. Uốn và xoắn đồng thời.	83
Chương VIII: Ổn định của thanh thẳng chịu nén đúng tâm.	
1. Khái niệm về ổn định, lực tới hạn và ứng suất tới hạn.	87

2. Công thức tính lực tới hạn, ứng suất tới hạn theo Euler.	89
3. Công thức tính lực tới hạn và ứng suất tới hạn theo Iasinki.	89
4. Tính toán về Ổn định	90
Chương IX: Tính độ bền của thanh thẳng chịu ứng suất thay đổi.	
1. Khái niệm về thanh chịu ứng suất thay đổi.	93
2. Hiện tượng mỏi của vật liệu.	93
3. Chu trình và đặc trưng chu trình ứng suất.	93
4. Giới hạn mỏi.	94
5. Các nhân tố ảnh hưởng đến giới hạn mỏi, các biện pháp khắc phục.	95
6. Tính độ bền theo hệ số an toàn.	97

MÔN HỌC: SỨC BỀN VẬT LIỆU

Mã môn học : MH10

Vị trí, tính chất, ý nghĩa và vai trò của môn học

- Vị trí:

+ Sức bền vật liệu là môn học kỹ thuật cơ sở được bố trí sau khi học sinh đã học các môn: Cơ lý thuyết và Vật liệu kim loại.

+ Sức bền vật liệu cung cấp kiến thức cho các môn chi tiết máy và kỹ thuật chuyên môn của ngành.

- Tính chất:

+ Sức bền vật liệu là môn khoa học kết hợp chặt chẽ giữa lý thuyết và thực nghiệm.

+ Là môn học thuộc các môn học, mô-đun kỹ thuật cơ sở bắt buộc.

- Ý nghĩa

Giúp sinh viên nắm được các kiến thức cơ bản, cơ sở trong kỹ thuật và vận dụng tính toán trong thực tế

- Vai trò

Là môn lý thuyết cơ sở cho các môn chuyên ngành nên có vai trò quan trọng trong chương trình đào tạo nghề cắt gọt kim loại.

Mục tiêu của môn học:

- Trình bày được các khái niệm cơ bản của môn học như: biến dạng, nội lực, ứng suất, độ bền, độ cứng, độ ổn định của chi tiết máy.

- Phân tích được ý nghĩa của các đại lượng đặc trưng cho tính chất cơ học của vật liệu.

- Xác định được các phương pháp đưa chi tiết từ kết cấu thực về sơ đồ tính và phân tích được thành các loại biến dạng cơ bản.

- Vẽ được các biểu đồ nội lực và xác định được mặt cắt nguy hiểm trên chi tiết.

- Vận dụng được các điều kiện bền, điều kiện cứng, điều kiện ổn định để giải ba bài toán cơ bản của môn sức bền vật liệu.

- Có ý thức trách nhiệm, chủ động học tập.

Nội dung của môn học :CHƯƠNG I:

NHỮNG KHÁI NIỆM MỞ ĐẦU

Mã chương: CHI

Giới thiệu:

Những khái niệm mở đầu có ý nghĩa rất quan trọng trong quá trình nghiên cứu, tính toán của môn học. Những khái niệm này giúp sinh viên hiểu được những cụm từ và quy ước ký hiệu thường được sử dụng trong môn học.

Mục tiêu:

- + Trình bày được nhiệm vụ và đối tượng nghiên cứu của môn học.
- + Trình bày được các khái niệm: Vật rắn thực, ngoại lực, nội lực, phương pháp mặt cắt, ứng suất, các biến dạng cơ bản.
- + Có ý thức trách nhiệm, chủ động học tập.

1. Giới thiệu lịch sử môn học.

Từ thế kỷ 18 con người đã có những công trình được xem là sự khởi đầu của môn học

Năm 1729 Buyphinghe đưa ra dạng quan hệ phi tuyến giữa ứng suất và biến dạng. Sau đó năm 1768 Húc đã đưa ra quy luật cơ bản về vật thể đàn hồi với dạng tuyến tính đồng thời ông đã có những công trình :

- Lý thuyết toán học về uốn của thanh đàn hồi của Oler và Becnuli.
- Tính ổn định của Oler
- Dao động ngang của thanh đàn hồi
- Nghiên cứu về lý thuyết lực đàn hồi của không khí(Lômônôxốp)

Cuối thế kỷ 18 đầu thế kỷ 19 nhà bác học người Pháp Navie xuất phát từ quan điểm về lực tương tác giữa các phần tử của Niu tơn đã đề xuất ra lý thuyết đàn hồi rời rạc. Năm 1822 Côsi đã đưa ra khái niệm về trạng thái ứng suất tại một điểm và viết các phương trình cân bằng cùng với các biểu thức biểu diễn sự tương quan giữa ứng suất và biến dạng cho vật thể đẳng hướng. Ta có thể kết luận rằng Naviê, Côsi và Ostrogratxki, Poátxông là những người đã đặt nền móng cho lý thuyết đàn hồi toán học.

Vào cuối thế kỷ 19 nhu cầu về phát triển công nghiệp đã thôi thúc các nhà khoa học tìm cách tính toán nhanh chóng những bài toán trong thực tế do đó đã phát sinh ra ngành lý thuyết đàn hồi ứng dụng và lý thuyết về sức bền vật liệu.

Vào cuối thế kỷ 19 và sang đầu thế kỷ 20 ngành cơ học vật rắn biến dạng đã phát triển vô cùng rộng lớn.

2. NHIỆM VỤ VÀ ĐỐI TƯỢNG CỦA CƠ HỌC VẬT RẮN BIẾN DẠNG

Mục tiêu:

+ Trình bày được nhiệm vụ và đối tượng nghiên cứu của môn học.

2.1. Nhiệm vụ

Sức bền vật liệu là môn khoa học nghiên cứu thực nghiệm, khả năng chịu lực và biến dạng của vật thể để đề ra phương pháp tính sao cho các vật thể đủ bền, đủ cứng, đủ ổn định và tiết kiệm vật liệu.

- *Độ bền*: là khả năng chịu lực lớn nhất của chi tiết sao cho chi tiết không bị phá hỏng.

- *Độ cứng*: là khả năng chịu lực lớn nhất của chi tiết sao cho biến dạng không quá lớn làm ảnh hưởng đến điều kiện làm việc bình thường

- *Độ ổn định*: Là khả năng chịu lực lớn nhất của chi tiết sao cho chi tiết không bị thay đổi hình dáng hình học trong quá trình làm việc bình thường

Sức bền vật liệu đề ra phương pháp tính toán, lập nên các biểu thức toán học thỏa mãn điều kiện bền, điều kiện cứng và điều kiện ổn định. Xuất phát từ đó Sức bền vật liệu chủ yếu giải quyết 3 dạng bài toán cơ bản:

+ Bài toán kiểm tra độ bền

+ Bài toán xác định kích thước hợp lý

+ Bài toán xác định tải trọng cho hợp lý

2.2. Đối tượng nghiên cứu

- Đối tượng nghiên cứu của bộ môn sức bền vật liệu là vật rắn thực

- Vật rắn thực là vật rắn khi có tác dụng của ngoại lực sẽ xảy ra biến dạng và có thể bị phá hỏng

- Vật rắn thực được phân làm 3 dạng cơ bản:

+ *Vật thể dạng khối*: Vật thể có kích thước theo ba phương lớn tương đương nhau. (Hình 1-1a)

+ *Vật thể dạng thanh*: Vật thể có kích thước một phương lớn hơn rất nhiều so với phương còn lại. (Hình 1-1b)

+ *Vật thể dạng tấm*: Là vật thể mà kích thước hai phương lớn hơn rất nhiều so với phương còn lại, phương có kích thước bé gọi là bề dày. (Hình 1-1c)

Sức bền vật liệu trong chương trình chủ yếu nghiên cứu về vật thể dạng thanh thẳng

Phân loại theo tiết diện: - Hình chữ nhật
- Hình vuông
- Hình tròn...

Đối tượng nghiên cứu của môn học là vật rắn thực (tức là vật rắn biến dạng)

3. CÁC GIẢ THIẾT CƠ BẢN VỀ VẬT LIỆU

Mục tiêu:

+ Trình bày được các khái niệm: Vật rắn thực, ngoại lực, nội lực, phương pháp mặt cắt, ứng suất, các biến dạng cơ bản.

3.1. Các giả thiết về sự liên tục, đồng tính và đẳng hướng

**Sự liên tục:* Các phần tử vật liệu ở mọi nơi trong vật thể phân bố đều và liên tục. Tức là giữa chúng không có khe hở *coi vật thể không có khuyết tật.*

**Sự đồng tính:* Các phần tử vật liệu ở tất cả mọi nơi trong vật thể có cùng tính chất

**Sự đẳng hướng:* Khả năng chịu lực của các phần tử vật liệu trong vật thể theo mọi hướng đều như nhau

3.2. Vật liệu có tính đàn hồi hoàn toàn

- Tính đàn hồi là khả năng trở về trạng thái ban đầu khi vật có biến dạng do tác dụng của ngoại lực

- Đàn hồi hoàn toàn là dưới tác dụng của ngoại lực (ngoại lực phải nằm trong giới hạn đàn hồi của vật) vật thể bị biến dạng, khi thôi tác dụng lực vật thể trở lại y nguyên trạng thái ban đầu (tức là không có biến dạng dư)

Hình 1-3.

Giả thuyết này chỉ rõ sức bền vật liệu chỉ nghiên cứu bài toán trong giai đoạn đàn hồi. Ngoài miền đàn hồi bài toán sẽ được nghiên cứu trong một môn học khác là lý thuyết dẻo.

3.3. Giả thiết về quan hệ bậc nhất giữa lực tác dụng và biến dạng

Khi lực tác dụng còn nằm trong giới hạn đàn hồi của vật thì biến dạng của vật có quan hệ bậc nhất với lực tác dụng gây nên biến dạng đó.

** Thí nghiệm thử kéo vật liệu dẻo:*

Khi lực tác dụng còn nằm trong giới hạn đàn hồi ($0 < P_u$) của vật liệu. Biến dạng là đoạn ON. Trong

giới hạn này ta thấy lực tăng nhanh còn biến dạng tăng rất chậm. Quan hệ giữa lực và biến dạng là đường cong OA. Do độ cong của OA rất nhỏ nên ta có thể coi nó là đường thẳng .

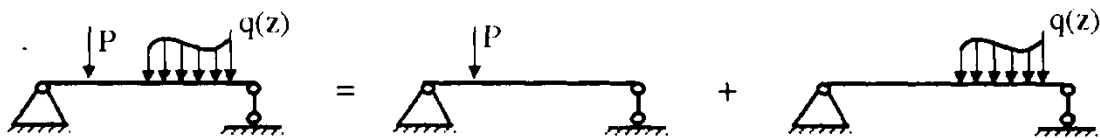
Quan hệ giữa lực và biến dạng là quan hệ bậc nhất .

Kết luận : Tất cả các loại vật liệu là đối tượng để nghiên cứu trong môn sức bền thì nó phải thỏa mãn các giả thiết trên.

3.4. Nguyên lý độc lập tác dụng của lực

a) **Nguyên lý:** Tác dụng của hệ lực lên vật bằng tổng các lực thành phần tác dụng lên vật

Tức là : Nếu một hệ chịu tác dụng đồng thời của nhiều yếu tố thì có thể khảo sát hệ đó dưới tác dụng của từng yếu tố riêng rẽ rồi cộng các kết quả lại (hình1-5).



Hình 9

b. **Ý nghĩa:** Một bài toán phức tạp được phân tích thành các bài toán đơn giản và kết quả của bài toán bằng tổng các bài toán đơn giản

Nếu vật liệu làm việc ngoài miền đàn hồi thì nguyên lý trên không được áp dụng vì sai số âm. Các yếu tố tác dụng lên hệ có thể bao gồm cả ngoại lực lẫn các tác nhân khác như nhiệt độ, áp suất, v.v...

4. NGOẠI LỰC – NỘI LỰC - ỨNG SUẤT – HỆ SỐ AN TOÀN

4.1. Ngoại lực

4.1.1. Định nghĩa

Ngoại lực là những lực hoặc mô men lực từ vật thể khác hoặc từ môi trường xung quanh tác dụng lên vật thể khảo sát

Ngoại lực có hai loại: Tải trọng(lực) tác dụng và phản lực liên kết

4.1.2. Phân loại

a. Phân loại ngoại lực:

Định nghĩa: Là ngoại lực tác dụng lên vật thể mà điểm đặt, phương, chiều, trị số đã biết trước.

+ Phân loại theo hình thức tác dụng:

- *Tải trọng tập trung*: Là những lực hoặc ngẫu lực tác dụng lên vật trên một diện tích rất nhỏ, coi như tác dụng tại một điểm.

- *Tải trọng phân bố*:

. *Tải trọng phân bố đường* (Hình 1-5):

Tải trọng tác dụng lên vật thể theo một đường.

$$Q = q \cdot l$$

Trong đó : Q : Là độ lớn của hệ lực phân bố

q : Lực đơn vị

l : độ dài của đoạn thẳng mà hệ lực phân bố

. *Tải trọng phân bố mặt* (Hình 1-6): Tải trọng tác dụng lên vật thể trên một mặt nào đó.

$$Q = q \cdot S$$

Trong đó : Q : Là độ lớn của hệ lực phân bố

q : Lực đơn vị

S : diện tích mà hệ lực phân bố

. *Tải trọng phân bố khối* (Hình 1-7):

Tải trọng tác dụng liên tục trên một khối.

$$Q = q \cdot V$$

Trong đó : Q : Là độ lớn của hệ lực phân bố

q : Lực đơn vị

V : thể tích mà hệ lực phân bố

Hình 1-8

+ Theo mức độ tác dụng:

- *Tải trọng tĩnh*: Là tải trọng tác dụng lên vật thể có trị số tăng dần từ 0 đến giá trị xác định rồi sau đó không thay đổi nữa. Tải trọng tĩnh thường gặp như: trọng lượng, và các phản lực

- *Tải trọng động*: Là tải trọng có trị số, phương, chiều hoặc điểm đặt liên tục thay đổi theo thời gian và làm cho vật thể chuyển động có gia tốc.

b. Phản lực liên kết

Định nghĩa: Phản lực liên kết là lực , mômen do vật gây liên kết gây ra để chống lại chuyển động hay xu hướng chuyển động của vật khảo sát.

**Một số liên kết phẳng thường sử dụng*:

- *Liên kết gối di động* : Đây là một loại liên kết đơn, trong mặt phẳng nó chỉ hạn chế một dịch chuyển thẳng. Các liên kết thực tế như ổ bi đỡ lòng cầu, ụ con lăn di động, v.v...

Khi sơ đồ hoá đều đưa về dạng gối này. Gối c ó một thành phần phản lực liên kết Y

Hình 1-9. Liên kết gối di động

- Liên kết gối cố định: Là loại liên kết hạn chế hai dịch chuyển thẳng (trong không gian hai chiều) và 3 dịch chuyển thẳng (trong không gian ba chiều). Ví dụ: như các ụ con lăn cố định dưới các nhịp cầu, các ổ bi đỡ chặn trong máy công cụ, v.v... Ký hiệu gối cố định chỉ ra trên hình 1-10. Gối có hai thành phần phản lực liên kết Y, Z

Hình 1-10. Liên kết gối cố định

- Liên kết ngàm: Là loại liên kết hạn chế hoàn toàn sáu bậc tự do của hệ. Ví dụ liên kết giữa chân cột và mặt đất, liên kết giữa các dầm đỡ hành lang với tường nhà, v.v... ký hiệu ngàm chỉ ra trên hình 1-11. Liên kết ngàm có ba thành phần phản lực liên kết Y, Z, M

Hình 1-11. Liên kết ngàm

c. Phân loại tải trọng.

Tải trọng được phân thành tải trọng tĩnh và tải trọng động.

+ Tải trọng tĩnh là tải trọng mà giá trị của nó tăng dần từ không đến một trị số xác định trong quá trình đó gia tốc chuyển động của các chất điểm là không đáng kể và có thể bỏ qua.

+ Tải trọng động là tải trọng tác dụng lên hệ làm cho các chất điểm của hệ chuyển động có gia tốc hoặc có xuất hiện lực quán tính.

- Tải trọng động mà trị số thay đổi rất nhanh trong một khoảng thời gian nhỏ được gọi là tải trọng va chạm.

- Tải trọng mà phương chiều, độ lớn đã biết còn điểm đặt. Thay đổi được gọi là tải trọng di động.

Ví dụ: Trọng lượng mô khi chạy tác dụng lên cầu.

- Tải trọng biến thiên tuần hoàn theo thời gian là tải trọng gây nên dao động.

4.2. Nội lực

- Nội lực là lực do chính bản thân vật sinh ra để chống lại biến dạng khi có ngoại lực tác dụng.

- Nội lực là phần tăng lên của lực liên kết phân tử của vật liệu khi có ngoại lực tác dụng.

- Không có ngoại lực tác dụng thì không có nội lực. Khi ngoại lực tăng thì nội lực cũng tăng theo nhưng nội lực chỉ tăng tới một giới hạn nhất định, nếu ngoại lực cứ tiếp tục tăng mà nội lực không tăng được nữa thì liên kết phân tử bị phá vỡ hay vật liệu bị phá hỏng.

4.3. Cách xác định nội lực (Phương pháp mặt cắt)

Xét thanh thẳng chịu tác dụng của hệ lực cân bằng như trên (hình 1-12a).

dụng phương pháp mặt cắt :

Hình 1-12.

- Tưởng tượng dùng một mặt phẳng (Q) vuông góc với trục thanh, cắt thanh làm hai phần. Giữ lại một phần bất kỳ để khảo sát (giả sử giữ lại phần trái)

- Xét cân bằng cho phần trái (hình 1-11b). Để phần trái cân bằng thì phải có lực sinh ra cân bằng với các lực tác dụng lên phần trái. Đó chính là nội lực sinh ra trên mặt cắt ngang của phần trái, ta hợp các nội lực đó được véc tơ hợp lực là .

- Phần khảo sát cân bằng dưới tác dụng của ngoại lực và nội lực

()

Lập hệ trục tọa độ Oxyz có gốc tọa độ O trùng với tâm mặt cắt ngang, các trục Ox, Oy nằm trong mặt phẳng chứa cắt ngang của thanh, trục Oz trùng với trục thanh.

Di chuyển bằng phương pháp dời lực song song về tâm O ta được một véc tơ lực và mômen

* Chiếu véc tơ lực và mômen lên hệ trục tọa độ Oxyz ta được 6 thành phần nội lực $N_z, Q_x, Q_y, M_x, M_y, M_z$ đó gọi là 6 thành phần nội lực trên toàn bộ mặt cắt ngang đang khảo sát, mỗi thành phần nội lực có một tên riêng

- Thành phần N_z gọi là Lực dọc có phương vuông góc với mặt cắt ngang

- Thành phần Q_x, Q_y gọi là lực cắt hay lực ngang có phương vuông góc với trục của thanh

- Thành phần M_z : Mômen xoắn quanh trục Oz
trái
- Thành phần M_x, M_y : Mômen uốn quanh trục Ox, Oy
trái

4.4. Ứng suất

4.4.1. Định nghĩa

Ứng suất là giá trị của nội lực sinh ra trên một đơn vị diện tích mặt cắt

* Nếu nội lực phân bố đều: ứng suất =

* Nếu nội lực phân bố không đều: Cần phải tìm được quy luật phân bố, xác định được vùng phát sinh lớn nhất sau đó xác định ứng suất lớn nhất trong mặt cắt để tính toán.

Hình 1-13. Ứng suất trên mặt cắt ngang

* Đơn vị của ứng suất: $N/m^2, kN/m^2, MN/m^2, \dots$

4.4.2. Phân loại ứng suất

Dựa vào 2 phương cơ bản của nội lực, ứng suất được phân thành hai thành phần là: ứng suất pháp và ứng suất tiếp

- Ứng suất pháp: Ký hiệu σ : Khi nội lực có phương vuông góc với mặt cắt ngang ta có ứng suất sinh ra trên mặt cắt ngang là ứng suất pháp

- Ứng suất tiếp: Ký hiệu τ : Khi nội lực có phương tiếp tuyến (trùng) với mặt cắt ngang ta có ứng suất sinh ra trên mặt cắt ngang là ứng suất tiếp

5. CÁC LOẠI BIẾN DẠNG CƠ BẢN

Ngoại lực tác dụng lên chi tiết với nhiều hình thức khác nhau thì các biến dạng cũng sẽ khác nhau. Trong kỹ thuật khảo sát 4 loại biến dạng cơ bản sau: Kéo- nén đúng tâm, cắt-dập, xoắn, uốn

- Kéo- nén đúng tâm: Nếu một thanh thẳng chịu tác dụng của các lực có phương trùng với trục thanh thì thanh đó chịu Kéo - Nén đúng tâm

- Cắt –Dập:

+ Cắt: Nếu tác dụng vào thanh hai lực song song, ngược chiều, cùng độ lớn và đặt ở hai mặt phẳng cắt sát gần nhau thì thanh sẽ xảy ra hiện tượng cắt.

