

BỘ CÔNG THƯƠNG
TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHIỆP QUẢNG NINH



GIÁO TRÌNH
KẾT CẤU THÉP
DÙNG CHO TRÌNH ĐỘ ĐẠI HỌC

QUẢNG NINH - 2015

CHƯƠNG 1

ĐẠI CƯƠNG VỀ KẾT CẤU THÉP

1.1. Định nghĩa

Khái niệm “kết cấu thép” dùng để chỉ những kết cấu chịu lực của những công trình xây dựng làm bằng thép hoặc kim loại khác nói chung. Đó là loại kết cấu công trình quan trọng trong nền xây dựng hiện đại, đặc biệt đối với xây dựng công nghiệp. Kết cấu thép được tạo nên bởi những cấu kiện khác nhau: các thanh, các tấm; chúng liên kết với nhau tạo nên những kết cấu và công trình đáp ứng nhiệm vụ sử dụng.

1.2. Ưu nhược điểm của kết cấu thép

Kết cấu thép có những ưu điểm sau khiến nó được sử dụng rộng rãi trong công trình xây dựng.

- **Khả năng chịu lực lớn độ tin cậy cao.** Kết cấu thép có khả năng chịu lực lớn do vật liệu thép có cường độ lớn, lớn nhất trong các vật liệu xây dựng. Độ tin cậy cao là do cấu trúc thuần nhất của vật liệu, sự làm việc đàn hồi và dẻo của vật liệu thép gần sát nhất với các giả thiết tính toán.
- **Trọng lượng nhẹ.** Kết cấu thép nhẹ nhất trong số các kết cấu chịu lực: Bê tông cốt thép, gạch đá, gỗ. Để đánh giá phẩm chất nhẹ của một vật liệu, người ta thường dùng hệ số c (hệ số phẩm chất) là tỷ lệ giữa trọng lượng riêng và cường độ tính toán gốc của nó $c = \frac{\gamma}{R}$. Đối với thép $c = 3,7 \cdot 10^{-4}$ l/m, nhẹ hơn gỗ $c = 5,4 \cdot 10^{-4}$ l/m và nhiều lần nhẹ hơn Bê tông $c = 2,4 \cdot 10^{-3}$ l/m.
- **Tính công nghiệp hóa cao.** Do sự sản xuất vật liệu (thép cán) hoàn toàn trong các nhà máy luyện kim, và sự chế tạo kết cấu thép được làm chủ yếu trong các nhà máy chuyên ngành, hoặc ít ra thì cũng dùng những loại máy móc thiết bị chuyên dụng. Kết cấu thép thích hợp nhất với điều kiện xây dựng công nghiệp hóa.
- **Tính cơ động trong vận chuyển, lắp ráp.** Do trọng lượng nhẹ, độ cứng lớn nên việc vận chuyển và lắp ráp kết cấu thép dễ dàng và nhanh chóng. Kết cấu thép dễ sửa chữa, thay thế, tháo dỡ, di chuyển. Điều này đặc biệt quan trọng khi cần cải tạo các cơ sở sản xuất cho phù hợp với dây chuyền công nghệ mới, các công trình phải di chuyển khi cần thiết, hoặc để khôi phục sửa chữa cầu, nhà máy... đã bị hư hỏng, xuống cấp.
- **Tính kín.** Vật liệu và liên kết kết cấu thép có tính kín không thấm nước, không thấm khí, nên thích hợp nhất cho các công trình bể chứa chất lỏng, chất khí; điều này khó thực hiện đối với các vật khác.

Đồng thời, kết cấu thép cũng có những khuyết điểm hạn chế việc sử dụng:

- **Bị ăn mòn.** Trong môi trường không khí ẩm, nhất là trong môi trường xâm thực, thép bị gỉ, từ gỉ bề mặt cho đến bị phá hoại hoàn toàn, có thể chỉ sau vài ba năm. Bởi vậy, cần bảo vệ chống ăn mòn cho thép, nhất là ở những nơi ẩm ướt, nơi có hàm lượng chất ăn mòn cao. Tùy mức độ ăn mòn mà sử dụng các lớp bảo vệ khác nhau cho thép: Sơn thông thường, sơn tĩnh điện, mạ kẽm, mạ nhôm, mạ crôm....Chi phí bảo dưỡng KCT (kết cấu thép) là khá cao. Nhôm và một số hợp kim nhôm có khả năng chống gỉ cao; gang cũng là vật liệu chống gỉ tốt.

- **Chịu lửa kém.** Thép không cháy nhưng ở nhiệt độ $t = 500 \div 600^{\circ}\text{C}$, thép chuyển sang trạng thái dẻo, mất khả năng chịu lực, kết cấu bị sụp đổ dễ dàng. Độ chịu lửa của KCT thậm chí kém cả kết cấu gỗ dán. Bởi vậy, đối với những công trình nguy hiểm về mặt phòng cháy như: kho chất cháy, nhà ở, nhà công cộng, khung thép nhà cao tầng... thép phải được bọc bằng lớp chịu lửa (bê tông, tấm gốm, sơn phòng lửa...).