+ Dập: Dập là hiện tượng nén cục bộ xảy ra trên một diện tích truyền lực tương đối nhỏ của hai chi tiết ép vào nhau.

- Xoắn: Nếu tác dụng vào thanh các ngẫu lực hay các mômen có chiều quay ngược nhau và có mặt phẳng tác dụng trùng với các mặt cắt ở trong thanh.
- Uốn: Nếu ngoại lực tác dụng là lực tập trung, lực phân bố, ngẫu lực... nằm trong mặt phẳng đối xứng chứa trục của thanh.

CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Các giả thuyết cơ bản về vật liệu, giả thuyết về tính liên tục, đồng chất và đẳng hướng, giả thuyết về vật liệu đàn hồi tuyệt đối, giả thuyết về tương quan giữa biến dạng và lực, nguyên lý độc lập tác dụng.?
2. Định nghĩa ngoại lực, nội lực, và ứng suất? Phân loại ứng suất?
3. Nêu phương pháp mặt cắt xác định nội lực ?
4. Các loại biến dạng cơ bản?

CHƯƠNG II: KÉO - NÉN ĐÚNG TÂM

Mã chương: CHII

Biến dạng kéo và nén chúng ta gặp rất nhiều trong thực tế đặc biệt là trong các chi tiết máy và các cấu kiện của công trình. Ví dụ: Dây cáp kéo vật, Ống khói của các nhà máy, các thanh trong kết cấu dàn... tất cả các chi tiết trên đều chịu kéo hoặc nén.

Mục tiêu

- + Trình bày được khái niệm thanh chịu kéo - nén đúng tâm
- + Phân tích được khái niệm lực dọc.
- + Vẽ được biểu đồ lực dọc, biểu đồ ứng suất trên mặt cắt ngang.
- + Tính được ứng suất và biến dạng trong thanh.
- + Áp dụng thành thạo ba bài toán cơ bản theo điều kiện bền.
- + Có ý thức trách nhiệm, chủ động học tập.

1. ĐỊNH NGHĨA

Mục tiêu

- Trình bày được khái niệm thanh chịu kéo - nén đúng tâm
- + Định nghĩa: *Khi một thanh thẳng chịu tác dụng của các lực có phương trùng với trục thanh thì thanh đó chịu Kéo - Nén đúng tâm.*

Ví dụ:

Kéo đúng tâm

Nén đúng tâm

Hình 2-1

- *Thanh chịu kéo đúng tâm:* Ngoại lực hướng từ trong thanh ra ngoài.
- *Thanh chịu nén đúng tâm:* Ngoại lực hướng từ ngoài vào trong thanh.

Thanh chịu nén đúng tâm là trường hợp ngược lại của thanh chịu kéo đúng tâm do đó trong quá trình nghiên cứu chúng ta chỉ nghiên cứu thanh chịu kéo đúng tâm còn thanh chịu nén thì ngược lại.

2. NỘI LỰC – BIỂU ĐỒ NỘI LỰC

Mục tiêu

- + Phân tích được khái niệm lực dọc.
- + Vẽ được biểu đồ lực dọc trên mặt cắt ngang.

2.1. Phương pháp mặt cắt xác định nội lực.

* Xét một thanh thẳng chịu kéo đúng tâm ở trạng thái cân bằng (Hình 2-2a). Xác định nội lực trong thanh ?

- Tưởng tượng dùng một mặt phẳng (Q) vuông góc với trục thanh cắt thanh làm hai phần, giữ lại phần A để khảo sát. Theo phương pháp mặt cắt thì phần A cân bằng dưới tác dụng của ngoại lực và nội lực. Gọi nội lực trên phần A là thì ta phải xác định (Hình 2-2b).

- Phần A cân bằng nên và là hai lực cân bằng: $(,)\sim 0$

Vậy dựa vào để xác định :

Kết luận:

- Nội lực trong thanh chịu kéo (nén) đúng tâm chỉ có một thành phần dọc theo trục thanh, ta gọi là lực dọc.

- Ký hiệu:

- Có
- + Phương: Trùng với trục của thanh.
 - + Chiều: Ngược chiều với ngoại lực tác dụng.
 - + Trị số: $N_z =$
 - + Điểm đặt: Tại tâm mặt cắt.

* *Quy ước dấu:*

- + Nội lực hướng từ trong mặt cắt ra thì mang dấu dương (thanh chịu kéo)
- + Nội lực hướng từ ngoài vào trong mặt cắt mang dấu âm (thanh chịu nén)

2.2. Biểu đồ nội lực.

2.2.1. Định nghĩa.

Biểu đồ nội lực là đồ thị biểu diễn sự biến thiên của nội lực dọc theo trục thanh.

2.2.2. Các bước vẽ biểu đồ nội lực.

- **Bước 1:** Xác định phản lực liên kết (nếu cần)
- **Bước 2:** Chia đoạn cho thanh, dựa trên cơ sở điểm đặt của lực tương ứng với một điểm, hai điểm liên tiếp là một đoạn.
- **Bước 3:** Xác định nội lực trong từng đoạn
 - + Dùng phương pháp mặt cắt, cắt thanh làm hai phần, giữ lại một phần để khảo sát
 - + Đặt nội lực vào mặt cắt (giả định nội lực dương và hướng ra ngoài mặt cắt)
 - + Viết phương trình cân bằng và giải các phương trình
- **Bước 4:** Vẽ biểu đồ nội lực.
 - + Kẻ đường thẳng song song với trục thanh gọi là đường không.
 - + Kẻ các đoạn thẳng song song với nhau và vuông góc với đường không
 - + Điền dấu, điền giá trị nội lực

* Ví dụ 2.1:

Cho thanh AC chịu tác dụng của các lực dọc trục $P_1=10 \text{ kN}$; $P_2= 30\text{kN}$.
Vẽ biểu đồ nội lực cho thanh AB ?

Bài làm

+ Xác định phản lực:

Phương trình cân bằng :

$$Z_A + P_1 - P_2 = 0$$

$$Z_A = P_2 - P_1 = 30 - 10 = 20 \text{ kN}$$

+ Chia đoạn cho thanh: Chia thanh làm 2 phần AB, BC

+ Xác định nội lực trên từng đoạn:

- Xét đoạn AB :Dùng mặt cắt (1-1), cắt thanh, làm hai phần, giữ lại phần trái để khảo sát

Ta có phương trình cân bằng

$$N_Z^{1-1} + Z_A = 0$$

$$N_Z^{1-1} = -Z_A = -20 \text{ KN}$$

Vậy đoạn AB chịu nén, nội lực mang dấu âm,

-Xét đoạn BC: Dùng mặt cắt (2-2), cắt thanh làm hai phần ,giữ lại phần phải để khảo sát

Ta có phương trình cân bằng

$$N_Z^{2-2} - P_1 = 0$$

$$N_Z^{2-2} = P_1 = 10 \text{ KN}$$

Vậy đoạn BC chịu kéo

+Vẽ biểu đồ nội lực.(Hình 2-4)

Nhận xét biểu đồ nội lực: Nhìn vào biểu đồ nội lực thấy đoạn AC là đoạn nguy hiểm nhất.

3. ỨNG SUẤT VÀ BIẾN DẠNG CỦA THANH

Mục tiêu

- + Vẽ được biểu đồ ứng suất trên mặt cắt ngang.
- + Tính được ứng suất và biến dạng trong thanh.

3.1. Ứng suất

3.1.1.Thí nghiệm

Xét thanh thẳng có tiết diện hình chữ nhật chịu kéo đúng tâm

- Trước khi cho thanh chịu kéo

+ Kẻ lên mặt ngoài của thanh các đoạn thẳng song song với trục thanh, các đoạn thẳng này đặc trưng cho các thớ dọc và kẻ các đoạn thẳng vuông góc với trục thanh, các đoạn thẳng này đặc trưng cho các mặt cắt ngang. Tạo thành một lưới ô vuông

Hình 2-5

- Sau khi cho thanh chịu kéo: Lưới ô vuông biến thành lưới chữ nhật

Hình 2-6

Làm nhiều lần thí nghiệm ta đều thu được kết quả như trên

- Nhận xét:

+ Các thớ dọc: Vẫn thẳng, vẫn song song với nhau và song song với trục thanh. Các thớ dọc bị giãn dài ra ,khoảng cách giữa chúng bị thu hẹp lại nhưng chúng vẫn có chiều dài bằng nhau điều này chứng tỏ các thớ dọc biến dạng giống nhau.

+ *Các mặt cắt ngang*: Khoảng cách giữa chúng tăng lên ,tiết diện mặt cắt bị thu hẹp lại nhưng các mặt cắt vẫn phẳng và vẫn vuông góc với trục thanh .Điều này chứng tỏ các mặt cắt ngang có biến dạng giống nhau

+ Chiều dài của thanh thay đổi một đoạn (: biến dạng dài tuyệt đối)

+ Tiết diện mặt cắt ngang co lại

+ Ta thấy: $\Delta F \ll \Delta l$, biến dạng ngang của thanh nhỏ hơn rất nhiều so với biến dạng dọc nên ta có thể bỏ qua biến dạng ngang.(Vì trong quá trình chịu lực biến dạng ngang ít ảnh hưởng đến quá trình làm việc của chi tiết)

- *Kết luận*:

+ Biến dạng trong thanh chịu kéo (nén) đúng tâm là biến dạng dài ,các phần tử vật liệu có biến dạng đều như nhau

3.1.2. Ứng suất

Xét một mặt cắt ngang của thanh. Nội lực có phương vuông góc với mặt cắt ngang nên ứng suất sinh ra trên mặt cắt ngang là ứng suất pháp.

Kí hiệu: hoặc

Biến dạng tại mọi điểm trên mặt cắt ngang là giống nhau nên nội lực sinh ra phân bố đều trên mặt cắt ngang .

Công thức tính ứng suất sinh ra trên mặt cắt ngang

$$(N/m^2, kN/m^2, \dots)$$

Trong đó: + : Ứng suất sinh ra trên mặt cắt ngang của thanh

+ N_z : Lực dọc (nội lực)

+ F : Diện tích mặt cắt ngang của thanh

3.2. Biến dạng

3.2.1. Biến dạng dài của thanh

Khi thanh chịu kéo (nén) đúng tâm thanh có thể bị co ngắn hoặc dẫn dài một lượng là , (biến dạng dài tuyệt đối)

Trong đó: + l : Chiều dài ban đầu của thanh

+ l_1 : Chiều dài thanh sau khi biến dạng

Dấu (+) nếu thanh chịu kéo; (-) nếu thanh chịu nén.

- Xét một đoạn thanh có chiều dài l , biến dạng của đoạn thanh là:

- Nếu trên thanh có n đoạn, mỗi đoạn có chiều dài là l_i , biến dạng của toàn thanh là:

Trong đó:

+ N_z : Nội lực (lực dọc)

+ F : Diện tích mặt cắt ngang

+ E : Môđun đàn hồi của vật liệu (tra bảng)

3.2.2. Định luật Húc

Trong giai đoạn đàn hồi, ứng suất pháp tỷ lệ với biến dạng dài tỷ đối

Trong đó:

+ : Biến dạng dài tỷ đối

+ EF: Độ cứng chống kéo (nén)

3.2.3. Định luật Poat xông

Biến dạng theo phương ngang tỷ lệ thuận với biến dạng dọc tỷ đối

Trong đó: + : Biến dạng theo phương ngang

+ : Hệ số poat xông ($0 < \mu < 0,5$)

3.2.4. Bài tập ứng dụng

Bài 1: Tính biến dạng dài tuyệt đối và ứng suất sinh ra trên mặt cắt ngang của thanh có chiều dài $l = 100\text{cm}$, chịu lực $P = 8\text{kN}$. Biết $F = 10\text{cm}^2$, $E = 2.10^4 \text{kN/cm}^2$

Giải

- Biến dạng dài tuyệt đối của thanh

Áp dụng công thức: (cm)

- Ứng suất sinh ra trên mặt cắt ngang của thanh

Có $N_z = P = 8 \text{ (KN)}$,

(KN/cm^2)

Bài 2: Thanh AD chịu tác dụng của các lực $P_1 = 30 \text{ kN}$, $P_2 = 50 \text{ kN}$, $P_3 = 60 \text{ kN}$. Biết $l_1 = 50 \text{ cm}$, $l_2 = 80 \text{ cm}$, $l_3 = 40 \text{ cm}$, $F = 8 \text{ cm}^2$, $E = 2.10^4 \text{ (kN/cm}^2)$.

Tính biến dạng dài tuyệt đối của thanh chịu lực ?

Bài làm

***Vẽ biểu đồ nội lực:**

+ Xác định phản lực liên kết :

Phương trình cân bằng :

$$P_A - P_1 + P_2 - P_3 =$$

$$P_A = P_1 - P_2 + P_3 = 30 - 50 + 60$$

$$P_A = 40 \text{ kN}$$

+ Chia đoạn cho thanh: Chia thanh làm 3 đoạn là : AC, CD ,DB

- Xét đoạnBD: Dùng mặt cắt(1-1), cắt thanh , giữ lại phần phải để khảo sát

Ta có phương trình cân bằng

$$N_Z^{1-1} - P_1 = 0$$

$$N_Z^{1-1} = P_1 = 30 \text{ kN}$$

Vậy đoạn DB chịu kéo, nội lực N_Z^{1-1} mang dấu dương

-Xét đoạn CD: Dùng mặt cắt(2-2), cắt thanh, giữ lại phần phải để khảo sát

Ta có phương trình cân bằng

$$N_Z^{3-3} + P_2 - P_1 = 0$$

$$N_Z^{3-3} = -P_2 + P_1 = -50 + 30$$

$$N_Z^{3-3} = -20 \text{ kN}$$

Vậy đoạn CD chịu nén, chiều N_Z^{2-2} có chiều ngược lại.

-Xét đoạn AC: Dùng mặt cắt(3-3), cắt thanh, giữ lại phần trái để khảo sát

Ta có phương trình cân bằng

$$N_Z^{3-3} - P_A = 0$$

$$N_Z^{3-3} = P_A = 40 \text{ kN}$$

Vậy đoạn AC chịu kéo, Nội lực N_Z^{3-3} mang dấu dương

Biểu đồ nội lực N_z (hình 2-9)

***Biến dạng dài tuyệt đối của thanh AB**

Áp dụng công thức:

Vì thanh có tiết diện không đổi nên $F = F_1 = F_2 = F_3$;

$$E = E_1 = E_2 = E_3 = 2.10^4 \text{ kN/cm}^2$$

4. ĐẶC TRƯNG CƠ HỌC CỦA VẬT LIỆU

Mục tiêu

- + Trình bày được thí nghiệm thử kéo vật liệu dẻo và thí nghiệm thử kéo vật liệu giòn
- + Phân tích được quá trình biến dạng của mẫu

4.1. Thí nghiệm kéo nén vật liệu dẻo.

Để tiến hành thí nghiệm trước tiên phải có các mẫu thí nghiệm theo tiêu chuẩn từng nước. Trên hình 2 - 10 những mẫu thử tròn và dẹt được dùng ở Việt Nam.

Phần thanh có chiều dài l_0 gọi là phần làm việc của mẫu. Thiết bị tạo lực kéo mẫu trong các mẫu thí nghiệm có thể là các thiết bị cơ khí hoặc thủy lực. Hình 2-10 d là sơ đồ nguyên lý của máy thí nghiệm có thiết bị thủy lực. Nhờ áp lực dầu trong trụ A tăng lên từ từ mà pít tong được nâng lên và tạo ra lực kéo trong mẫu B. Lực kéo mẫu B có thể được xác định bởi giá trị đo trên đồng hồ đo áp lực C.

Sau khi kẹp chặt mẫu vào máy người ta cho lực kéo mẫu tăng chậm chạp từ giá trị 0. Quá trình biến dạng của mẫu được máy vẽ thành biểu đồ ($\sigma - \epsilon$) trên hình 2-11. Ta thấy chiều dài mẫu tăng dần, chiều ngang mẫu hẹp dần cho đến khi lực kéo P đạt cực đại P_0 thì có một chỗ nào đó trên mẫu bị thắt hẳn lại (ứng với điểm D). Sau đó thanh tiếp tục bị dãn dài trong khi lực kéo giảm dần và đến một giá trị P_d nào đó (ứng với điểm M). Thì mẫu bị đứt tại chỗ thắt.

Quan hệ đối với thép CT3 của Nga có biểu đồ lực kéo như trên hình 2-11 với các điểm đặc trưng A, B, C, D, M. Biến dạng kéo của vật liệu gồm 3 giai đoạn chính sau:

** Giai đoạn 1:*

Vật liệu có tính đàn hồi tuyệt đối, quan hệ là quan hệ tuyến tính được biểu diễn bởi đoạn thẳng OA:

$$(2-1)$$

Giai đoạn này gọi là giai đoạn tỷ lệ, quan hệ (2-1) được gọi là định luật Húc khi kéo, E là mô đun đàn hồi dọc của vật liệu. Gọi P_{H} là giá trị lớn nhất của lực kéo trong giai đoạn này và F_0 là diện tích mặt cắt ngang ban đầu của mẫu thử, ta có

Ứng suất là giới hạn tỷ lệ (đối với thép CT3)

Độ dốc của đoạn OA xác định bằng mô đun đàn hồi E

Kể từ trên điểm A biểu đồ không còn quan hệ tuyến tính nữa mà từ đó định luật Húc mất hiệu lực. Ở rất gần điểm A trên đoạn cung này của biểu đồ có một điểm B, ứng suất ứng với điểm B ký hiệu và được gọi là giới hạn đàn hồi. Trong các tiêu chuẩn kỹ thuật được xác định khi mà các biến dạng dư của mẫu thử đạt được 0,05% và viết

** Giai đoạn 2:*

Biến dạng đồng biến với lực chút ít rồi tăng rõ rệt trong khi lực không tăng được nữa (đoạn nằm ngang kể từ C). Ta gọi giai đoạn này là giai đoạn chảy dẻo. Lực kéo ứng với giai đoạn này được ký hiệu

Ứng suất :

- gọi là giới hạn chảy (đối với thép CT3)

Trong giai đoạn chảy, nếu quan sát mặt mẫu làm bằng thép ít các bon được mài nhẵn, ta thấy những vết gợn nghiêng trên trục thanh một góc 45° . Đó chính là những vết gây ra do sự trượt giữa các tinh thể vật liệu do ứng suất tiếp cực đại gây ra. Những vết trượt này gọi là đường Liuder-Trenov.

** Giai đoạn 3:*

Sau khi kết thúc giai đoạn chảy dẻo, trong vật liệu lại xuất hiện khả năng “tự củng cố”. Cụ thể là biến dạng chỉ tăng nếu lực kéo mẫu tăng. Biểu đồ trong giai đoạn này là một đường cong trơn.

Ứng suất ứng với điểm D cao nhất trong giai đoạn này là giới hạn bền :

đối với thép CT3

Sau khi đạt giới hạn bền thì có một chỗ trong mẫu thử bị thắt lại và từ đó biến dạng tiếp tục tăng nghịch biến với lực cho đến khi mẫu bị đứt ứng với điểm M.

4.2. Thí nghiệm kéo vật liệu dòn

a. Biểu đồ

Vật liệu dòn chịu kéo rất kém nên bị phá hỏng đột ngột ngay khi độ giãn còn rất nhỏ. Nhìn biểu đồ đường 4 hình 2-12

Ta thấy không có giai đoạn tỷ lệ và giai đoạn chảy dẻo, biểu đồ là một dạng đường cong ngay khi ứng suất còn rất nhỏ. Tuy vậy trong giới hạn làm việc, thông thường đối vật liệu dòn vẫn có thể áp dụng định luật Húc, với vật liệu dòn ta chỉ có giới hạn bền:

Nếu đem so sánh với vật liệu dẻo thì giới hạn này rất nhỏ

Khi bị nén vật liệu cũng bị phá hủy ngay khi biến dạng còn bé, nhưng giới hạn bền còn có trị số lớn hơn nhiều so với khi kéo.

b. Biểu đồ

Trên hình 2-13 cho ta tương quan giữa lực tác dụng P và biến dạng l khi kéo vật liệu dòn. Trị số lực kéo ứng với lúc bị phá hủy (điểm A) gọi là P_B các loại vật liệu dòn bị phá hủy đột ngột biến dạng

còn rất nhỏ, chứng tỏ khả năng chịu kéo của vật liệu dòn là rất kém. Dạng của đường cong tùy thuộc vào bản chất của vật liệu thí nghiệm. Những loại vật liệu dòn như gang xám, thép có tỷ lệ các bon cao, đá, thủy tinh, v.v... khi bị phá hủy biến dạng của chúng thường không vượt quá 2.5%, trong trường hợp đó biểu đồ thường được thay bằng đường thẳng (đường

nét đứt trên hình 2-13).

5. TÍNH TOÁN VỀ KÉO – NÉN ĐÚNG TÂM

Mục tiêu

- + Trình bày được khái niệm ứng suất nguy hiểm, ứng suất cho phép và hệ số an toàn
- + Xác định được điều kiện bền
- + Áp dụng tính toán được ba bài toán cơ bản theo điều kiện bền

5.1. Khái niệm về ứng suất cho phép và hệ số an toàn.

5.1.1. Ứng suất nguy hiểm và ứng suất cho phép

- **Ứng suất nguy hiểm:** là giá trị ứng suất nhỏ nhất mà tương ứng với nó vật liệu xem như bị phá hỏng, ký hiệu là:

- **Ứng suất cho phép:** là giá trị ứng suất lớn nhất mà tương ứng với nó vật liệu còn làm việc được. Nếu vượt quá giá trị đó vật liệu xem như bị phá hỏng.

Ký hiệu là:

: Ứng suất pháp cho phép

: Ứng suất tiếp cho phép

* Giá trị của ứng suất cho phép được tra bảng trong sổ tay kỹ thuật .

5.1.2. Hệ số an toàn : $n > 1$

Hệ số an toàn là hệ số dự trữ bền tùy theo điều kiện làm việc của chi tiết , nó phụ thuộc vào các yếu tố sau:

- Vật liệu
- Điều kiện làm việc và thời gian làm việc
- Trình độ công nghệ
- Mức độ quan trọng của chi tiết....

Từ các yếu tố ảnh hưởng trên người ta tổng hợp được hệ số an toàn n

Trong đó: n - là hệ số an toàn

5.2. Điều kiện bền và các bài toán cơ bản

5.2.1. Điều kiện bền

Điều kiện cần và đủ để thanh chịu kéo nén đúng tâm đảm bảo độ bền là ứng suất sinh ra trên mặt cắt ngang của thanh phải nhỏ hơn hoặc bằng ứng suất cho phép.

5.2.2. Các bài toán cơ bản

5.2.2.1. Kiểm tra độ bền

Từ điều kiện bền ta có công thức kiểm tra độ bền:

Thanh đảm bảo độ bền

* **Các bước giải bài toán**

- Bước 1: Vẽ biểu đồ nội lực((với thanh có tiết diện thay đổi thì phải vẽ biểu đồ ứng suất))
- Bước 2: Xác định điểm nguy hiểm(điểm có ứng suất lớn nhất trong thanh). Tính ứng suất sinh ra tại điểm nguy hiểm
- Bước 3: Áp dụng điều kiện bền để kiểm tra độ bền
 - + Nếu : Thanh đủ bền
 - + Nếu : Thanh không đủ bền

Bài 1: Cho thanh AB chịu kéo đúng tâm (hình vẽ). Diện tích mặt cắt ngang: $F=20(\text{cm}^2)$, $P=120\text{KN}$, $\sigma = 10(\text{KN}/\text{cm}^2)$.

Kiểm tra độ bền cho thanh ?

Bài làm

- Dùng mặt cắt (1-1) cắt thanh làm 2 phần , giữ lại phần phải để khảo sát, Ta có phương trình cân bằng

$$N_z = P = 120(\text{KN})$$

- Ứng suất sinh ra trên mặt cắt (1-1) của thanh là

Áp dụng điều kiện bền ta thấy :

Kết luận : Thanh đảm bảo độ bền

Bài 2: Cho thanh AC có tiết diện tròn đường kính $d = 2 \text{ cm}$, chịu tác dụng của các lực dọc trục $P_1 = 10 \text{ kN}$, $P_2 = 30 \text{ kN}$. (Hình 2-15)

a, Vẽ biểu đồ nội lực cho thanh AB ?

b, Kiểm tra độ bền cho thanh AC ? Biết $\sigma_{\text{b}} = 10 \text{ kN/cm}^2$

Bài làm

a, *Biểu đồ nội lực của thanh AC:* (Hình 2-16)

b, Kiểm tra độ bền cho thanh AC

Nhìn vào biểu đồ nội lực ta thấy đoạn AB là nguy hiểm nhất. Vậy ta chỉ cần kiểm tra độ bền cho đoạn AB. Nếu đoạn AB đảm bảo độ bền thì thanh AC đảm bảo độ bền

Áp dụng công thức kiểm tra độ bền :

- Nội lực $N_z = 20 \text{ KN}$

- Diện tích mặt cắt ngang :

Ứng suất sinh ra trên mặt cắt ngang của đoạn AB là

So sánh ta thấy

Kết luận : Thanh AC đủ bền.

Bài tập 3 : Cho thanh thẳng AD, tiết diện tròn đường kính $d = 2\text{cm}$, chịu tác dụng của lực dọc trục $P_1 = 30\text{kN}$, $P_2 = 50\text{kN}$, $P_3 = 60\text{kN}$.

- Vẽ biểu đồ nội lực cho thanh AD?

- Kiểm tra độ bền của thanh ? Biết $\sigma_{\text{cho}} = 10 \text{ KN/cm}^2$

Bài làm

a. Vẽ biểu đồ nội lực

Hình 2 - 18

b. Kiểm tra độ bền

Nhìn vào biểu đồ ta thấy nội lực trên đoạn AC là lớn nhất, do đó AC là đoạn nguy hiểm nhất. Nên ta chỉ

cần kiểm tra bền cho đoạn AC. Nếu đoạn AC đảm bảo độ bền thì thanh cũng đảm bảo độ bền.

Điều kiện bền :

Tacó: +

+ Diện tích mặt cắt ngang của thanh là :

$$F = 3,14 \text{ (cm}^2\text{)}$$

Ứng suất sinh ra trên mặt cắt ngang của đoạn AC :

So sánh ta thấy :

Kết luận : Thanh không đủ độ bền

Bài tập 4 : Thanh AE có tiết diện tròn có các đường kính tương ứng là $d_1 = 6\text{cm}$, $d_2 = 4\text{cm}$, $d_3 = 8\text{cm}$ (hình 2-19), thanh chịu tác dụng của các lực dọc trục $P_1 = 100\text{ KN}$, $P_2 = 60\text{ KN}$, $P_3 = 140\text{ KN}$.

- Vẽ biểu đồ nội lực cho thanh AE ?
- Vẽ biểu đồ ứng suất cho thanh AE?
- Tính bền cho thanh AE ? Biết $\sigma_{k,n} = 10\text{ KN/cm}^2$

a. Vẽ biểu đồ nội lực:

+ **Bước 1**: Xác định phản lực liên kết :

Phương trình cân bằng :

$$P_A - P_1 + P_2 - P_3 = 0$$

$$P_A = P_1 - P_2 + P_3 = 100 - 60 + 140$$

$$P_A = 180\text{ kN}$$

+ **Bước 2**: Chia đoạn cho thanh: Chia thanh làm 3 đoạn là : AB, BD, DE

+ **Bước 3**: Xác định nội lực cho từng đoạn

- Xét đoạn DE: Dùng mặt cắt (1-1), cắt thanh, giữ lại phần trái để khảo sát

Ta có phương trình cân bằng

$$N_Z^{1-1} - P_1 = 0$$

$$N_Z^{1-1} = P_1 = 100\text{ kN}$$

Vậy đoạn DE chịu kéo, chiều N_Z^{1-1}

có chiều như hình vẽ

- Xét đoạn BD: Dùng mặt cắt (2-2), cắt thanh, giữ lại phần phải để khảo sát

Ta có phương trình cân bằng

$$N_Z^{3-3} + P_2 - P_1 = 0$$

$$N_Z^{3-3} = -P_2 + P_1 = -60 + 100 = 40 \text{ kN}$$

Vậy đoạn BD chịu nén, chiều N_Z^{2-2} có chiều như hình vẽ.

- Xét đoạn AB: Dùng mặt cắt (3-3), cắt thanh, giữ lại phần phải để khảo sát

Ta có phương trình cân bằng

$$N_Z^{3-3} - P_A = 0$$

$$N_Z^{3-3} = P_A = 180 \text{ kN}$$

Vậy đoạn AB chịu kéo, nội lực N_Z^{3-3} mang dấu dương, có chiều hình vẽ

+ **Bước 4:** Vẽ biểu đồ nội lực N_z

(hình 2-20)

* Trong bài toán này tính toán cho thanh có tiết diện thay đổi. Vì vậy không thể dựa vào biểu đồ nội lực để xác định điểm nguy hiểm. Như chúng ta đã biết điểm nguy hiểm là điểm có giá trị ứng suất lớn nhất, do đó để tìm được điểm nguy hiểm cần phải vẽ biểu đồ ứng suất.

b. Vẽ biểu đồ ứng suất:

Diện tích mặt cắt ngang của các đoạn AB, BC, CE tương ứng là:

+ Ứng suất sinh ra trên mặt cắt của đoạn DE là:

+ Ứng suất sinh ra trên mặt cắt của đoạn CD là:

+ Ứng suất sinh ra trên mặt cắt của đoạn BC là:

+ Ứng suất sinh ra trên mặt cắt của đoạn AB là:

Biểu đồ ứng suất: σ_z (Hình 2-20)

* **Nhận xét biểu đồ ứng suất:** Nhìn vào biểu đồ ứng suất ta thấy đoạn BC nguy hiểm nhất.

c. Kiểm tra độ bền cho thanh AE:

Nhìn vào biểu đồ ta thấy ứng suất sinh ra trên mặt cắt ngang của đoạn BC là lớn nhất, do đó đoạn BC là đoạn nguy hiểm nhất. Nên ta chỉ cần kiểm tra bền cho đoạn BC. Nếu đoạn BC đảm bảo độ bền thì thanh cũng đảm bảo độ bền.

* Áp dụng điều kiện bền :

Ta có:

So sánh ta thấy :

* *Kết luận* : Thanh AE không đủ độ bền

5.2.2.2. Xác định kích thước mặt cắt ngang hợp lý

Nội dung: Cho lực tác dụng và ứng suất cho phép. Xác định kích thước mặt cắt hợp lý sao cho thanh đảm bảo độ đủ bền ?

Từ điều kiện bền ta có

=

: là diện tích mặt cắt cho phép

* *Các bước giải bài toán*

- Bước 1: Vẽ biểu đồ nội lực

- Bước 2: Xác định ứng suất lớn nhất trong thanh

- Bước 3: Xác định diện tích mặt cắt từ điều kiện bền

* *Chú ý* : Chọn một kích thước F hợp lý trong khoảng :

Bài 5: Cho thanh thẳng AD, tiết diện tròn đường kính d, chịu tác dụng của lực dọc trục $P_1=30$ KN, $P_2=50$ KN, $P_3=60$ KN. Biết $k_{k,n} = 10$ KN/cm² (hình vẽ). Xác định đường kính hợp lý cho thanh ?

Bài làm

Ta thấy đoạn AC là nguy hiểm nhất vậy ta phải xác định đường kính hợp lý cho thanh ở vị trí AC (Nếu cần ta cũng phải tính đường kính hợp lý cho đoạn CB và DB)

Ta có:

Từ điều kiện bền ta có

Diện tích mặt cắt ngang của thanh là

,

Mà có

Chọn đường kính $d = 2,3$ (cm)

5.2.2.3. Xác định lực tác dụng hợp lý

Nội dung: Cho kích thước mặt cắt ngang, ứng suất cho phép, phương, chiều, điểm đặt của tải trọng nhưng chưa biết trị số. Yêu cầu xác định trị số của tải trọng sao cho thanh đủ bền.

Từ điều kiện bền ta có :

* *Các bước giải bài toán*

- Bước 1: Vẽ biểu đồ nội lực

- Bước 2: Xác định tải trọng từ điều kiện bền

* Tải trọng tác dụng hợp lý chọn trong khoảng :

Bài 6: Cho thanh AB có diện tích mặt cắt ngang $F=8\text{cm}^2$, $\sigma_{\text{b}}=10(\text{KN}/\text{cm}^2)$.

Xác định lực tác dụng hợp lý để thanh đủ bền ?

Bài làm

Từ điều kiện bền ta có

* Tải trọng tác dụng hợp lý chọn trong khoảng :

Vậy chọn $P = 78 \text{ KN}$

CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Nêu các định nghĩa thanh chịu kéo - nén đúng tâm, quy ước dấu nội lực N_z trong thanh chịu kéo - nén đúng tâm ?
2. Trình bày phương pháp vẽ biểu đồ nội lực trong thanh chịu kéo - nén đúng tâm ?
3. Nêu các định nghĩa, viết biểu thức tính ứng suất sinh ra trên mặt cắt ngang của thanh chịu kéo - nén đúng tâm ?
4. Biểu thức tính biến dạng dài của thanh, các định luật Húc, định luật Poat-xông
5. Viết biểu thức tính biến dạng dài của thanh AB ?
6. Viết điều kiện bền và công thức kiểm tra độ bền cho thanh chịu kéo - nén đúng tâm ?

BÀI TẬP

Bài 1: Cho thanh AB có tiết diện tròn đường kính $D = 4\text{cm}$ chịu tác dụng của các lực dọc trục $P_1 = 40\text{KN}$; $P_2 = 70\text{KN}$; $P_3 = 50\text{KN}$.

- a) Vẽ biểu đồ nội lực cho thanh AB ?
- b) Kiểm tra bền cho thanh AB ? Biết

- Bài 2:** Trục AB có đường kính không đổi $d = 4 \text{ cm}$, chịu lực như hình vẽ
Biết : $F_1 = 60 \text{ kN}$, $F_2 = 40 \text{ kN}$ $F_3 = 50 \text{ kN}$, $E = 2.10^4 \text{ kN/cm}^2$
- Vẽ biểu đồ nội lực cho thanh ?
 - Tính biến dạng dài tuyệt đối cho trục AB?
 - Kiểm tra điều kiện bền cho thanh ? Biết $[\sigma]_{k,n} = 10 \text{ kN/cm}^2$

- Bài 3:** Trục AD có đường kính không đổi $d_1 = 4 \text{ cm}$, $d_2 = 6 \text{ cm}$ chịu lực như hình 2-22. Biết : $F_1 = 100 \text{ kN}$; $F_2 = 80 \text{ kN}$; $F_3 = 40 \text{ kN}$
- Vẽ biểu đồ nội lực cho thanh ?
 - Vẽ biểu đồ ứng suất cho thanh ?
 - Kiểm tra điều kiện bền cho thanh ? Biết $[\sigma]_{k,n} = 10 \text{ kN/cm}^2$

CHƯƠNG III: CẮT VÀ DẬP

Mã chương: CHI

Giới thiệu:

Mục tiêu:

- + Trình bày được khái niệm về cắt, dập.
- + Giải được ba bài toán cơ bản của sức bền về cắt và dập theo điều kiện bền.
- + Có ý thức trách nhiệm, chủ động học tập.

1. HIỆN TƯỢNG CẮT

Mục tiêu:

- + Trình bày được khái niệm về cắt.
- + Giải được ba bài toán cơ bản của sức bền về cắt theo điều kiện bền.

1.1. Định nghĩa về cắt, nội lực, ứng suất và biến dạng cắt.

1.1.1. Định nghĩa về cắt

Khi tác dụng vào thanh hai lực song song, ngược chiều, cùng độ lớn và đặt ở hai mặt phẳng cắt sát gần nhau thì thanh sẽ xảy ra hiện tượng cắt.

1.1.2. Nội lực: Q_x, Q_y

Dùng phương pháp mặt cắt ta tưởng tượng cắt thanh làm hai phần. Giữ lại phần I để khảo sát. Phần trái sẽ cân bằng dưới tác dụng của ngoại lực và nội lực sinh ra trên mặt cắt ngang thuộc phần trái. Nội lực này là Q_x hoặc Q_y có :

Kí hiệu: Q_x hoặc Q_y có

- Phương: Tiếp tuyến với mặt cắt
- Chiều: Ngược chiều ngoại lực tác dụng
- Điểm đặt: Thuộc mặt cắt
- Trị số: $Q = P$

1.1.3. Biến dạng

Xét một thanh thẳng có tiết diện hình chữ nhật chịu tác dụng của hai lực P song song, ngược chiều, cùng trị số và nằm trong hai mặt cắt sát gần nhau qua AB, CD .

- Trước khi cho thanh chịu cắt :

Kẻ lên mặt ngoài của thanh các đoạn thẳng song

song với trục thanh, các đoạn thẳng này đặc trưng cho các thớ dọc và kẻ các đoạn thẳng vuông góc với trục thanh, các đoạn thẳng này đặc trưng cho các mặt cắt ngang và đặt ở hai mặt phẳng cắt sát gần nhau.

- Sau khi cho thanh chịu cắt : Biến dạng chỉ xảy ra ở phần vật liệu được giới hạn bởi hai mặt phẳng cắt chứa các lực cắt (hình 3-3)

Nhận xét:

- Mặt cắt chứa lực tĩnh không xảy ra biến dạng

- Mặt cắt chứa lực động có xảy ra biến dạng : Bị dịch chuyển thành mặt cắt chứa $B'C'$.

- Qua nhiều lần làm thí nghiệm người ta đã xác định được rằng

$BB' = CC' = \Delta S$, kích thước mặt cắt ngang

không thay đổi, các mặt cắt ngang vẫn phẳng và vẫn song song với nhau. Điều này chứng tỏ biến dạng của các phần tử vật liệu trong cùng một mặt cắt là giống nhau.

- Các thớ dọc bị trượt so với phương ban đầu một góc γ , nhưng vẫn song song với nhau

γ : gọi là góc trượt của các thớ dọc

Từ hình vẽ ta có :

Kết luận : Biến dạng trong thanh chịu cắt là biến dạng trượt của vật liệu .

1.1.4. Ứng suất

- Nội lực phân bố đều và có phương tiếp tuyến với mặt cắt nên ứng suất cũng có phương tiếp tuyến với mặt cắt hay ứng suất trong thanh chịu cắt là ứng suất tiếp, ký hiệu là

Đơn vị : $N/m^2, kN/cm^2 \dots$

1.2. Định luật Hooke về cắt.

Trong giai đoạn đàn hồi, ứng suất tiếp tỷ lệ với biến dạng góc của vật liệu.

Trong đó:

γ : Biến dạng góc

G : Mô đun đàn hồi trượt

Thép: $G = 8.10^6 \text{N/cm}^2$

1.3. Tính toán cho cắt

1.3.1. Điều kiện bền

Thanh chịu cắt thỏa mãn điều kiện bền khi ứng suất lớn nhất phát sinh trong thanh phải nhỏ hơn ứng suất cho phép.

1.3.2. Các bài toán cơ bản

a. Kiểm tra độ bền

Từ điều kiện bền ta có công thức kiểm tra độ bền:

Trong thực tế thường gặp trường hợp chịu lực theo phương trục Oy, rất ít trường hợp chịu lực theo phương trục Ox.

+ Trường hợp lực tác dụng theo phương trục Oy

Đảm bảo độ bền

+ Trường hợp lực tác dụng theo phương trục Ox

Đảm bảo độ bền

Ví dụ 1 : Cho thanh AB tiết diện tròn có đường kính $d = 4\text{cm}$. Thanh chịu tác dụng của lực $P = 120\text{KN}$.