1.3. Phạm vi áp dụng

Do các đặc điểm nói trên, KCT thích hợp với các công trình lớn (nhịp rộng, chiều cao lớn, chịu tải trọng nặng), các công trình cần trọng lượng nhẹ, các công trình cần độ kín không thấm nước hoặc khí. Phạm vi ứng dụng của KCT rất rộng, có thể chia làm các loại công trình như sau:

- Nhà công nghiệp, khung nhà công nghiệp là toàn bộ bằng thép khi nhà cao, cầu trục nặng, hoặc có thể là hỗn hợp cột bê tông cốt thép, dầm và dầm thép.
- Nhà nhịp lớn, là những loại nhà do yêu cầu sử dụng phải có nhịp khá lớn trên $30 \div 40\text{ m}$, như nhà biểu diễn ca nhạc, nhà thi đấu thể dục thể thao, nhà triển lãm, nhà chứa máy bay....dùng KCT là hợp lý nhất. Có những trường hợp nhịp đặc biệt lớn, ví dụ trên 100m thì KCT là duy nhất áp dụng được. Có thể giảm trọng lượng kết cấu chịu lực nhà nhịp lớn nhờ dùng thép cường độ cao hoặc sử dụng ứng suất trước.
- Khung nhà nhiều tầng, đặc biệt kiểu nhà dạng tháp ở thành phố. Khi nhà trên $20 \div 30$ tầng nội lực trong cột sẽ rất lớn, yêu cầu độ cứng cao, dùng khung thép có lợi hơn khung bê tông cốt thép. Với các nhà siêu cao tầng thì KCT chịu lực là biện pháp duy nhất. Hiện nay đối với nhà cao tầng thường dùng KCT liên hợp thép - bê tông (cột thép hình bọc hoặc nhồi bê tông cùng chịu lực, sàn liên hợp dầm thép cùng làm việc với bản sàn bê tông), loại kết cấu này có nhiều ưu điểm khi chịu lực và có khả năng chống cháy tốt.
- Cầu đường bộ, cầu đường sắt, làm bằng thép thì nhịp vừa, nhịp lớn, khi cần thi công nhanh. Cầu treo bằng thép có thể vượt được nhịp rất lớn, trên 1000m .

- Kết cấu tháp cao, như các loại cột điện, cột ăngten vô tuyến, tháp trắc đạc, hoặc một số loại kết cấu đặc biệt như tháp khoan dầu. Sử dụng thép ở đây có lợi vì kết cấu nhẹ, dễ vận chuyển, dễ dựng lắp.
- Kết cấu bản, như các loại bể chứa dầu, bể chứa khí, các thiết bị của lò cao, của nhà máy hóa chất, nhà máy hóa dầu. Đây là phạm vi ứng dụng đặc biệt có lợi, nhiều khi là duy nhất của kết cấu thép, vì tính kín, chống thấm của KCT, vì khả năng làm việc trong những điều kiện bất lợi về nhiệt độ và áp suất.
- Các loại kết cấu di động, như cần trục, cửa van, gương ăngten parabôn... cần trọng lượng nhẹ để có thể di chuyển nâng cất được dễ dàng.

Ngày nay KCT còn được ứng dụng trong công trình của một số ngành công nghiệp hiện đại như dàn khoan dầu trên biển, kết cấu lò phản ứng hạt nhân v.v...

Nói chung, đối với nhiều nước trên thế giới, thép là vật liệu quý và hiếm, vì thép cần dùng cho mọi ngành của nền kinh tế quốc dân. Do đó trong những trường hợp có thể, người ta vẫn tìm cách thay thế thép bằng những vật liệu khác như bê tông cốt thép, gỗ dán. ở nước ta, phần lớn thép xây dựng là phải nhập ngoại nên việc sử dụng KCT hay bằng vật liệu khác lại càng phải cân nhắc, so sánh trong từng trường hợp cụ thể. Xét riêng về mặt giá vật liệu thì KCT đắt hơn kết cấu bê tông cốt thép khoảng ba lần: một đơn vị thể tích bê tông khoảng 70 lần, trong khi cường độ của thép cao hơn bê tông khoảng 20 lần. Tuy nhiên, nếu xét toàn diện giá thành xây dựng, kể cả hiệu quả kinh tế của việc thi công nhanh thì nhiều trường hợp dùng KCT có lợi hơn ngay cả với công trình nhỏ.