Kiểm tra độ bền cho thanh AB: Biết

Bài làm

Dùng mặt cắt ngang cắt thanh làm 2 phần, giữ lại một phần phải để khảo sát Ta có phương trình cân bằng

$$Q_y = P = 120(\text{KN})$$

+ Diện tích mặt cắt ngang của thanh là:

- Ứng suất sinh ra trên mặt cắt ngang của thanh là

Điều kiện bền :

So sánh ta thấy :

Kết luận : Thanh không đảm bảo độ bền

b. Xác định kích thước mặt cắt ngang hợp lý

Từ điều kiện bền ta có

* Mặt cắt hợp lý chọn trong khoảng :

Ví dụ 2: Cho thanh AB tiết diện tròn có đường kính d . Thanh chịu tác dụng của lực $P = 120\text{KN}$. Xác định đường kính hợp lý cho thanh AB. Biết

Bài làm

Từ điều kiện bền ta có

Mà diện tích mặt cắt ngang là :

Ta có :

Đường kính hợp lý chọn trong khoảng :

Chọn $d = 4.5 \text{ cm}$

c. Xác định lực tác dụng hợp lý

Từ điều kiện bền ta có

* Tải trọng tác dụng hợp lý chọn trong khoảng :

Ví dụ 3: Cho thanh AB tiết diện tròn có đường kính d . Thanh chịu tác dụng của lực $P = 120\text{KN}$.Xác định đường kính hợp lý cho thanh AB. Biết

Bài làm

Từ điều kiện bền ta có

+ Diện tích mặt cắt ngang của thanh là:

*Tải trọng tác dụng hợp lý chọn trong khoảng:

Chọn $P = 98 \text{ KN}$

2. HIỆN TƯỢNG DẬP

Mục tiêu:

+Trình bày được khái niệm về dập.

+ Giải được ba bài toán cơ bản của sức bền về dập theo điều kiện bền.

2.1. Định nghĩa

Dập là hiện tượng nén cục bộ xảy ra trên một diện tích truyền lực tương đối nhỏ của hai chi tiết ép vào nhau.

Ví dụ: Đinh tán trong mối nối chịu cắt, thành lỗ của tấm ghép ép vào thân đinh gây hiện tượng dập, đồng thời thân đinh cũng bị cắt ngang,

2.2. Nội lực:

Nội lực sinh ra trên mặt cắt chịu dập

Ký hiệu : P_d có phương vuông góc với mặt cắt chịu đập

2.3. Biến dạng

Xét thanh thẳng chịu đập (hình 3-7a)

Sau khi tác dụng vào thanh hệ lực phân bố P_d (hình 3-7b)

Nhận xét :

- Biến dạng chỉ xảy ra ở phần chịu lực - Khoảng cách giữa các thớ dọc trong diện tích chịu đập bị thu hẹp lại (bị nén)

Kết luận : Biến dạng trong thanh chịu đập là biến dạng nén của vật liệu

2.4. Ứng suất

Nội lực có phương vuông góc với mặt cắt chịu đập, nên

Ứng suất sinh ra trên mặt cắt chịu đập là ứng suất pháp

Ký hiệu :

(N/m^2 , kN/cm^2 ...)

2.5. Tính toán cho thanh chịu đập

2.5.1. Điều kiện bền

Thanh chịu cắt thỏa mãn điều kiện bền khi ứng suất lớn nhất phát sinh trong thanh phải nhỏ hơn ứng suất cho phép.

2.5.2. Các bài toán cơ bản

a. Kiểm tra độ bền

Công thức kiểm tra độ bền :

Đảm bảo độ bền

b. Xác định kích thước mặt cắt ngang hợp lý

Từ điều kiện bền ta có

c. Xác định lực tác dụng hợp lý

Từ điều kiện bền ta có

Bài tập 1:

Mỗi ghép đinh tán gồm có 8 đinh, đường kính thân đinh $d = 0,8\text{cm}$ chịu tác dụng lực $P = 30\text{kN}$ (Hình 3-12), Có chiều dày các tấm $t_1 = 3\text{cm}$, $t_2 = 4\text{cm}$.

Kiểm tra độ bền cắt, đập cho đinh tán ?

Biết: $\sigma = 8\text{ kN/cm}^2$.

Bài làm

* Kiểm tra độ bền cắt

- Áp dụng công thức kiểm tra độ bền của thanh chịu cắt
- Ứng suất sinh ra trên diện tích mặt cắt của 8 đinh tán là:
- Biết $P_C = 40\text{KN}$
- Diện tích mặt cắt của một đinh tán
- Diện tích mặt cắt 8 đinh tán
 $F_C = 8.F_1 = 8.0,5 = 4 \text{ (cm}^2\text{)}$
- So sánh với ứng suất cho phép, ta thấy:

Đinh tán đảm bảo độ bền cắt.

* Kiểm tra độ bền Dập

Áp dụng điều kiện bền của thanh chịu dập

Có: $P_d = 40\text{KN}$

Diện tích bề mặt chịu dập của 8 đinh tán

$$F_d = n \cdot d = 8 \cdot 3 \cdot 0,8 = 19,2 \text{ (cm}^2\text{)}$$

Vậy ứng suất sinh ra trên bề mặt chịu dập của 8 đinh tán

So sánh với ứng suất cho phép ta có:

Vậy đinh tán đảm bảo độ bền dập.

+ **Kết luận:** Đinh tán đảm bảo độ bền

CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Định nghĩa thanh chịu cắt ?
2. Viết các biểu thức của các bài toán tính toán cho thanh chịu cắt?
3. Định nghĩa thanh chịu dập ?
4. Viết các biểu thức của các bài toán tính toán cho thanh chịu dập?

BÀI TẬP

Bài 1: Mỗi ghép đinh tán gồm có $n = 8$ đinh, đường kính thân đinh $d = 0,8\text{cm}$, chịu tác dụng lực ngang $P = 60\text{kN}$, biết $\sigma = 8\text{kN/cm}^2$.

. Có chiều dày các tấm ghép là $t_1 = 2\text{cm}$, $t_2 = 3\text{cm}$

Kiểm tra độ bền cắt và độ bền dập cho đinh tán ?

Bài 2: Mỗi ghép đỉnh tán gồm có $n = 4$ đỉnh, có đường kính thân đỉnh là d , chịu tác dụng lực ngang $P = 80\text{KN}$, biết $\sigma = 10\text{kN/cm}^2$. Có chiều dày các tấm ghép là $t_1 = 2\text{cm}$, $t_2 = 3\text{cm}$

Tính đường kính hợp lý cho đỉnh khi chịu cắt và đập?

CHƯƠNG IV:

ĐẶC TRƯNG HÌNH HỌC CỦA MẶT CẮT

Mã chương: CHIV

Các đặc trưng hình học xác định cho các mặt cắt ngang của thanh chịu lực, nó được xác định cho từng mặt cắt cụ thể tương ứng với hình dạng của mặt cắt. Các đặc trưng hình học này được sử dụng để tính toán cho thanh chịu uốn, xoắn và thanh chịu lực phức tạp.

Mục tiêu:

- + Trình bày được khái niệm về momen tĩnh và các momen quán tính.
- + Xác định được trọng tâm của hình phẳng.
- + Vẽ được hệ trục quán tính chính trung tâm.
- + Tính được momen quán tính chính trung tâm.
- + Có ý thức trách nhiệm, chủ động học tập.

1. MÔ MEN TĨNH

Mục tiêu:

- + Trình bày được khái niệm về mômen tĩnh
- + Viết được công thức xác định tọa độ trọng tâm
- + Xác định được tọa độ trọng tâm

Xét một mặt cắt có diện tích F và hệ trục xoy ta lấy xung quanh điểm $M(x, y)$ một phần tử có diện tích dF

1.1. Định nghĩa : Ký hiệu S_x ; S_y

Mômen tĩnh của mặt cắt F lấy đối với trục O_x, O_y được định nghĩa bằng biểu thức sau:

Mômen tĩnh của mặt cắt F lấy đối với trục O_x

(chiều dài)³

Mômen tĩnh của mặt cắt F lấy đối với trục O_y

(chiều dài)³

Trị số của mômen tĩnh có thể (+); (-) hoặc không

Nếu mômen tĩnh của mặt cắt F lấy đối với một trục nào đó bằng không thì trục trung tâm gọi là trọng tâm của mặt cắt.

1.2. Công thức xác định tọa độ trọng tâm

- Giả sử xoy là hệ trục trung tâm thì khi đó:

$$+ S_x = S_y = 0 ; X_c = a, Y_c = b$$

$$\rightarrow S_x = Y_c \cdot F ; S_y = X_c \cdot F$$

Công thức xác định trọng tâm

b. Tọa độ trọng tâm $C (x_c, y_c)$ của hình phẳng phức tạp (gép bởi nhiều hình đơn giản)

Trong đó : (x_{Ci}, y_{Ci}) : Là tọa độ trọng tâm của hình phẳng thứ i

F_i : Diện tích của hình thứ i

Ví dụ 4-1 : Xác định tọa độ trọng tâm

của tấm phẳng (Hình 4 -3)

- Đặt hệ trục tọa độ Oxy vào tấm phẳng
- Gọi $C(x_c, y_c)$ là trọng tâm của cả tấm phẳng
- Chia hình phẳng làm 2 phần : 1, 2
- Tọa độ trọng tâm của các tấm phẳng tương

ứng là : $C_1(x_1, y_1)$; $C_2(x_2, y_2)$

$$x_1 = 2m ; y_1 = 3m ; x_2 = 5m, y_2 = 2m$$

Diện tích các tấm phẳng tương ứng là

$$S_1 = 24m^2, S_2 = 9m^2$$

Thay vào công thức ta có :

;

Trọng tâm của cả tấm phẳng trên là C

Ví dụ 4-2 :

Xác định tọa độ trọng tâm của tấm phẳng (Hình 4 -4)

- Đặt hệ trục tọa độ Oxy vào tấm phẳng
- Gọi $C(x_c, y_c)$ là trọng tâm của cả tấm phẳng
- Chia hình phẳng làm 2 phần : 1, 2
- Tọa độ trọng tâm của các tấm phẳng tương

ứng là : $C_1(x_1, y_1)$; $C_2(x_2, y_2)$

$$x_1=20\text{cm}; y_1=20\text{cm}; x_2= 20\text{cm}; y_2= 8,5\text{cm}$$

- Diện tích các tấm phẳng tương ứng là

$$S_1= 1800\text{cm}^2 , S_2= 628\text{cm}^2$$

- Diện tích cả tấm phẳng:

$$S= S_1 - S_2 = 1800 - 628=1172\text{cm}^2$$

Thay vào công thức ta có :

;

Trọng tâm của cả tấm phẳng C (20; 26,16)

2. KHÁI NIỆM VỀ MÔMEN QUÁN TÍNH.

Mục tiêu:

- + Trình bày được khái niệm các mômen quán tính trục, mômen quán tính độ cực, mômen quán tính ly tâm.
- + Xác định được đặc trưng hình học của một số mặt cắt đơn giản
- + Vẽ được hệ trục quán tính chính trung tâm.
- + Tính được momen quán tính chính trung tâm.

2.1. Định nghĩa.

2.1.1. Mômen quán tính trục : Ký hiệu J_x ; J_y

Mômen quán tính của mặt cắt F lấy đối với trục Ox, Oy

$$(\text{chiều dài})^4$$

$$(\text{chiều dài})^4$$

Trị số mômen quán tính luôn dương

2.1.2. Mômen quán tính độ cực : (mômen quán tính đối với một điểm).

Ký hiệu J_p

Mômen quán tính độc cực của mặt cắt F lấy đối với gốc tọa độ, được định nghĩa bằng công thức sau :

$$(chiều\ dài)^4$$

$$(chiều\ dài)^4$$

Điều này chứng tỏ mômen quán tính độc cực bao giờ cũng có trị số dương.

2.1.3. Mômen quán tính ly tâm : Ký hiệu J_{xy}

Mômen quán tính của mặt cắt F lấy đối với hệ trục xoy

$$(chiều\ dài)^4$$

Trị số của mômen quán tính ly tâm có thể (+), (-) hoặc không

+ *Mômen quán tính chính trung tâm:*

Khi mômen quán tính ly tâm của mặt cắt lấy đối với hệ trục nào đó bằng không thì hệ trục đó gọi là hệ trục quán tính chính trung tâm.

Nếu mặt cắt có một trục đối xứng thì trục đối xứng đó chính là một trục của hệ trục quán tính chính trung tâm.

- Hệ trục quán tính chính là hệ trục có mô men quán tính ly tâm bằng không ($J_{xy} = 0$)

- Hệ trục quán tính chính trung tâm là hệ trục có gốc tọa độ trùng với trọng tâm mặt cắt ($J_{xy} = S_x = S_y = 0$)

- Mô men quán tính trục của hệ trục quán tính chính gọi là mô men quán tính chính

- Khi mômen tĩnh của diện tích F đối với một trục nào đó bằng không, thì trục đó được gọi trục trung tâm. Giao điểm của hai trục trung tâm được gọi là trung tâm của mặt cắt.

Mômen quán tính trục của hệ trục quán tính chính trung tâm gọi là mômen quán tính chính trung tâm

* *Chú ý:* Nếu mặt cắt có một trục đối xứng thì hệ trục được tạo bởi một trục đối xứng đó và trục vuông góc với nó chính là hệ trục quán tính chính

2.3. Đặc trưng hình học của một số mặt cắt đơn giản

2.3.1. Mặt cắt hình chữ nhật

- Mô men tĩnh : $S_x = S_y = 0$

- Mô men quán tính ly tâm : $J_{xy} = 0$

- *Mô men quán tính trục :*

- Bán kính quán tính :

2.3.2. Mặt cắt hình tam giác :

- Mô men quán tính trục : $J_x =$

$$J_y =$$

2.3.3. Mặt cắt ngang là hình tròn đặc

- Mô men tĩnh : $S_x = S_y = 0$

- Mô men quán tính ly tâm : $J_{xy} = 0$

- Mô men quán tính độ cực :

- Mô men quán tính trục :

- Bán kính quán tính:

2.3.4. Mặt cắt ngang là hình tròn rỗng

- Mô men tĩnh : $S_x = S_y = 0$

- Mô men quán tính ly tâm : $J_{xy} = 0$

- Mô men quán tính độ cực :

- Mô men quán tính trục :

- Bán kính quán tính :

Trong đó :

2.3.5 Mặt cắt ngang của các thép định hình

Tra bảng đặc trưng hình học của các mặt cắt trong các sổ tay kỹ thuật

2.4. Công thức chuyển trục song song. (Định lý tịnh tiến trục)

Trong thực tế ta thường gặp các chi tiết, bộ phận công trình mà tiết diện mặt cắt ngang được ghép bởi nhiều tiết diện đơn giản, tạo khả năng chịu lực tốt nhất. Tiết kiệm nhất. Điều này yêu cầu chúng ta phải biết cách tính các loại mômen quán tính khi biết mômen quán tính của những hình đơn giản.

- Cho mặt cắt F với các đặc trưng hình học của hệ trục xoy coi như đã biết. (Hình 4-7)
- Xác định đặc trưng hình học của mặt cắt F đối với XO_1Y được tạo thành khi ta tịnh tiến trục Ox đi một khoảng b và Oy đi một khoảng a

2.4.1. Mômen tĩnh

Mômen tĩnh của mặt cắt F lấy đối với trục O_1X, O_1Y

$$S_x =$$

Tương tự: $S_y =$

2.4.2. Mômen quán tính

Mômen quán tính của mặt cắt F lấy đối với trục O_1X, O_1Y

$$J_x =$$

Tương tự: $J_y = J_y + 2aS_y + a^2F$

2.4.3. Mômen quán tính li tâm

- Mômen quán tính li tâm của mặt cắt F lấy đối với hệ trục XO_1Y

- Giả sử xoy là hệ trục trung tâm (Hình 4-11), thì khi đó:

$$+ S_x = S_y = 0 ; X_c = a, Y_c = b$$

Ta có: $S_x = Y_c.F ; S_y = X_c.F$

$$J_x = J_x + b^2F$$

$$J_y = J_y + a^2F$$

Công thức xác định trọng tâm

+ Mômen tĩnh của một mặt cắt lấy đối với một trục thì bằng diện tích của mặt cắt đó nhân với khoảng cách từ trọng tâm mặt cắt ấy lấy đối với trục.

$$J_X = J_x + (Y_C)^2 F$$

$$J_Y = J_y + (X_C)^2 F$$

$$J_{XY} = J_{xy} + X_C Y_C F$$

3. BÁN KÍNH QUÁN TÍNH : Ký hiệu $i_x ; i_y$

(chiều dài)

Ví dụ 4.3:

Xác định mô men quán tính chính trung tâm của hình phẳng (Hình 4 -12)?

Lập hệ trục xOy , Oy là trục đối xứng nên là trục quán tính chính trung tâm.

* Xác định trọng tâm của hình phẳng:

Có $x_C = 0$

Lập hệ trục quán tính chính trung tâm x_0Cy_0

* Xác định mô men quán tính chính trung tâm J_{x_0}, J_{y_0}

Áp dụng công thức:

Ta có:

Tương tự ta có

Mô men quán tính chính trung tâm là:

$$J_{x_0} = \quad , J_{y_0} =$$

CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Định nghĩa mômen tĩnh, viết công thức xác định tọa độ trọng tâm của hình phẳng ?
2. Định nghĩa các mômen quán tính trục, mômen quán tính độ cực, mômen quán tính ly tâm?

3. Viết các công thức xác định các đặc trưng hình học của một số mặt cắt đơn giản ?
4. Định nghĩa hệ trục quán tính chính trung tâm, mô men quán tính chính trung tâm ?
5. Viết các công thức chuyển trục song song ?

BÀI TẬP

Bài 1: Xác định mô men quán tính chính trung tâm của hình phẳng (*Hình 4 -13*)?

Bài 2: Xác định mô men quán tính chính trung tâm của hình phẳng (*Hình 4 -14*)?

CHƯƠNG V : XOẮN THUẦN TÚY THANH TRÒN

Mã chương: CHV

Biến dạng xoắn thuần túy thanh tròn chúng ta gặp rất nhiều trong thực tế đặc biệt là trong các chi tiết máy dạng trục.

Ví dụ: Mũi khoan khi đang khoan, trục vít, trục bánh lái, chìa vặn....

Mục tiêu:

- + Trình bày được khái niệm về xoắn thuần túy, biến dạng trong xoắn.
- + Vẽ được biểu đồ momen xoắn nội lực, phân tích và tính được ứng suất trên mặt cắt.
- + Tính được biến dạng trong thanh chịu xoắn.
- + Tính thành thạo ba bài toán cơ bản của sức bền theo điều kiện bền và điều kiện cứng.
- + Có ý thức trách nhiệm, chủ động học tập.

1. NỘI LỰC VÀ BIỂU ĐỒ NỘI LỰC

Mục tiêu:

- + Trình bày được khái niệm về xoắn thuần túy
- + Vẽ được biểu đồ mômen xoắn nội lực

1.1. Định nghĩa

Thanh chịu xoắn thuần túy là thanh mà ngoại lực tác dụng là các ngẫu lực hay các mômen có chiều quay ngược nhau và có mặt phẳng tác dụng trùng với các mặt cắt ở trong thanh.

Ví dụ: Mũi khoan, trục động cơ, trục hộp giảm tốc...

1.2. Nội lực và biểu đồ mô men xoắn nội lực

1.2.1: Nội lực

Xét thanh thẳng có tiết diện tròn chịu tác dụng của các mô men như hình vẽ (Hình 5-1)

Dùng phương pháp mặt cắt để xác định nội lực.

Ta xác định được mô men xoắn nội lực M_x có:

- Phương: Trùng với mặt cắt ngang của thanh
- Trị số: Bằng tổng đại số của mômen ngoại lực tác dụng

**Quy ước dấu*

Mômen xoắn nội lực : Ký hiệu : M_x

+ Nhìn từ bên ngoài vào mặt cắt thấy mômen M_z quay cùng chiều kim đồng hồ thì M_z mang dấu dương.

+ Nhìn từ bên ngoài vào mặt cắt thấy mômen M_z quay ngược chiều kim đồng hồ thì M_z mang dấu âm.

- Đơn vị: N.m, KN.m, ...

1.2.2. Biểu đồ nội lực

a. Các bước vẽ biểu đồ nội lực.

- **Bước 1:** Xác định phản lực liên kết (nếu cần)

- **Bước 2:** Chia đoạn cho thanh, dựa trên cơ sở vị trí tác dụng của mômen tương ứng với một điểm, hai điểm liên tiếp là một đoạn.

- **Bước 3:** Xác định nội lực trong từng đoạn

+ Dùng phương pháp mặt cắt, cắt thanh làm hai phần, giữ lại một phần để khảo sát

+ Đặt nội lực vào mặt cắt (giả định nội lực M_z dương)

+ Viết phương trình cân bằng và giải các phương trình giá trị của nội lực

- **Bước 4:** Vẽ biểu đồ nội lực.

+ Kẻ đường thẳng song song với trục thanh gọi là đường không.

+ Kẻ các đoạn thẳng song song với nhau và vuông góc với đường không

+ Điền dấu, điền giá trị nội lực

***Ví dụ 1:** Cho thanh chịu xoắn thuần túy như trên (hình 5-2) : $m_1 = 20\text{KNm}$, $m_2 = 60\text{KNm}$. Vẽ biểu đồ nội lực cho thanh ?

Bài làm

- B1: Xác định phản lực liên kết (Hình 5-3)

Ta có phương trình cân bằng

- B2: Chia đoạn cho thanh: AB, BC

- B3: Xác định nội lực trên từng đoạn

+ Xét đoạn AB: Cắt AB bởi mặt phẳng (1-1), xét cân bằng phần bên phải, ta có:

+ Xét đoạn BC: Cắt BC bởi mặt cắt (2-2), xét cân bằng phần bên phải, ta có:

- B4: Vẽ biểu đồ nội lực
(Hình 5-3)

***Nhận xét** : Nhìn vào biểu đồ ta thấy đoạn AB là nguy hiểm nhất

2. ỨNG SUẤT VÀ BIẾN DẠNG TRONG THANH TRÒN CHỊU XOẮN

Mục tiêu:

- + Trình bày được biến dạng trong thanh chịu xoắn thuần túy.
- + Phân tích và tính được ứng suất sinh ra trên mặt cắt ngang.
- + Tính được biến dạng trong thanh chịu xoắn.

2.1. Biến dạng

Xét một thanh thẳng có tiết diện tròn, chiều dài là l , bán kính R .

+ Trước khi cho thanh chịu xoắn (Hình 5- 4)

- Kẻ lên mặt ngoài của thanh các đường thẳng song song với trục thanh, các đường thẳng này đặc trưng cho các thớ dọc.

- Kẻ các đường tròn vuông góc với trục của thanh, các đường này đặc trưng cho các mặt cắt ngang.

Tác dụng vào thanh mô men xoắn m làm cho thanh chịu xoắn.

+ Sau khi cho thanh chịu xoắn (Hình 5- 5)

Nhân xét :

- Các thớ dọc:

+ Các thớ dọc bị lệch đi so với ban đầu một góc gọi là α , khi xét các thớ dọc trên cùng mặt trụ ngoài cùng thì các góc α bằng nhau.

+ Đoạn thẳng biểu thị cho thớ dọc là tập hợp của vô số điểm do đó khi đoạn thẳng bị lệch đi một góc thì các điểm trên đoạn thẳng này cũng bị dịch chuyển, để thấy được điều này chúng ta xét ba điểm như trên hình: A, B, C. Điểm A không bị dịch chuyển, điểm B dịch chuyển đến vị trí B', điểm C dịch chuyển đến vị trí C'. Vậy điểm B và C đều bị trượt trên chu vi ngoài cùng của mặt cắt ngang mà cụ thể là trượt trên các cung tròn có độ lớn khác nhau. Như vậy khi thớ dọc bị lệch đi một góc α thì chỉ có điểm A ở vị trí liên kết ngàm cứng là không bị dịch chuyển còn các điểm còn lại trên thớ dọc đều bị trượt trên các cung tròn có kích thước khác nhau và các cung này đều chắn góc α vì vậy góc α được gọi là góc trượt.

Ta có giả thiết biến dạng trong lòng thanh giống biến dạng bên ngoài thanh vậy thì các thớ dọc ở trong thanh cũng bị lệch đi một góc α và các thớ dọc trên cùng một mặt trụ thì góc α bằng nhau vậy khi ta xét các thớ dọc trên các mặt trụ khác nhau thì góc α có bằng nhau không, chúng ta cùng tìm hiểu. Trên mặt trụ này thì đường màu trắng vẫn thể hiện thớ dọc khi chưa biến dạng và đường màu vàng thể hiện thớ dọc khi biến dạng.

Trong cùng là một thớ dọc trùng với trục thanh. Vậy ta thấy thớ dọc trùng với trục thanh không bị biến dạng vậy góc $\alpha = 0$. Càng tiến ra mặt trụ ngoài cùng thì góc α càng tăng dần và ở mặt trụ ngoài cùng thì góc α đạt giá trị lớn nhất là α_{max}

Ta có:

- Các mặt cắt ngang:

+ Khoảng cách giữa các mặt cắt ngang không đổi, chiều dài thanh không đổi -> thanh không bị biến dạng dọc theo trục thanh.

+ Hình dạng của các mặt cắt ngang vẫn là hình tròn, vẫn phẳng và vẫn vuông góc với trục thanh.

+ Kích thước của mặt cắt ngang của thanh trước và sau biến dạng vẫn không đổi và bằng F.

+ Xét một bán kính bất kỳ trên mặt cắt ngang ta thấy khi thanh chịu xoắn bán kính này vẫn thẳng nhưng bị xoay đi một góc quanh tâm chúnng tỏ mặt cắt ngang cũng bị xoay đi một góc quanh tâm. Và góc xoay này ta gọi là ϕ . Quan sát trên hình ta thấy các mặt cắt ngang khác nhau thì góc ϕ có độ lớn khác nhau và ϕ tăng dần từ trục thanh ra ngoài cùng.

Khi nghiên cứu về biến dạng của các thớ dọc và mặt cắt ngang ta đều thấy khi thanh chịu xoắn các phần tử vật liệu đều bị trượt trên các cung tròn quanh tâm do đó biến dạng trong thanh chịu xoắn thuần túy là biến dạng trượt.

Vậy biến dạng trượt này phân bố như thế nào trên mặt cắt ngang?

Kết luận: Biến dạng là biến dạng trượt. Biến dạng phân bố không đều trên mặt cắt.

2.2. Ứng suất

2.2.1. Biểu đồ phân bố ứng suất trên mặt cắt ngang

Theo định luật Húc có:

Trong đó:

- G là môđun đàn hồi trượt của vật liệu $G = \text{const}$
- γ là biến dạng trượt của vật liệu

+ Quy luật phân bố ứng suất:

- Khi $R=0$ $\gamma = 0 = 0$
- Khi R tăng γ tăng tăng
- Khi R_{max} γ_{max} γ_{max}

Biểu đồ phân bố ứng suất trên mặt cắt ngang (Hình 5-6)

Nhận xét biểu đồ:

- Ứng suất tăng dần từ tâm mặt cắt đến bán kính lớn nhất của mặt cắt và đạt giá trị lớn nhất khi bán kính lớn nhất.
- Ứng suất có giá trị thay đổi từ

2.2.2. Ứng suất lớn nhất trên mặt cắt ngang

* Ứng suất lớn nhất được xác định bằng công thức:

Trong đó:

- M_z : Mô men xoắn nội lực (N.cm ; KN.m ,...)
- W_p : Mômen chống xoắn của mặt cắt ngang của thanh (chiều dài³)

+ Với mặt cắt ngang của thanh có tiết diện tròn đặc :

+ Với mặt cắt ngang của thanh có tiết diện tròn rỗng

Trong đó : - D là đường kính ngoài

- d là đường kính trong

3. ĐIỀU KIỆN BỀN VÀ CÁC BÀI TOÁN CƠ BẢN

Mục tiêu:

- + Tính thành thạo ba bài toán cơ bản của sức bền theo điều kiện bền và điều kiện cứng.

3.1. Điều kiện bền và ba bài toán cơ bản.

3.1.1. Điều kiện bền

Điều kiện cần và đủ để thanh chịu xoắn thuần túy đảm bảo độ bền là ứng suất sinh ra trên mặt cắt ngang của thanh phải nhỏ hơn hoặc bằng ứng suất cho phép.

Nếu chi tiết đảm bảo điều kiện trên nó sẽ đảm bảo độ bền khi chịu lực.

3.1.2. Ba bài toán cơ bản

a. Kiểm tra bền

Từ điều kiện bền ta có công thức kiểm tra độ bền :

- Tìm ứng suất lớn nhất
- So sánh ứng suất lớn nhất với ứng suất cho phép
- Kết luận
- + Nếu thanh đủ bền
- + Nếu thanh không đủ bền

b. Xác định kích thước mặt cắt ngang hợp lý

Từ điều kiện bền ta có

+ Với mặt cắt ngang của thanh có tiết diện tròn đặc :

Ta xác định được đường kính hợp lý của thanh là

* Chú ý: Nên chọn đường kính hợp lý của thanh trong khoảng:

c. Xác định lực tác dụng hợp lý

BÀI TẬP VÍ DỤ:

Bài 1 : Cho thanh chịu xoắn thuần túy như trên hình vẽ: $m_1=30\text{kNcm}$, $m_2=60\text{kNcm}$; $m_3 = 50\text{kN.cm}$
Vẽ biểu đồ mô men xoắn nội lực cho thanh ?

Bài làm

- Bước 1: Xác định phản lực liên kết
Ta có phương trình cân bằng

- Bước 2: Chia đoạn cho thành: AB, BC, CD

- Bước 3: Xác định nội lực trên từng đoạn

+ Xét đoạn AB: Dùng mặt cắt (1-1) cắt thanh, xét cân bằng phần bên phải, ta có:

+ Xét đoạn BC: Dùng mặt cắt (2-2) cắt thanh, xét cân bằng phần bên phải, ta có:

+ Xét đoạn CD: Dùng mặt cắt (3-3) cắt thanh, xét cân bằng phần bên phải, ta có:

- Bước 4: Vẽ biểu đồ nội lực (Hình 5-8)

***Nhận xét** : Nhìn vào biểu đồ ta thấy đoạn BC là nguy hiểm nhất

3.2. Điều kiện cứng và ba bài toán cơ bản.

3.2.1. Điều kiện cứng

Là điều kiện sao cho: $\theta_{\max} \leq [\theta]$

- θ_{\max} là góc xoắn tỷ đối lớn nhất tính được (đơn vị: Rad/m).

- $[\theta]$ là góc xoắn tỷ đối cho phép thường cho, (nếu cho là thì đổi ra Rad/m với $360^\circ = 2\pi \text{ rad}$)

- Trường hợp thanh chỉ có một mômen xoắn ngoại lực và tiết diện không đổi:

Trường hợp thanh có nhiều đoạn, mỗi đoạn có nội lực Mz_i và độ cứng GJp_i khác nhau thì ta phải tính trên từng đoạn: sau đó tìm θ_{\max} để kiểm tra theo điều kiện cứng.

3.2.2. Ba bài toán cơ bản.

+ Bài toán kiểm tra độ cứng

+ Bài toán xác định kích thước hợp lý theo điều kiện cứng

+ Bài toán xác định tải trọng cho hợp lý theo điều kiện cứng

CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Trình bày các định nghĩa thanh chịu xoắn nêu quy ước dấu nội lực M_x và các bước vẽ biểu đồ nội lực M_x của thanh chịu xoắn thuần túy ?
2. Vẽ biểu đồ phân bố ứng suất trên mặt cắt ngang của thanh chịu xoắn thuần túy?
3. Viết công thức tính ứng suất lớn nhất sinh ra trên mặt cắt ngang của thanh chịu xoắn thuần túy? Giải thích các ký hiệu?
4. Viết các công thức tính toán của các bài toán cơ bản tính theo điều kiện bền cho thanh chịu xoắn thuần túy ?
5. Viết các công thức tính toán của các bài toán cơ bản tính theo điều kiện cứng cho thanh chịu xoắn thuần túy ?

BÀI TẬP

Bài 1 : Cho thanh chịu xoắn thuần túy như trên hình vẽ: $m_1=30\text{KNm}$,
 $m_2=50\text{KNm}$
Vẽ biểu đồ mô men xoắn nội lực cho thanh AC ?

Bài 2: Trục chịu xoắn thuần túy có tiết diện tròn đường kính $d=4\text{cm}$ như trên (hình 5-9) :Trục chịu tác dụng của các mômen $m_1=80\text{KNm}$, $m_2=50\text{KNcm}$; $m_3 = 60\text{KN.cm}$
a. Vẽ biểu đồ nội lực cho thanh ?
b. Kiểm tra độ bền cho thanh AD? Biết

Bài 3: Trục AB có tiết diện tròn có các đường kính tương ứng là $d_1 = 4\text{cm}$, $d_2 = 6\text{cm}$; (hình 5-10), thanh chịu tác dụng của các lực dọc trục $m_1 = 50\text{kN.cm}$; $m_2 = 160\text{kN.cm}$

- a. Vẽ biểu đồ nội lực cho thanh AD ?
- b. Vẽ biểu đồ ứng suất cho thanh AD?
- c. Tính bền cho thanh AD ? Biết $\tau]_x = 10\text{ kN/cm}^2$

CHƯƠNG VI : UỐN NGANG PHẪNG THANH THẲNG

Mã chương: CHVI

Biến dạng uốn ngang phẳng thanh thẳng chúng ta gặp rất nhiều trong thực tế đặc biệt là trong các chi tiết máy, các dầm chịu tải thẳng đứng. Ví dụ : Thanh dầm của kết cấu mái, dầm chịu tải thẳng đứng trong kết cấu dàn....

Mục tiêu:

- + Trình bày được khái niệm về uốn ngang phẳng.
- + Vẽ được biểu đồ nội lực trong thanh chịu uốn ngang phẳng.
- + Áp dụng thành thạo ba bài toán cơ bản theo điều kiện bền về ứng suất pháp
- + Tính được độ võng và góc xoay của một số dầm chịu uốn đơn giản.
- + Có ý thức trách nhiệm, chủ động học tập.

1. KHÁI NIỆM VỀ UỐN NGANG PHẪNG

Mục tiêu:

- + Trình bày được khái niệm về uốn ngang phẳng.
- Khi có ngoại lực tác dụng, trục của thanh bị cong đi người ta nói thanh chịu uốn.
- Nếu trục thanh bị cong nhưng vẫn nằm trong mặt phẳng thẳng đứng thì thanh bị uốn ngang phẳng
- Ngoại lực: lực tập trung, lực phân bố, ngẫu lực...nằm trong mặt phẳng tải trọng của thanh
- Mặt phẳng tải trọng của thanh là mặt phẳng chứa tải trọng của thanh và trục của thanh .
- Khi ngoại lực tác là các ngẫu lực hoặc mômen lực có mặt phẳng tác dụng trùng với mặt phẳng tải trọng của thanh thì thanh chịu uốn phẳng thuần túy.

2. NỘI LỰC VÀ BIỂU ĐỒ NỘI LỰC

Mục tiêu:

- + Trình bày được quy ước dấu về nội lực Q_y và M_x trong thanh chịu uốn ngang phẳng.
- + Vẽ được biểu đồ nội lực trong thanh chịu uốn ngang phẳng.

2.1. Nội lực

- Thanh uốn phẳng có hai thành phần nội lực là lực cắt Q_y và mômen uốn nội lực M_x
- Thanh uốn phẳng thuần túy có một và chỉ một thành phần nội lực là mômen uốn nội lực M_x

- Quy ước dấu:

- + Lực cắt Q mang dấu (+) khi pháp tuyến ngoài của mặt cắt quay 90° theo chiều kim đồng hồ đến trùng với véc tơ lực Q_y và ngược lại Q_y mang dấu âm
- + Mômen uốn có dấu (+) nếu nội lực làm cho thớ phía dưới của dầm bị dãn ra, thớ trên của dầm bị co lại

2.2. Biểu đồ nội lực

Các bước vẽ biểu đồ nội lực.

- **Bước 1:** Xác định phản lực liên kết (nếu cần)
- **Bước 2:** Chia đoạn cho thanh, dựa trên cơ sở điểm đặt của lực tương ứng với một điểm, hai điểm liên tiếp là một đoạn.
- **Bước 3:** Xác định nội lực trong từng đoạn
 - + Dùng phương pháp mặt cắt, cắt thanh làm hai phần, giữ lại một phần để khảo sát
 - + Đặt nội lực vào mặt cắt (giả định nội lực dương)
 - + Viết phương trình cân bằng và giải các phương trình
- **Bước 4:** Vẽ biểu đồ nội lực.
 - + Kẻ đường thẳng song song với trục thanh gọi là đường không.
 - + Kẻ các đoạn thẳng song song với nhau và vuông góc với đường không
 - + Điền dấu, điền giá trị nội lực

Ví dụ 6.1: Cho dầm AC dài $a=1\text{m}$, chịu tác dụng lực uốn $P=100\text{N}$. Vẽ biểu đồ nội lực Q_y , M_x cho dầm AC ?

Bài làm

- Bước 1: Xác định phản lực liên kết

* Chia thanh làm 2 đoạn: AB, BC

+ Xét đoạn AB: Dùng mặt cắt (1-1) cắt thanh, mặt cắt (1-1) tiến từ A đến B, tức là

().

Xét cân bằng phần trái, ta có:

*

*

- Khi $z_1=0$ $M_{x_1}=0$ (Nm)

- Khi $z_1=a=1$ m $M_{x_1}=50$ (Nm)

+ Xét đoạn BC: Cắt BC bởi mặt cắt (2-2) cách gốc một khoảng z_2 (). Xét cân bằng phần phải, ta có:

*

*

- Khi $z_2=0$ $M_{x_2}=0$ (Nm)

- Khi $z_2=a=1$ m $M_{x_2}=50$ (Nm)

Ví dụ 6.2: Cho thanh AB chịu tác dụng của lực phân bố $q=10$ (N/m), chiều dài thanh $l=10$ (m). (Hình 6-4)

Vẽ biểu đồ nội lực cho dầm AB ?

Bài làm

- Bước 1: Xác định phản lực liên kết

- Bước 2: Chia đoạn và xác định nội lực

- Bước 3:

+ Xét đoạn AB: Cắt AB bởi mặt cắt (1-1) cách gốc A một khoảng z ().
Xét cân bằng phần phải, ta có

*

- Khi $z = 0$ $Q_1 = -50\text{N}$

- Khi $z = 1 = 10\text{m}$ $Q_1 = 50\text{N}$

*

- Khi $z = 0$ $M_x = 0$ (Nm)

- Khi $z = 1/2 = 5\text{m}$ $M_x = 125$ (Nm)

- Khi $z = 1 = 1\text{m}$ $M_x = 0$ (Nm)

- Bước 4: Vẽ biểu đồ nội lực (Hình 6-5)

3. ỨNG SUẤT TRONG DÂY CHỊU UỐN

3.1. Thí nghiệm:

Xét thanh có tiết diện hình chữ nhật,
Để thuận tiện cho việc quan sát biến dạng ta xét trạng thái trước và sau khi chịu uốn

+ Trước khi cho thanh chịu uốn (Hình 6-6a)

Kẻ lên mặt ngoài của thanh các đường thẳng song song với trục thanh: đặc trưng cho các thớ dọc, và kẻ các đường thẳng vuông góc với trục: đặc trưng cho các mặt cắt ngang

Tác dụng ngoại lực là hai mômen uốn, thanh chịu uốn thuần túy (hai ngẫu lực nằm trong mặt phẳng đối xứng chứa trục thanh)

+ Sau khi cho thanh chịu uốn (Hình 6-6b,c)

* Nhận xét

- Trục thanh bị cong đi so với ban đầu, trục thanh bị biến dạng

- Các mặt cắt ngang:

Khi có ngoại lực tác dụng các mặt cắt ngang trong thanh vẫn phẳng và vẫn vuông góc với tiếp tuyến của trục thanh và không còn song song với nhau nữa

- Các thớ dọc:

+ Trước biến dạng các thớ dọc thẳng, song song với nhau và song song với trục thanh

+ Xét 7 thớ dọc, các thớ dọc trong thanh bị uốn cong đồng dạng với trục và chiều dài của chúng có sự thay đổi liên tục từ thớ dọc bị co lại tới thớ dọc bị giãn dài như vậy từ thớ dọc thứ nhất đến thớ dọc thứ 7 sẽ có một thớ dọc có chiều dài không thay đổi, thớ đó gọi là thớ trung hòa.

+ Tập hợp tất cả những thớ có chiều dài không đổi ở trong thanh sẽ tạo thành một lớp thớ gọi là lớp thớ trung hòa (một số tài liệu gọi là mặt trung hòa)

+ Giao tuyến của lớp thớ trung hòa với mặt cắt ngang gọi là trục trung hòa

+ Nếu mặt cắt là mặt cắt đối xứng thì trục trung hòa sẽ trùng với trục đối xứng trên mặt cắt.