1.4. Các yêu cầu đối với KCT

Khi thiết kế KCT, cũng phải đạt được các yêu cầu sau đây như đối với mọi loại kết cấu khác.

yêu cầu về sử dụng, đó là yêu cầu cơ bản nhất đối với người thiết kế.

- KCT phải thỏa mãn các yêu cầu chịu lực đề ra do điều kiện sử dụng: phải đảm bảo độ an toàn như kết cấu phải đủ độ bền, độ cứng, đủ sức chịu mọi tải trọng sử dụng.
- Kết cấu phải đảm bảo độ bền lâu thích đáng của công trình. Hình dạng cũng như cấu tạo của kết cấu phải đảm bảo sao cho tiện bảo dưỡng, tiện kiểm tra và sơn bảo vệ.
- Đẹp cũng là một yêu cầu sử dụng, đặc biệt quan trọng đối với nhà công cộng có kết cấu lộ ra ngoài. KCT dễ có hình dạng hài hòa thanh thoát.

Yêu cầu về kinh tế thể hiện ở các mặt

- Tiết kiệm vật liệu. Thép cần được sử dụng một cách hợp lý, đúng chỗ, thay thế thép bằng vật liệu khác khi có thể được. Việc tiết kiệm vật liệu

còn đạt được bằng cách chọn giải pháp kết cấu hợp lý, dùng thép cường độ cao, dùng phương pháp tính toán tiên tiến.

- Lắp ráp nhanh. KCT được chế tạo trong nhà máy, sau đó phải dễ dàng vận chuyển đến nơi lắp dựng, bằng cách chia thành từng đơn vị vận chuyển hay để nguyên cả kết cấu. Tại công trường, kết cấu phải có thể được lắp ráp nhanh chóng với thiết bị sẵn có, liên kết khi dựng lắp phải dễ dàng thuận tiện.

Điện hình hóa KCT. Điện hình hóa có nhiều mức độ: điện hình hóa từng cấu kiện như xà gồ, dầm, dàn; điện hình hóa cả kết cấu như cột điện, bể chứa, nhịp cầu, khung nhà v.v. Việc điện hình hóa tránh được thiết kế lắp lại có thể nghiên cứu các dạng kết cấu tối ưu, lợi về các mặt vật liệu và giá thành. Mặt khác có thể chế tạo hàng loạt lớn những cấu kiện. ở nước ta đã có nhiều tiến bộ trong việc thiết kế điện hình KCT, áp dụng trong cả nước hoặc trong từng ngành như: vì kèo mái nhà, cột đường dây tải điện, cầu khẩu độ nhỏ, bể chứa dầu v.v...



Hình 1.1. Khung nhà bằng thép trong xây dựng

1.5. Thép xây dựng

1.5.1. Phân loại thép xây dựng

- Theo thành phần hóa học thép được chia ra:

+ Thép các bon: hàm lượng các bon dưới 1,7%, không có các thành phần hợp kim khác. Tùy theo hàm lượng các bon lại chia ra: thép các bon thấp, thép các bon vừa và thép các bon cao.

+ Thép hợp kim: có thêm các thành phần kim loại khác như crôm (Cr), kền (Ni), mangan (Mn),... nhằm nâng cao chất lượng thép như tăng độ bền, tăng tính chống gỉ. Trong xây dựng dùng thép hợp kim thấp với tỷ lệ của tổng các nguyên tố phụ dưới 2,5%.

- Theo phương pháp luyện thép:

- + Luyện bằng lò quay
- + Luyện bằng lò bằng

- Theo mức độ khử ôxy

- + Thép sôi
- + Thép tĩnh (thép lặng)
- + Thép nửa tĩnh (thép nửa lặng)

1.5.2. Các mác thép dùng trong xây dựng

- Thép cac bon thấp (hàm lượng cacbon dưới 0,22%) cường độ thường (giới hạn chảy $< 290 \text{ N/mm}^2$). Tùy theo yêu cầu sử dụng, thép nhóm này được chia ra:

- + Nhóm A: đảm bảo chặt chẽ về tính chất cơ học.
- + Nhóm B: đảm bảo chặt chẽ về thành phần hóa học.
- + Nhóm C: đảm bảo chặt chẽ về tính chất cơ học và thành phần hóa học.

Thép làm kết cấu chỉ được dùng thép nhóm C.

Căn cứ yêu cầu về độ dai, thép cac bon thấp được chia thành 6 hạng ví dụ hạng 2 không cần đảm bảo độ dai và đập, hạng 6 phải đảm bảo độ dai va đập cần thiết sau khi bị hóa già cơ học, hạng 5 phải đảm bảo độ dai va đập ngay cả ở nhiệt độ thấp. Tiêu chuẩn cho phép dùng trong xây dựng ba hạng: thép sôi hạng 2, thép nửa tĩnh hạng 6, thép nửa tĩnh có mangan và thép tĩnh hạng 5.