* *Kết luận:*

Biến dạng của vật liệu trong thanh chịu uốn là sự kết hợp của biến dạng kéo và biến dạng nén

3.2. Ứng suất

- Ứng suất trong thanh chịu uốn là ứng suất pháp

- Ký hiệu: σ

- Ứng suất không đều trên mặt cắt (biến dạng không đều)

+ Vật liệu trùng trục trung hòa không bị biến dạng kéo-nén, càng xa trục trung hòa ứng suất càng tăng và xa trục trung hòa nhất thì ứng suất là lớn nhất

Xét phần chịu kéo:

Theo định luật Húc ta có

Mà : $E = \text{const}$;

+ Khi $y=0$ $\epsilon=0$ $\sigma=0$

+ Khi y tăng ϵ tăng σ tăng

+ Khi y_{\max} $\epsilon_{\max} = \sigma_{\max}$

(biểu diễn trên hình vẽ)

Biểu đồ ứng suất trên mặt cắt ngang của thanh chịu uốn

+ Tại trục trung hòa có $y = 0$ $\sigma = 0$

+ Tại thớ ngoài cùng có $y =$

có

+ Ứng suất lớn nhất khi y lớn nhất :

$$y_{\max} = h/2$$

Tính ứng suất lớn nhất trên mặt cắt ngang bằng công thức:

Trong đó: (mô men chống uốn của mặt cắt đối với trục trung hòa x , đơn vị là m^3).
Phụ thuộc vào tiết diện mặt cắt ngang.

+ Mặt cắt ngang hình chữ nhật có:

$$J_x =$$

+ Mặt cắt ngang hình tròn có:

$$J_x =$$

W_x càng lớn khả năng chống uốn càng cao vì σ_{\max} càng giảm.

* Với các mặt cắt có hình dạng phức tạp thì mô men chống uốn có thể tra bảng trong sổ tay kỹ thuật.

Bằng hàng loạt thí nghiệm và lý thuyết đàn hồi đã chứng minh: mặt cắt ngang của dầm chịu uốn ngang phẳng không hoàn toàn phẳng và vuông góc và trục thanh như uốn thuần túy, nhưng sự biến dạng của mặt cắt ngang dù là không đáng kể và có thể bỏ qua.

Vì vậy, người ta vẫn dùng công thức ứng suất pháp của uốn thuần túy.

Công thức tính ứng suất lớn nhất trên mặt cắt ngang của dầm chịu uốn

Trong đó :

σ_{\max} là ứng suất lớn nhất trên mặt cắt ngang của dầm chịu uốn

W_x là mô men chống uốn

M_x là mô men uốn nội lực

4. TÍNH TOÁN CHO THANH CHỊU UỐN PHẪNG

Mục tiêu:

- + Viết được điều kiện bền và các bài toán cơ bản
- + Áp dụng thành thạo ba bài toán cơ bản theo điều kiện bền về ứng suất pháp

4.1. Điều kiện bền về ứng suất pháp và ba bài toán cơ bản

4.1.1. Điều kiện bền về ứng suất pháp

Điều kiện cần và đủ để thanh chịu uốn đảm bảo độ bền là ứng suất sinh ra trên mặt cắt ngang của thanh phải nhỏ hơn hoặc bằng ứng suất cho phép.

4.1.2. Ba bài toán cơ bản

a. Kiểm tra bền

Công thức kiểm tra độ bền

- Tìm ứng suất lớn nhất
- So sánh ứng suất lớn nhất với ứng suất cho phép
- Kết luận
- + Nếu thanh đủ bền
- + Nếu thanh không đủ bền

b. Xác định kích thước mặt cắt ngang hợp lý

c. Xác định lực tác dụng hợp lý

4.2. Toán áp dụng.

Bài 1: Cho một dầm mặt cắt tròn chịu tác dụng lực uốn $P=100\text{kN}$, chiều dài dầm 2m , mặt cắt có $D=20\text{cm}$; dầm được tựa trên 2 gối đỡ như hình 6-7.

- Vẽ biểu đồ nội lực Q_y , M_x cho dầm AC
- Hãy kiểm tra bền của dầm gỗ theo ứng suất pháp biết:

Bài làm

Áp dụng công thức kiểm tra độ bền:

- Mô men chống uốn là:

$$\text{có } D=20\text{cm}=0,2\text{m}$$

$$W_x = 0,1 \cdot D^3 = 0,1 \cdot 0,2^3 = 8 \cdot 10^{-4} (\text{m}^3)$$

- Mô men uốn nội lực là:

- Ứng suất lớn nhất trên mặt cắt ngang tại điểm nguy hiểm (B) của dầm chịu uốn

So sánh ta thấy

Kết luận : Dầm AC đảm bảo độ bền.

5. CHUYỂN VỊ CỦA DẦM CHỊU UỐN.

Mục tiêu:

- Tính được chuyển vị của dầm chịu uốn ngang phẳng

Xét một thanh thẳng chịu uốn ngang phẳng. Sau khi chịu uốn, trục thanh bị cong đi, đường cong của thanh gọi là đường đàn hồi (Hình 6-8)

Phương trình của đường đàn hồi

$$y = y(z)$$

Xét chuyển vị của điểm K ta thấy sau biến dạng điểm K di chuyển thành điểm K'. Khi đó chuyển vị của điểm K là :

$$f_K = KK'$$

- Phân KK' thành 2 thành phần u và v

u: là thành phần nằm ngang

v: là thành phần thẳng đứng

Lý thuyết đàn hồi đã chứng minh được rằng : u là vô cùng bé bậc cao so với v cho nên khi khảo sát ta thường bỏ qua u.

Vậy ta có :

$$f_K \approx v(z)$$

$v(z)$: là độ võng

Từ hình vẽ ta có thể suy ra :

$$f_K \approx v(z) \approx y(z)$$

Xét mặt cắt ngang đi qua điểm K trước và sau biến dạng tạo nên một góc $\alpha(z)$

$\alpha(z)$: là chuyển vị góc (góc xoay)

- Qua K' kẻ tiếp tuyến với đường đàn hồi tạo với trục z một góc là

Từ đó ta có: $\tan \alpha \approx \alpha$ (bởi vì α rất nhỏ)

$$\text{Vậy : } \tan \alpha \approx \alpha \approx y'(z) \approx v'(z)$$

Kết luận: Đạo hàm của độ võng bằng góc xoay.

CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Khái niệm về uốn ngang phẳng ? Nội lực và biểu đồ nội lực của thanh chịu uốn ngang phẳng ?
2. Viết công thức tính ứng suất trong dầm chịu uốn ? Giải thích các đại lượng trong công thức?
4. Viết điều kiện bền về ứng suất pháp và công thức tính toán của ba bài toán cơ bản trong thanh chịu uốn ngang phẳng?

BÀI TẬP

Bài 1: Cho một dầm mặt cắt chữ nhật cạnh $(a \times b) = (4 \times 6) \text{ cm}$ chịu tác dụng lực uốn $P = 90 \text{ kN}$, chiều dài dầm $a = 1 \text{ m}$, dầm được đỡ nằm ngang bởi 2 gối đỡ như hình 6-11.

- Vẽ biểu đồ nội lực Q_y , M_x cho dầm AC
- Hãy kiểm tra bền của dầm gỗ theo ứng suất pháp biết:

Bài 2: Cho một dầm AB mặt cắt chữ nhật cạnh $(a \times b) = (2 \times 3) \text{ cm}$ chịu tác dụng hệ lực phân bố $q = 20 \text{ kN/m}$, chiều dài $l = 4 \text{ m}$, dầm được tựa trên 2 gối đỡ như hình 6-12.

- Vẽ biểu đồ nội lực Q_y , M_x cho dầm AC
- Hãy kiểm tra bền của dầm gỗ theo ứng suất pháp biết:

Bài 3: Cho một dầm AB mặt cắt chữ nhật cạnh $(a \times b) = (3 \times 4) \text{ cm}$ chịu tác dụng của mô men $m = 120 \text{ kN.cm}$, chiều dài $a = 2 \text{ m}$, dầm được tựa trên 2 gối đỡ như hình 6-13.

- Vẽ biểu đồ nội lực Q_y , M_x cho dầm AC
- Hãy kiểm tra bền của dầm gỗ theo ứng suất pháp biết:

CHƯƠNG VII: THANH CHỊU LỰC PHỨC TẠP

Mã chương: CHVII

Trong thực tế những chi tiết máy chịu các hình thức biến dạng cơ bản thường gặp rất ít mà chủ yếu là các chi tiết chịu đồng thời một lúc từ hai hình thức biến dạng trở lên. Chi tiết chịu đồng thời một lúc từ hai hình thức biến dạng trở lên gọi là chi tiết chịu lực phức tạp.

Ví dụ: Uốn xiên, uốn đồng thời xoắn, uốn đồng thời với kéo nén đúng tâm.....

Mục tiêu:

+ Trình bày được các khái niệm về uốn xiên, uốn đồng thời với kéo nén đúng tâm, kéo nén lệch tâm, uốn đồng thời xoắn..

+ Vẽ được sơ đồ tính tổng quát và sơ đồ tính từng loại biến dạng cơ bản từ thực tế.

+ Xác định được mặt cắt nguy hiểm và áp dụng được điều kiện bền để giải ba bài toán cơ bản của sức bền .

+ Có ý thức trách nhiệm, chủ động học tập.

1. KHÁI NIỆM THANH CHỊU LỰC PHỨC TẠP.

Mục tiêu:

+ Trình bày được các khái niệm về chịu lực phức tạp và phương pháp nghiên cứu những chi tiết máy hay cơ cấu máy chịu lực phức tạp.

1.1. Khái niệm.

Các chương trước chúng ta chỉ khảo sát thanh chịu lực đơn giản như: Kéo-nén đúng tâm, cắt ,dập, xoắn thuần túy và uốn ngang phẳng.

Trong thực tế có những chi tiết máy hay cơ cấu máy chịu lực phức tạp.Ví dụ một trục truyền vừa chịu xoắn vừa chịu uốn....

1.2. Phương pháp nghiên cứu

* Kéo – nén đúng tâm :

- Nội lực: Lực dọc N_z

- Ứng suất pháp phân bố đều:

* Xoắn thuần túy:

- Nội lực: Mô men xoắn nội lực M_x

- Ứng suất tiếp lớn nhất phân bố theo quan hệ bậc nhất với bán kính:

* Uốn ngang phẳng:

+ Uốn quanh trục x:

- Nội lực: Q_y, M_x

- Ứng suất pháp lớn nhất phân bố theo quan hệ bậc nhất với y:

+ Uốn quanh trục y:

- Nội lực: Q_x, M_y

- Ứng suất pháp lớn nhất phân bố theo quan hệ bậc nhất với x:

Bài tập kết hợp:

$M_x + M_y$ có uốn xiên

$M_x + M_y + N_z$ có uốn xiên + kéo (nén)

$M_x + M_y + M_z$ có uốn xiên + xoắn

Để giải quyết các bài toán trên chúng ta sẽ áp dụng nguyên lý cộng tác dụng: Ứng suất hay biến dạng do nhiều yếu tố (ngoại lực, nhiệt độ, độ lún của gối...) gây ra đồng thời trên một thanh bằng tổng ứng suất hay biến dạng do từng yếu tố gây nên. Nguyên lý này chỉ được áp dụng khi vật liệu làm việc trong miền đàn hồi và biến dạng của thanh là nhỏ.

2. UỐN XIÊN.

Mục tiêu:

+ Trình bày được các khái niệm về uốn xiên.

+ Vẽ được sơ đồ tính tổng quát và sơ đồ tính uốn xiên

+ Xác định được mặt cắt nguy hiểm và áp dụng được điều kiện bền để giải ba bài toán cơ bản của sức bền .

2.1. Định nghĩa.

Dấu hiệu nội lực: Thanh chịu uốn xiên là thanh chịu lực sao cho trên mọi mặt cắt ngang của nó có hai thành phần nội lực là mô men uốn M_x, M_y nằm trong các mặt phẳng quán tính chính trung tâm của mặt cắt ngang. (Hình 7-1a)

Mặt phẳng quán tính chính trung tâm của mặt cắt ngang là mặt phẳng được tạo bởi một trục quán tính chính trung tâm của mặt cắt ngang và trục của thanh

M_x thuộc mặt phẳng zOy (Oy là trục quán tính chính trung tâm).

M_y thuộc mặt phẳng zOx . (Ox là trục quán tính chính trung tâm).

Hợp hai mô men M_x, M_y ta được một mô men M_u :

M_x : đường tải trọng là y

M_y : đường tải trọng là x

M_u : đường tải trọng hình 7-1b

2.2. Ứng suất.

Ta gọi góc α là góc giữa trục x và đường tải trọng, $\alpha > 0$ khi chiều quay từ trục x đến đường tải trọng là thuận chiều kim đồng hồ.

(Hình 7-1b)

Ta có quan hệ:

Hệ số góc của đường tải trọng

Ta có M_x gây nên ứng suất pháp có giá trị là :

M_y gây nên ứng suất pháp có giá trị là :

Áp dụng nguyên lý cộng tác dụng, ta có thể coi ứng suất tại một điểm nào đó trên mặt cắt ngang có tọa độ x, y là tổng ứng suất do từng mô men uốn M_x , M_y gây ra một cách riêng lẻ.

(7.1)

Biểu thức (7.1) là công thức tổng quát để tính ứng suất pháp cho uốn xiên.

Khi sử dụng công thức trên ta phải chú ý đến dấu của x, y và của M_x , M_y . Để tránh nhầm lẫn ta thường dùng công thức kỹ thuật sau:

Ta lấy dấu cộng hay trừ trước mỗi số hạng tùy theo các mô men uốn M_x , M_y gây ra ứng suất kéo hay nén ở điểm đang xét.

Dấu (+) tương ứng với điểm chịu kéo

Dấu (-) tương ứng với điểm chịu nén

Dấu +, - được xác định theo từng vùng (Hình 7-2)

2.3. Điều kiện bền và ba bài toán cơ bản.

2.3.1. Điều kiện bền

* Với vật liệu dẻo : nên trong hai giá trị ứng suất ta chọn ứng suất nào có trị số tuyệt đối lớn nhất để kiểm tra:

* Với vật liệu giòn:

Nên ta phải kiểm tra độ bền cho cả điểm chịu kéo lớn nhất và chịu nén lớn nhất.

+

+

2.3.2. Ba bài toán cơ bản.

a. Bài toán kiểm tra độ bền.

Từ điều kiện bền ta có công thức kiểm tra độ bền

* Với vật liệu dẻo :

* Với vật liệu giòn:

b. Bài toán xác định kích thước mặt cắt hợp lý

Đặt . Phải chọn k sao cho phù hợp với từng loại mặt cắt
+ Hình đơn giản tính k.

Hình chữ nhật có

+ Hình phức tạp chọn k.

- Thép chữ I chọn $k = 8,5 \div 10$

- Thép chữ chọn $k = 6 \div 8$

Vậy :

Từ W_x ta tính được các kích thước của mặt cắt ngang.

c. Bài toán xác định tải trọng tác dụng hợp lý

Đối với bài toán này tùy từng trường hợp chịu lực cụ thể của thanh người ta sẽ thiết lập được biểu thức tính và tìm tải trọng cho phép tác dụng lên thanh.

2.4. Toán áp dụng.

Ví dụ 7.1: Tìm ứng suất tại điểm A (-2,4) bằng công thức tổng quát và công thức kỹ thuật . So sánh tìm điểm nguy hiểm và kiểm tra độ bền tại điểm nguy hiểm. Biết , $M_x = -30$ kNcm; $M_y = 10$ kNcm

Bài làm

* Tìm σ_z tại điểm A

+ Bằng công thức tổng quát ta có:

$$M_x < 0; M_x = -30 \text{ kNcm}$$

$$M_y > 0; M_y = 10 \text{ kNcm}$$

Điểm A có tọa độ: $x = -2; y = 4$

Ứng suất tại một điểm A trên mặt cắt ngang có tọa độ (-2,4) là:

+ Bằng công thức kỹ thuật ta có: (xét dấu theo hình 7-2)

* Kiểm tra độ bền tại điểm nguy hiểm

Điểm nguy hiểm là điểm B

Theo điều kiện bền ta có:

So sánh ta thấy

Kết luận: Điểm B đảm bảo độ bền.

Ví dụ 7.2: Dầm công xôn có mặt cắt hình chữ nhật các cạnh $h = 12\text{cm}$, $b = 7,2\text{cm}$ chịu tác dụng của lực P đặt vuông góc với trục của dầm và tạo với trục y của mặt cắt một góc $\alpha = 30^\circ$, chiều dài dầm $l = 1\text{m}$, $P = 12\text{kN}$ (Hình 7-4). Biết Kiểm tra độ bền của dầm ?

Bài làm

Lực P tác dụng làm cho dầm chịu uốn xiên, từ biểu đồ nội lực M_x và M_y ta thấy mặt cắt tại ngàm (điểm B) là nguy hiểm nhất.

+ Phân tích lực P ra thành 2 thành phần là P_x ; P_y :

$$P_x = P \cdot \sin \alpha = 12 \cdot \sin 30^\circ = 6\text{kN}$$

$$P_y = P \cdot \cos \alpha = 12 \cdot \cos 30^\circ \approx 10,4\text{ kN}$$

+ Đổi đơn vị :

$$h = 12\text{cm} = 12 \cdot 10^{-2}\text{ m}$$

$$b = 7,2\text{cm} = 7,2 \cdot 10^{-2}\text{ m}$$

$$P_x = 6\text{kN} = 6 \cdot 10^{-3}\text{ MN}$$

$$P_y = 10,4\text{ kN} = 10,4 \cdot 10^{-3}\text{ MN}$$

Ta có:

$$M_x = P_y \cdot l = 10,4 \cdot 10^{-3} \cdot 1 = 10,4 \cdot 10^{-3} \text{ MN.m}$$

$$M_y = P_x \cdot l = 6 \cdot 10^{-3} \cdot 1 = 6 \cdot 10^{-3} \text{ MN.m}$$

Mô men chống uốn đối với trục x và y là:

Ứng suất lớn nhất trên mặt cắt nguy hiểm là:

So sánh ta thấy:

Vậy dầm AB đảm bảo độ bền.

3. UỐN NGANG PHẪNG VÀ KÉO -NÉN ĐỒNG THỜI.

Mục tiêu:

+ Trình bày được các khái niệm về uốn ngang phẳng và kéo (nén) đồng thời.

+ Vẽ được sơ đồ tính tổng quát và sơ đồ tính uốn ngang phẳng và kéo (nén) đồng thời

+ Xác định được mặt cắt nguy hiểm và áp dụng được điều kiện bền để giải ba bài toán cơ bản của sức bền .

3.1. Định nghĩa.

Một thanh uốn đồng thời với kéo(hay nén) đúng tâm là thanh chịu lực sao cho trên mọi mặt cắt ngang của nó có các thành phần nội lực : Các mô men uốn M_x , M_y và lực dọc trục N_z (M_x , M_y nằm trong mặt phẳng quán tính chính trung tâm)

Ví dụ : Ống khói vừa chịu nén của trọng lượng bản thân nó vừa chịu uốn do tải trọng gió

3.2. Ứng suất.

Gọi x, y là tọa độ của điểm M bất kỳ trên mặt cắt ngang.

Ta có: M_x gây nên ứng suất pháp có giá trị là :

M_y gây nên ứng suất pháp có giá trị là :

N_z gây nên ứng suất pháp có giá trị là :

Ứng suất pháp tại M tính theo nguyên lý cộng tác dụng :

+ Uốn ngang phẳng quanh trục Ox ta có

+ Uốn ngang phẳng quanh trục Oy ta có

Khi sử dụng công thức trên ta phải chú ý đến dấu của x , y và của M_x , M_y , N_z . Để tránh nhầm lẫn ta thường dùng công thức kỹ thuật sau:

+ Uốn ngang phẳng quanh trục Ox ta có

+ Uốn ngang phẳng quanh trục Oy ta có

Ta lấy dấu cộng hay trừ trước mỗi số hạng tùy theo các mô men uốn M_x , M_y gây ra ứng suất kéo hay nén ở điểm đang xét. (Hình 7-5)

Trong thực tế thường gặp nhiều nhất trường hợp chi tiết chịu uốn ngang phẳng quanh trục Ox

Ứng suất lớn nhất sinh ra trên mặt cắt ngang tại những điểm cách xa đường trung hòa nhất: (trường hợp chi tiết chịu uốn ngang phẳng quanh trục Ox). Trường hợp uốn quanh trục Oy tương tự.

3.3. Điều kiện bền và ba bài toán cơ bản.

3.3.1. Điều kiện bền

* Với vật liệu dẻo : nên trong hai giá trị ứng suất ta chọn ứng suất nào có trị số tuyệt đối lớn nhất để kiểm tra:

* Với vật liệu dòn:

Nên ta phải kiểm tra độ bền cho cả điểm chịu kéo lớn nhất và chịu nén lớn nhất.

+

+

3.3.2. Ba bài toán cơ bản.

a. Bài toán kiểm tra độ bền.

Từ điều kiện bền ta có công thức kiểm tra độ bền

* Với vật liệu dẻo :

: - Uốn ngang phẳng + kéo : lấy $+N_z$

- Uốn ngang phẳng + nén : lấy $-N_z$

* Với vật liệu dòn:

b. Bài toán xác định kích thước mặt cắt hợp lý

Dựa vào công thức kiểm tra độ bền để chọn kích thước mặt cắt ngang hợp lý. Nhưng trong điều kiện bền lại có hai ẩn số xác định kích thước mặt cắt ngang do đó ta phải tính theo phương pháp đúng dần bằng cách bỏ qua một trong hai ẩn đó. Tức là chỉ tính kích thước theo kéo (nén) hoặc uốn sau đó tăng kích thước lên từ từ rồi kiểm tra lại đến khi nào hợp lý thì lấy kết quả đó. Thường người ta hay bỏ qua kéo(nén) và tính theo uốn thì nhanh đi đến kết quả hơn.

c. Bài toán xác định tải trọng tác dụng hợp lý

Đối với bài toán này tùy từng trường hợp chịu lực cụ thể của thanh người ta sẽ thiết lập được biểu thức tính và tìm tải trọng cho phép tác dụng lên thanh.

3.4. Toán áp dụng.

Dầm AB có tiết diện chữ nhật cạnh $b = 10\text{cm}$, $h = 12\text{cm}$, dầm chịu tác dụng của tải trọng P có phương thẳng đứng (Hình 7-7). Biết $P=20\text{kN}$ $\alpha = 30^\circ$, . Kiểm tra độ bền cho dầm AB ?

Bài làm

- Lực P tác dụng làm cho dầm chịu uốn và nén đồng thời

- Phân tích lực P ra thành 2 thành phần là P_z ; P_y ; P_y làm cho dầm chịu uốn phẳng, P_z làm cho đoạn AC của dầm chịu nén. Đoạn AC của dầm vừa chịu uốn và vừa chịu nén.

$$P_z = P \cdot \sin \alpha = 20 \cdot \sin 30^\circ = 10 \text{ kN}$$

$$P_y = P \cdot \cos \alpha = 20 \cdot \cos 30^\circ \approx 17,3 \text{ kN}$$

Ta có:

$$N_z = P_z = 10 \text{ kN}$$

Vẽ biểu đồ nội lực M_x và N_z (Hình 7-7)

* Nhìn vào đồ nội lực M_x và N_z ta thấy mặt cắt qua điểm C là nguy hiểm nhất.

+ Đổi đơn vị :

$$N_z = 10 \text{ kN} = 10 \cdot 10^{-3} \text{ MN}$$

$$M_x = 15 \text{ kNm} = 15 \cdot 10^{-3} \text{ MNm}$$

- Diện tích mặt cắt ngang của dầm :

$$F = 10 \cdot 10^{-2} \cdot 12 \cdot 10^{-2} = 12 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

- Mô men chống uốn của mặt cắt :

Áp dụng điều kiện bền

Ứng suất lớn nhất tại điểm nguy hiểm (C) là :

So sánh ta thấy:

Vậy dầm AB đảm bảo độ bền.

4. UỐN VÀ XOẪN ĐỒNG THỜI.

Mục tiêu:

- + Trình bày được các khái niệm về uốn và xoắn đồng thời.
- + Vẽ được sơ đồ tính tổng quát và sơ đồ tính uốn uốn và xoắn đồng thời
- + Xác định được mặt cắt nguy hiểm và áp dụng được điều kiện bền để giải ba bài toán cơ bản của sức bền .

4.1. Định nghĩa.

Một thanh uốn đồng thời xoắn là thanh chịu lực sao cho trên mọi mặt cắt ngang của nó chỉ có các thành phần nội lực : Các mô men uốn M_x , M_y và mô men xoắn M_z

* Với thanh mặt cắt ngang tròn

Đây là trường hợp uốn phẳng nên nếu hợp hai mô men M_x , M_y lại ta được :

4.2. Ứng suất.

Mặt phẳng tải trọng(mặt phẳng V) cũng là mặt phẳng quán tính chính trung tâm nên hai điểm A và B có Ứng suất pháp , là giao điểm mặt phẳng tải trọng với chu vi mặt cắt ngang.(hình 7-..).Trị số Ứng suất của nó là :

Trong đó : W_u là mô men chống uốn của mặt cắt ngang với đường trung hòa. Vì mặt cắt ngang hình tròn ta có :

Những điểm trên chu vi của mặt cắt ngang là những điểm có ứng suất lớn nhất do mô men xoắn gây ra và bằng :

4.3. Điều kiện bền và ba bài toán cơ bản.

4.3.1. Điều kiện bền

Theo thuyết thế năng biến đổi hình dạng

Trong đó :

4.3.2. Ba bài toán cơ bản.

a. Bài toán kiểm tra độ bền.

Từ điều kiện bền ta có công thức kiểm tra độ bền:

b. Bài toán xác định kích thước mặt cắt hợp lý

* Với thanh có mặt cắt tròn đặc đường kính là d ta có

c. Bài toán xác định tải trọng tác dụng hợp lý

4.4. Toán áp dụng

Một trục truyền có đường kính $d = 7\text{cm}$, trục chịu mô men xoắn $M_z = 498\text{Nm}$ (Hình 7-9). Trục truyền mang hai bánh truyền có đường kính $D_1 = 0,36\text{m}$, $D_2 = 0,71\text{m}$, phương chiều lực căng của đai truyền và các kích thước khác cho trên hình vẽ. Biết (bỏ qua trọng lượng của các bánh và đai truyền). Kiểm tra độ bền cho trục ?

Bài làm

Liên hệ giữa mô men xoắn và lực căng giữa các đai truyền là;

Thay $S_1 = 2S_2$; ta được

$$S_1 \approx 5533,32\text{N}$$

$$S_2 \approx 2805,63\text{N}$$

Để tính toán cho trục ta dời các lực căng S_1, S_2 , về tâm mỗi bánh ta được:

Các mô men $m_z = 498\text{Nm}$

Dựa vào ngoại lực ta vẽ được biểu đồ nội lực (Hình 7-9). Nhìn vào biểu đồ mô men xoắn nội lực ta thấy mặt cắt qua điểm C là nguy hiểm nhất.
Ta có:

Vậy

So sánh ta thấy:

Vậy trục AB đảm bảo độ bền.

CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Khái niệm thanh chịu lực phức tạp, phương pháp nghiên cứu?
2. Định nghĩa uốn xiên, viết công thức tính ứng suất, điều kiện bền và ba bài toán cơ bản ?
3. Định nghĩa uốn ngang phẳng và kéo (nén) đồng thời, viết công thức tính ứng suất, điều kiện bền và ba bài toán cơ bản ?
4. Định nghĩa uốn và xoắn đồng thời, viết công thức tính ứng suất, điều kiện bền và ba bài toán cơ bản ?

BÀI TẬP

Bài 1: Dầm AB có tiết diện chữ nhật cạnh $b = 3\text{cm}$, $h = 4\text{cm}$ chịu tác dụng của các lực $P_1 = 40\text{kN}$, $P_2 = 60\text{kN}$, chiều dài $l = 2\text{m}$ (Hình 7-10), ứng suất cho phép. Kiểm tra độ bền cho dầm ?

Bài 2: Một trục truyền, đặt trên hai gối đỡ C và D mang hai bánh khía C và D. Bánh C có đường kính $d_1 = 0,3\text{m}$, chịu một lực tiếp tuyến thẳng đứng $P_1 = 5\text{kN}$, Bánh D có đường kính $d_2 = 0,15\text{cm}$ chịu một lực tiếp tuyến nằm ngang $P_2 = 10\text{kN}$ (Hình 7-11).. Biết .Tính đường kính tối thiểu d của trục truyền (bỏ qua trọng lượng của trục và các bánh khía).

CHƯƠNG VIII: ỔN ĐỊNH CỦA THANH THẲNG CHỊU NÉN ĐÚNG TÂM

Trong quá trình làm việc các chi tiết máy chịu tác động của rất nhiều các yếu tố ảnh hưởng trực tiếp đến khả năng làm việc của chi tiết máy và của máy. Tính Ổn định là một trong những yếu tố có sự ảnh hưởng đến rất lớn đến khả năng làm việc và độ chính xác khi làm việc của máy, bộ phận máy.

Mục tiêu:

- + Trình bày được các khái niệm về: Ổn định của thanh thẳng chịu nén đúng tâm, lực tới hạn, ứng suất ổn định cho phép, hệ số giảm ứng suất.
- + Xác định được phương pháp tính Ổn định theo Euler và Iasinki và hệ số giảm ứng suất.
- + Sử dụng được bảng tìm được hệ số giảm ứng suất.
- + Có ý thức trách nhiệm, chủ động học tập.

1. KHÁI NIỆM VỀ ỔN ĐỊNH, LỰC TỚI HẠN VÀ ỨNGNG SUẤT TỚI HẠN.

Mục tiêu:

- + Trình bày được các khái niệm về: Ổn định của thanh thẳng chịu nén đúng tâm, lực tới hạn, ứng suất ổn định cho phép, hệ số giảm ứng suất.

1.1. Khái niệm về sự ổn định

Ngoài việc tính toán độ bền, độ cứng ta còn phải tính sự Ổn định của công trình hay chi tiết máy. Sự mất ổn định của một chi tiết nào đó trong cơ cấu máy có thể dẫn đến phá hỏng cả cơ cấu máy .

Sự Ổn định của công trình hay của chi tiết máy là khả năng chịu lực lớn nhất của chi tiết sao cho sự thay đổi hình dáng hình học không ảnh hưởng đến quá trình làm việc bình thường của công trình hay của chi tiết máy dưới tác dụng của ngoại lực.

1.2. Lực tới hạn và ứng suất tới hạn

1.2.1. Lực tới hạn

Xét thanh chịu nén đúng tâm như hình 8-1a. Giả sử chiều dài của thanh lớn gấp nhiều lần kích thước mặt cắt ngang. Khi độ lớn của P chưa đáng kể, nếu ta dùng một lực xô ngang R đẩy thanh lệch khỏi vị trí cân bằng thì sau khi bỏ R đi, thanh lại trở về vị trí ban đầu. Trạng thái đó gọi là trạng thái Ổn định của thanh.

Bây giờ ta tăng dần lực P lên, khi P đạt tới một giá trị nhất định, gọi là lực tới hạn (ký hiệu là P_{th}), ta thấy hiện tượng khác với trước. Khi chưa có lực xô ngang, thanh vẫn ở trạng thái thẳng đứng với giá trị P_{th} . Nhưng nếu có lực R xô ngang đẩy thanh lệch khỏi vị trí ban đầu thì sau khi bỏ R ra, thanh không trở lại trạng thái ban đầu nữa mà bị uốn cong hình 8-1b. Trạng thái cân bằng ban đầu của thanh trong trường hợp này là trạng thái không Ổn định (còn gọi là mất Ổn định) mặc dù vật liệu vẫn làm việc trong giới hạn đàn hồi ($P_{th} < P_{dh}$) nhưng thanh đang ở trạng thái nguy hiểm.

1.2.2. Ứng suất tới hạn

Ứng suất trong thanh chịu nén đúng tâm bởi lực P_{th} là :

Hay: (8-1)

Trong đó : σ_{th} : Ứng suất tới hạn

P_{th} lực tới hạn

E là mô đun đàn hồi kéo (nén) của vật liệu

λ là độ mảnh của thanh, được xác định theo công thức:

(8-2)

Với : μ là hệ số phụ thuộc vào liên kết ở hai đầu thanh (Hình 8-2)
gọi là bán kính quán tính cực tiểu của mặt cắt ngang.

2. CÔNG THỨC TÍNH LỰC TỐI HẠN VÀ ỨNG SUẤT TỐI HẠN THEO EULER.

Mục tiêu:

- + Trình bày được công thức tính ứng suất tối hạn: Công thức Euler
- + Xác định được phương pháp tính Ổ định theo Euler
- + Sử dụng được bảng tìm được hệ số giảm ứng suất.

2.1. Công thức.

* Từ biểu thức (8-1) ta thấy ứng suất tối hạn là một hàm hypecbol đối với λ (Hình 8-2)

Đường biểu diễn theo (8-1) gọi là đường hypecbol σ_{le} . Ta không được sử dụng toàn bộ đường đó vì khi λ càng nhỏ ứng suất tối hạn càng lớn và vượt quá giới hạn đàn hồi .

Công thức σ_{le} :

Trong đó :

- E là mô đun đàn hồi kéo (nén) của vật liệu
- λ là độ mảnh của thanh, được xác định theo công thức(8-2)

3.2. Phạm vi sử dụng.

Điều kiện áp dụng công thức σ_{le} là khi còn nhỏ hơn giới hạn tỷ lệ của vật liệu:

Từ đó ta có:

; hay

Nghĩa là ta chỉ giữ lại phần hypecbol σ_{le} tương ứng với giá trị

Trị số λ_0 chỉ phụ thuộc vào vật liệu.

3. CÔNG THỨC TÍNH LỰC TỐI HẠN VÀ ỨNG SUẤT TỐI HẠN THEO IASINKI

Mục tiêu:

- + Trình bày được công thức tính ứng suất tối hạn: Công thức Iasinki và hệ số giảm ứng suất.

+ Xác định được phương pháp tính Ổn định theo Iasinki và hệ số giảm ứng suất.

+ Sử dụng được bảng tìm được hệ số giảm ứng suất.

3.1. Công thức.

Với , vật liệu đã qua giới hạn tỷ lệ và đi vào miền dẻo . Để tính cho miền này ta có các công thức kinh nghiệm , một trong những công thức được áp dụng rộng rãi là công thức I-a-xin-xki:

Với a, b là hằng số phụ thuộc vào vật liệu và được xác định bằng thực nghiệm. Trị số đó có thể tra trong các sổ tay kỹ thuật.

Ví dụ : Thép N⁰³: a=3,36MN/m²; b= 1,47MN/m²....

3.2. Phạm vi sử dụng.

Đường I-a-xin-xki được biểu diễn trên hình 8-2 . Nhưng đường đó cũng chỉ đúng khi , tức là , với λ_1 là độ mảnh của thanh tương ứng với ứng suất chảy của vật liệu.

Khi với vật liệu dẻo thì ; với vật liệu giòn thì
Trị số λ_1 được xác định từ công thức I-a-xin-xki:

4. TÍNH TOÁN VỀ ỔN ĐỊNH.

Để tránh phiền phức phải để ý đến miền phân biệt λ , người ta đã đề ra phương pháp thực hành như sau:

Gọi ứng suất Ổn định cho phép là trị số :

$$(8-3)$$

$n_{\text{ổđ}}$ là hệ số an toàn Ổn định (thường lấy lớn hơn hệ số an toàn về bền)

Ví dụ: Thép lấy $n_{\text{ổđ}}= 1,8 \div 3$; với gang $n_{\text{ổđ}}=5 \div 5,5$;

Ứng suất cho phép theo điều kiện bền là trị số :

$$(8-4)$$

Trong đó : σ_0 là ứng suất nguy hiểm

n : hệ số an toàn về bền

Chia hai vế của (8-3) cho (8-4) ta có:

Ta nhận thấy hệ số φ luôn luôn nhỏ hơn 1 nên gọi là hệ số giảm ứng suất. Hệ số φ phụ thuộc vào độ mảnh của λ

* **Với thanh chịu nén điều kiện Ổn định là :**

Mà

Vậy điều kiện ổn định của thanh chịu nén là :

Ví dụ: Một thanh thẳng dài 2m có liên kết khớp ở hai đầu ($\mu=1$), thanh chịu lực nén $P=230\text{ kN}$. Biết $[\sigma]=140\text{ MN/m}^2$. Xác định số hiệu thép chữ I hợp lý cho thanh ?

Bài làm

Áp dụng công thức xác định kích thước mặt cắt hợp lý của thanh chịu nén.

Tính bằng phương pháp đúng dần bằng cách chọn tạm φ :

* Chọn $\varphi=0,5$

Tra bảng thép chữ I chọn số hiệu 22^a có $F=32,8\text{ cm}^2$;

$$i_{\min}=i_y=2,5\text{ cm}=2,5\cdot 10^{-2}\text{ m}$$

Vậy độ mảnh λ của thanh vừa chọn là

Tra bảng $\varphi=0,75$.

Hệ số φ lệch nhiều so với hệ số φ tạm chọn nên để tính được kết quả gần đúng ta chọn lại

* Chọn

Tra bảng thép chữ I chọn số hiệu 20 có $F=26,8\text{ cm}^2$; $i_{\min}=i_y=2,07\text{ cm}$

Vậy độ mảnh λ của thanh vừa chọn là

Tra bảng $\varphi=0,627$.

Kiểm tra lại mặt cắt vừa chọn :

;

Vậy chọn thép số hiệu 20 là hợp lý.

CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Khái niệm về ổn định, lực tới hạn và ứng suất tới hạn?
2. Viết công thức tính lực tới hạn, ứng suất tới hạn theo Euler, nêu phạm vi sử dụng?

3. Viết công thức tính lực tới hạn và ứng suất tới hạn theo Iasinki, nêu phạm vi sử dụng?

4. Viết công thức tính toán trị số ổn định ?

BÀI TẬP

Bài 1: Cho một thanh làm bằng thép góc đều cạnh $10 \times 10 \times 10$ cm và dài 1,2 m. Thanh có một đầu bị ngàm còn đầu kia tự do. Mô đun đàn hồi $E = 2 \cdot 10^5$ MN/m². Xác định lực tới hạn cho thanh (P_{th}) ?

Bài 2: Một cột làm bằng gỗ có chiều dài 3m, hai đầu bị bắt bản lề. mặt cắt của thanh có tiết diện tròn đường kính $d = 24$ cm; ứng suất cho phép của nén là $[\sigma]_n = 10$ MN/m². Xác định lực nén cho phép đối với cột ?

CHƯƠNG IX:

TÍNH ĐỘ BỀN CỦA THANH CHỊU ỨNG SUẤT THAY ĐỔI

Trong thực tế nhiều chi tiết máy và công trình dưới tác dụng của tải trọng ứng suất trên mặt cắt ngang biến đổi theo thời gian.

Ví dụ: Trục xe tàu hỏa quay dưới tải trọng không đổi, dàn cầu khi đoàn tàu chạy qua.....

Mục tiêu:

+ Hiểu được các khái niệm: ứng suất thay đổi, chu trình ứng suất, chu kỳ tần số, hiện tượng mỏi, giới hạn mỏi.

+ Kiểm tra được độ bền của thanh chịu ứng suất thay đổi theo hệ số an toàn.

+ Có ý thức trách nhiệm, chủ động học tập.

1. Khái niệm về thanh chịu ứng suất thay đổi

Đã từ lâu người ta đã nhận thấy các chi tiết chịu ứng suất thay đổi theo thời gian thường bị phá hủy đột ngột (không có biến dạng dư tuy làm bằng vật liệu dẻo) với ứng suất còn rất thấp so với giới hạn bền của vật liệu nhưng sau

một thời gian dài chịu đựng chi tiết sẽ bị phá hủy một cách đột ngột. Hiện tượng đó gọi là hiện tượng mỏi của vật liệu

2. Hiện tượng mỏi của vật liệu.

Hiện tượng mỏi được đặc biệt chú ý trong kỹ thuật . Khoảng 90% chi tiết máy bị hỏng đều do nguyên nhân mỏi. Vì thế khi tính toán các chi tiết chịu ứng suất biến đổi, cần kiểm tra độ bền mỏi của chúng

Hiện tượng vật liệu bị phá hỏng do ứng suất biến đổi theo thời gian gọi là hiện tượng mỏi của vật liệu.

3. Chu trình và đặc trưng chu trình ứng suất.

3.1. Chu trình

Quá trình biến đổi của ứng suất theo thời gian, qua hai giá trị kế tiếp nhau và lặp lại giá trị ban đầu, gọi là chu kỳ ứng suất.

Thời gian thực hiện một chu trình là một chu kỳ , ký hiệu là T

3.2. Đặc trưng chu trình ứng suất

Gọi p_{max} , p_{min} là giá trị lớn nhất và nhỏ nhất của ứng suất (có thể là σ hoặc τ tùy theo loại biến dạng), ta có đại lượng:

$$(9-1)$$

Trong đó: p_{tb} được gọi là ứng suất trung bình.

* Biên độ của chu trình hay biên độ của ứng suất được tính bằng:

$$(9-2)$$

Biên độ luôn luôn có giá trị dương

Từ (9-1) và (9-2) ta có:

Chu trình $p_{max} = -p_{min}$ gọi là chu trình đối xứng; chu trình có $p_{max} \neq -p_{min}$ gọi là chu trình không đối xứng. Chu trình có p_{max} hoặc p_{min} bằng 0 gọi là chu trình mạch động.

Tỷ số : gọi là hệ số không đối xứng của chu trình

Theo định nghĩa:

- Khi $r = -1$: chu trình đối xứng

- Khi $r = 1$: chu trình hằng

- Khi $r = 0$: chu trình mạch động(dương)

- Khi $r = -$: chu trình không đối xứng(âm)

4. Giới hạn mỏi.

Giới hạn mỏi là trị số lớn nhất của ứng suất biến đổi tuần hoàn mà vật liệu có thể chịu đựng được so với chu trình không hạn định, không xuất hiện vết nứt vì mỏi.

Để tính độ bền mỏi của các chi tiết người ta phải làm các thí nghiệm xác định giới hạn mỏi của vật liệu ứng với các chu trình có hệ số đối xứng khác nhau. Đó là giá trị lớn nhất ứng suất biến đổi tuần hoàn mà vật liệu có thể chịu được với số chu trình không hạn định mà không xuất hiện các vết nứt vì mỏi.

Gọi N_r là số chu trình mà vật liệu chịu đựng được (cho đến khi hỏng) với ứng suất p_r ; bằng thực nghiệm người ta đã lập ra được biểu đồ $p = p(N)$ - gọi là biểu đồ mỏi (hình 9-1)

Giá trị ứng suất ứng với đường tiệm cận của đường cong mỏi được coi là giới hạn mỏi p_r (vì đó là ứng suất lớn nhất mà vật liệu có thể chịu đựng được với một số chu trình vô hạn mà không bị hỏng). Thực nghiệm cho thấy với mỗi loại vật liệu, có một số chu trình N_r mà nếu vật liệu đã chịu được thì sẽ chịu đựng được mãi mãi, nghĩa là với mọi $N > N_r$.

Đối với thép $N_r = 10^7$, với kim loại màu $N_r = 20.10^7$

Giới hạn mỏi của vật liệu được ký hiệu với chỉ số không đối xứng r . Giới hạn mỏi uốn đối xứng của thép thường bằng:

Các giới hạn khi kéo(nén) đối xứng (σ) hoặc xoắn đối xứng (τ) có thể tính theo công thức :

Đối với kim loại màu

5. Các nhân tố ảnh hưởng đến giới hạn mỏi, các biện pháp khắc phục.

5.1. Các nhân tố ảnh hưởng đến giới hạn mỏi

Thực nghiệm cho thấy giới hạn mỏi không chỉ phụ thuộc vào hệ số không đối xứng của chu trình mà còn phụ thuộc rất nhiều vào các thông số khác nữa, sự tập trung ứng suất, chất lượng bề mặt, kích thước tuyệt đối của chi tiết,...Để xét đến ảnh hưởng của các thông số đó, người ta dùng hệ số thực tế α_r là tỷ số giữ giới hạn mỏi p_{-1} của một mẫu thử có đường kính $d=7\div 10$ mm, bề mặt đánh bóng, với giới hạn mỏi p_{-1t} của chi tiết thực tế:

Như vậy, giới hạn mỗi của một chi tiết thực tế làm việc theo chu trình đối xứng bằng:

Hệ số α_r là tích số của các hệ số:

a. Ảnh hưởng của sự tập trung ứng suất

Ở những nơi có sự thay đổi đột ngột về kích thước và những nơi lắp ghép căng có hiện tượng tập trung ứng suất

Sự tập trung ứng suất có ảnh hưởng đến độ bền mỗi của vật liệu. Vì vậy khi tính toán người ta đưa ra hệ số k được gọi là hệ số tập trung ứng suất thực tế

Nếu ứng suất biến đổi là ứng suất pháp thì có k_σ

Nếu ứng suất biến đổi là ứng suất tiếp thì có k_τ

Trong đó:

σ_{moi} là giới hạn mỗi của chi tiết không có yếu tố tập trung ứng suất

$\sigma_{\text{moi}(k)}$ là giới hạn mỗi của chi tiết có tính đến yếu tố tập trung ứng suất.

b. Ảnh hưởng của trạng thái bề mặt

Bề mặt chi tiết càng rắn, càng cứng thì giới hạn mỗi của vật liệu càng tăng, vì càng khó phát sinh vết nứt vi mô. Nếu gọi ε_1 là hệ số ảnh hưởng của chất lượng bề mặt chi tiết đến độ bền mỗi, ta có:

c. Ảnh hưởng của kích thước chi tiết

Kích thước chi tiết càng lớn giới hạn mỗi càng thấp. Vì chi tiết càng to khuyết tật càng nhiều càng dễ gây nên vết nứt vi mô.

Độ sâu tương đối của bề mặt biến cứng trong gia công của chi tiết nhỏ lớn hơn của chi tiết lớn.

Kết luận: Ba yếu tố ảnh hưởng đến độ bền mỗi của vật liệu là:

Các hệ số này được xác định bằng thực nghiệm và có ở trong sổ tay kỹ thuật.

5.2. Các biện pháp khắc phục

+ Biện pháp thứ nhất:

Dùng vật liệu có giới hạn bền cao, có độ dẻo đủ, đồng chất hạt nhỏ, không có ứng suất dư, ít bọt khí, không vết nứt.....

Thường người ta dùng các loại thép hợp kim để chế tạo các chi tiết máy chịu ứng suất biến đổi như thép 40X, 40XH, 45X,.....

+ Biện pháp thứ hai:

Hình dạng chi tiết máy bên ngoài hợp lý tránh những chuyển tiếp đột ngột để giảm bớt sự tập trung ứng suất bằng cách chế tạo bán kính góc lượn hoặc vát mép tại những vị trí chuyển tiếp

+ Biện pháp thứ ba:

Làm cho bề mặt chi tiết có độ nhẵn cao, cứng bằng những biện pháp công nghệ phù hợp như: Mài, phun bi, cán lăn và nhiệt luyện....

6. Tính độ bền theo hệ số an toàn

Khi tính độ bền mỗi của chi tiết, người ta thường so sánh hệ số an toàn n_r (giữa chu trình cho trước và chu trình đồng dạng với nó) với hệ số an toàn cho phép theo điều kiện:

6.1. Trường hợp chi tiết chịu uốn (Ứng suất biến đổi là ứng suất pháp)

6.2. Trường hợp chi tiết chịu xoắn

6.2. Trường hợp chi tiết chịu uốn và xoắn đồng thời

Trường hợp uốn và xoắn biến đổi đồng thời, ứng suất pháp và ứng suất tiếp thay đổi đồng bộ, có thể áp dụng giả thuyết ứng suất tiếp lớn nhất hay giả thuyết về thế năng biến đổi hình dáng lớn nhất để suy ra công thức tính hệ số an toàn n_r như sau:

Hay:

Trong đó:

là hệ số an toàn mỗi khi uốn

là hệ số an toàn mỗi khi xoắn

n là hệ số an toàn mỗi khi uốn xoắn đồng thời

σ_{-1} và τ_{-1} là giới hạn mỗi khi uốn và xoắn của chu trình đối xứng

ψ_σ và ψ_τ là hệ số vật liệu

σ_{bd} và τ_{bd} là ứng suất biên độ

σ_{tb} và τ_{tb} là ứng suất trung bình

k_σ và k_τ là hệ số tập trung ứng suất

ε_1 và ε_2 là hệ số ảnh hưởng của trạng thái bề mặt và kích thước chi tiết

$[n]$ là hệ số an toàn cho phép; $[n] = 1,5 \div 2,5$

Ví dụ: Trục AD chịu lực và biểu đồ nội lực (Hình 9-2) . hãy xác định hệ số an toàn tại vị trí lắp bánh răng (mặt cắt qua C) biết trục làm bằng thép 45 có $\sigma_B = 600 \text{MN/m}^2$; $\sigma_{-1} = 250 \text{MN/m}^2$, $\tau_{-1} = 150 \text{MN/m}^2$;
 $\beta = 3,36$; ; hệ số vật liệu $\psi_\sigma = 0,1$ và $\psi_\tau = 0,05$; $d_c = 50 \text{mm}$. Trục quay một chiều có $M_{z_{\min}} = 0$; $\sigma_{tb} = 0,23 \text{MN/m}^2$; $W_u = 10650 \text{mm}^3$; $W_0 = 22900 \text{mm}^3$

Bài làm

Mặt cắt qua điểm C của trục chịu uốn xoắn đồng thời. Vậy hệ số an toàn được tính theo công thức:

Trong đó:

Trục quay một chiều có $M_{z_{\min}} = 0$ $\tau_{\min} = 0$

Thay các số liệu trên vào công thức ta có:

Vậy hệ số an toàn tại mặt cắt qua C là:

CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Khái niệm về thanh chịu ứng suất thay đổi ?

2. Trình bày hiện tượng mỏi của vật liệu ?
3. Chu trình và đặc trưng chu trình ứng suất ?
4. Giới hạn mỏi là gì ? Các biểu thức xác định giới hạn mỏi?
5. Các nhân tố ảnh hưởng đến giới hạn mỏi, các biện pháp khắc phục?
6. Viết công thức tính độ bền theo hệ số an toàn trong các trường hợp chi tiết chịu uốn, xoắn, uốn xoắn đồng thời ?

TRẢ LỜI CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP

CHƯƠNG I: NHỮNG KHÁI NIỆM MỞ ĐẦU

TRẢ LỜI CÂU HỎI

1. Trình bày được các giả thuyết cơ bản về vật liệu:
 - Giả thuyết về tính liên tục, đồng chất và đẳng hướng
 - Giả thuyết về vật liệu đàn hồi tuyệt đối
 - Giả thuyết về tương quan giữa biến dạng và lực
 - Nguyên lý độc lập tác dụng
2. Trình bày được các định nghĩa:
 - Ngoại lực
 - Nội lực
 - Ứng suất
 - Phân loại ứng suất
3. Trình bày được phương pháp mặt cắt xác định nội lực
4. Trình bày được các loại biến dạng cơ bản của vật liệu

CHƯƠNG II: KÉO - NÉN ĐÚNG TÂM

TRẢ LỜI TRẢ LỜI

1. Trình bày được:
 - Định nghĩa thanh chịu kéo - nén đúng tâm,
 - Quy ước dấu nội lực N_z trong thanh chịu kéo - nén đúng tâm
2. Trình bày được phương pháp vẽ biểu đồ nội lực trong thanh chịu kéo - nén đúng tâm
3. Viết được biểu thức tính ứng suất sinh ra trên mặt cắt ngang của thanh chịu kéo - nén đúng tâm và giải thích ký hiệu
4. - Viết được biểu thức tính biến dạng dài của thanh
 - Trình bày được các định luật Húc, định luật Poat-xông
5. + Viết được điều kiện bền
 - + Viết được các công thức tính toán cho thanh chịu kéo – nén đúng tâm và giải thích ký hiệu
 - Bài toán kiểm tra độ bền
 - Bài toán xác định kích thước hợp lý
 - Bài toán xác định tải trọng tác dụng hợp lý

TRẢ LỜI BÀI TẬP

Bài 1:

- a) Vẽ biểu đồ nội lực thanh AB (Hình 2-20a)
- b) Thanh AB đảm bảo độ bền.

Bài 2:

- a, Vẽ biểu đồ nội lực cho thanh (*Hình 2-21a*)
- b, Biến dạng dài tuyệt đối cho trục AB: $\Delta l = 0,083\text{cm}$
- c, Thanh AB đảm bảo độ bền

Bài 3:

- a, Vẽ biểu đồ nội lực cho thanh AD: (*Hình 2-22a*)
- b, Vẽ biểu đồ ứng suất cho thanh: σ_z (*Hình 2-22a*)
- c, Thanh AD không đảm bảo độ bền

CHƯƠNG III: CẮT VÀ DẬP

TRẢ LỜI CÂU HỎI

1. Trình bày được định nghĩa thanh chịu cắt
2. Viết được các biểu thức của các bài toán tính toán cho thanh chịu cắt
 - Bài toán kiểm tra độ bền
 - Bài toán xác định kích thước hợp lý
 - Bài toán xác định tải trọng tác dụng hợp lý
3. Trình bày được định nghĩa thanh chịu dập
4. Viết được các biểu thức của các bài toán tính toán cho thanh chịu dập
 - Bài toán kiểm tra độ bền
 - Bài toán xác định kích thước hợp lý
 - Bài toán xác định tải trọng tác dụng hợp lý

TRẢ LỜI BÀI TẬP

Bài 1:

Bài 2:

- Tính đường kính hợp lý cho đỉnh khi chịu cắt
 $d = 1,6 \text{ cm}$
- Tính đường kính hợp lý cho đỉnh khi chịu dập
 $d = 1 \text{ cm}$

Chọn $d = 1,6 \text{ cm}$

CHƯƠNG IV: ĐẶC TRƯNG HÌNH HỌC CỦA MẶT CẮT

TRẢ LỜI CÂU HỎI

1. - Trình bày được định nghĩa mômen tĩnh
 - Viết được công thức xác định tọa độ trọng tâm của hình phẳng
2. Trình bày được các định nghĩa:
 - Mômen quán tính trục

- Mômen quán tính độc cực
 - Mômen quán tính ly tâm
3. Viết được các công thức xác định các đặc trưng hình học của một số mặt cắt đơn giản
- Mặt cắt hình chữ nhật
 - Mặt cắt hình tam giác
 - Mặt cắt hình tròn đặc
 - Mặt cắt hình tròn rỗng
4. Trình bày được các định nghĩa:
- Hệ trục quán tính chính trung tâm
 - Mô men quán tính chính trung tâm
5. Viết được các công thức chuyển trục song song

TRẢ LỜI BÀI TẬP

Bài 1: (Hình 4 -13a)

Mô men quán tính chính trung tâm của hình phẳng là: $J_{x_0} = 4576$

$$J_{y_0} = 1256$$

Bài 2: (Hình 4 -14a)

Mô men quán tính chính trung tâm của hình phẳng:

$$J_{x_0} = 5848,17$$

$$J_{y_0} = 1130,67$$

CHƯƠNG V : XOẮN THUẦN TÚY THANH TRÒN

TRẢ LỜI CÂU HỎI

6. Trình bày được các định nghĩa thanh chịu xoắn nêu quy ước dấu nội lực M_z và các bước vẽ biểu đồ nội lực M_z của thanh chịu xoắn thuần túy ?
7. Vẽ biểu đồ phân bố ứng suất trên mặt cắt ngang của thanh chịu xoắn thuần túy?
8. Viết công thức tính ứng suất lớn nhất sinh ra trên mặt cắt ngang của thanh chịu xoắn thuần túy? Giải thích các ký hiệu?

9. Viết các công thức tính toán của các bài toán cơ bản tính theo điều kiện bền cho thanh chịu xoắn thuần túy ?
10. Viết các công thức tính toán của các bài toán cơ bản tính theo điều kiện cứng cho thanh chịu xoắn thuần túy ?

TRẢ LỜI BÀI TẬP

Bài 1 :

Vẽ biểu đồ mô men xoắn nội lực của thanh AC: *Hình 5-8a*

Bài 2:

a. Vẽ biểu đồ nội lực cho thanh (hình 5-9a)

b. Thanh AD đảm bảo độ bền

<

Bài 3:

a. Vẽ biểu đồ nội lực cho thanh AB: *Hình 5-10a*

b. Vẽ biểu đồ ứng suất τ_{\max} cho thanh AB: *Hình 5-10a*

c. Thanh AD đảm bảo độ bền

< $\tau]_x = 10 \text{ kN/cm}^2$

CHƯƠNG VI : UỐN NGANG PHẪNG THANH THẲNG

TRẢ LỜI CÂU HỎI

1. Trình bày được
 - Các định nghĩa thanh chịu uốn ngang phẳng
 - Nêu quy ước dấu nội lực Q_y , M_x
 - Các bước vẽ biểu đồ nội lực Q_y , M_x của thanh chịu uốn ngang phẳng?
2. Viết được công thức tính ứng suất trong dầm chịu uốn , giải thích các đại lượng trong công thức
3. . Viết được điều kiện bền về ứng suất pháp và công thức tính toán của ba bài toán cơ bản trong thanh chịu uốn ngang phẳng
4. Vẽ được biểu đồ phân bố ứng suất trên mặt cắt ngang của thanh chịu uốn phẳng thuần túy

TRẢ LỜI BÀI TẬP

Bài 1: - Vẽ biểu đồ nội lực Q_y , M_x cho dầm AC : *Hình 6-11a*

- Dầm AC đảm bảo độ bền

$$\leq 10 \text{ kN/cm}^2$$

Bài 2:

- Vẽ biểu đồ nội lực Q_y , M_x cho dầm AB : *Hình 6-12a*

- Dầm AB không đảm bảo độ bền
> = 10 kN/cm²

Bài 3:

- Vẽ biểu đồ nội lực Q_y , M_x cho dầm AB : *Hình 6-13a*
- Dầm AB đảm bảo độ bền
- >

CHƯƠNG VII: THANH CHỊU LỰC PHỨC TẠP

TRẢ LỜI CÂU HỎI

1. Trình bày được:
 - Khái niệm thanh chịu lực phức tạp
 - Phương pháp nghiên cứu
2. - Trình bày được định nghĩa uốn xiên
 - Viết công thức tính ứng suất
 - Viết được công thức xác định điều kiện bền và ba bài toán cơ bản
3. - Trình bày được định nghĩa uốn ngang phẳng và kéo (nén) đồng thời

- Viết công thức tính ứng suất
- Viết được công thức xác định điều kiện bền và ba bài toán cơ bản
- 4. - Trình bày được định nghĩa uốn ngang phẳng và kéo (nén) đồng thời
- Viết công thức tính ứng suất
- Viết được công thức xác định điều kiện bền và ba bài toán cơ bản

TRẢ LỜI BÀI TẬP

Bài 1: Hình 7-10a

$$h = 0,257\text{cm}$$

$$b = 0,154\text{cm}$$

Bài 2:

CHƯƠNG VIII:

ỔN ĐỊNH CỦA THANH THẲNG CHỊU NÉN ĐÚNG TÂM

TRẢ LỜI CÂU HỎI

1. Trình bày được :
 - Khái niệm về ổn định
 - Khái niệm lực tới hạn
 - Khái niệm ứng suất tới hạn
2. - Viết được công thức tính lực tới hạn, ứng suất tới hạn theo Euler
 - Trình bày được nêu phạm vi sử dụng
3. - Viết được công thức tính lực tới hạn, ứng suất tới hạn theo Iasinki
 - Trình bày được nêu phạm vi sử dụng
4. Viết được công thức tính toán trị số ổn định

TRẢ LỜI BÀI TẬP

Bài 1: $P_{th} = 250\text{kN}$

Bài 2: $[P] = 362\text{kN}$

CHƯƠNG IX:

TÍNH ĐỘ BỀN CỦA THANH CHỊU ỨNG SUẤT THAY ĐỔI

TRẢ LỜI CÂU HỎI

7. Trình bày được khái niệm về thanh chịu ứng suất thay đổi
8. Trình bày được hiện tượng mỏi của vật liệu
9. Trình bày được chu trình và đặc trưng chu trình ứng suất
10. - Trình bày được giới hạn mỏi là gì
 - Viết được các biểu thức xác định giới hạn mỏi
11. Trình bày được:
 - Các nhân tố ảnh hưởng đến giới hạn mỏi
 - Các biện pháp khắc phục
12. Viết được công thức tính độ bền theo hệ số an toàn trong các trường hợp chi tiết chịu uốn, xoắn, uốn xoắn đồng thời