Các ký hiệu trên mác thép có ý nghĩa như sau: CT có nghĩa là các bon thường, con số đi sau chỉ độ bền kéo đứt (N/mm^2), chữ s chỉ thép sôi (chữ n là nửa tĩnh, nếu thép tĩnh thì không ghi gì). Ví dụ CT38nMn là thép cac bon thường, độ bền kéo đứt là 38 N/mm^2 có thêm nguyên tố mangan. Trong mác thép, hạng thép được ghi cuối cùng, ví dụ CT38n2.

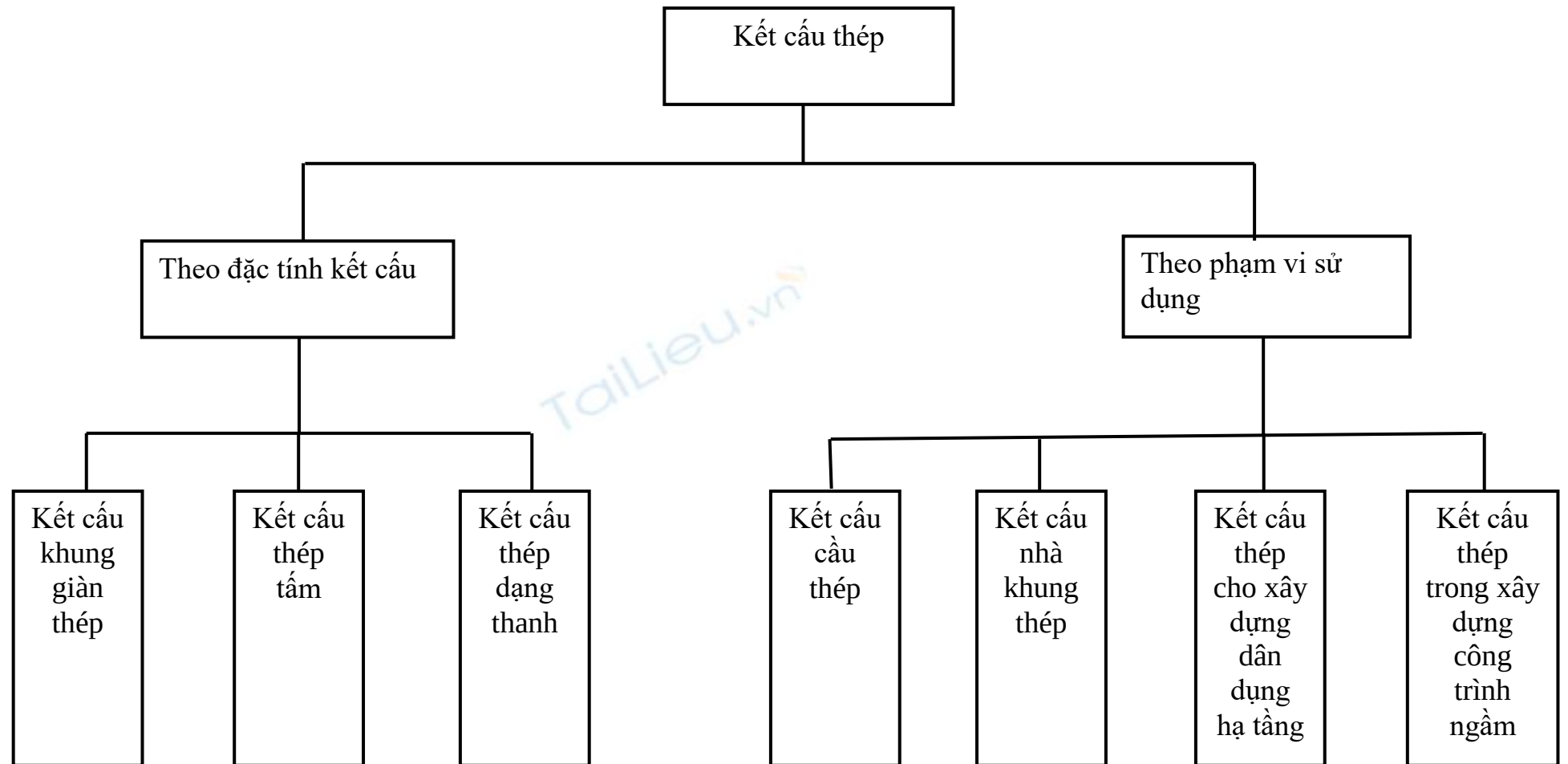
Thép dùng trong kết cấu thuộc nhóm C nên đầu mác thép có thêm ký hiệu C ví dụ CCT38

- Thép cường độ khá cao: là thép cac bon thấp mang nhiệt luyện hoặc thép hợp kim thấp. Giới hạn chảy $3100-4000 \text{ daN/cm}^2$, giới hạn bền $4500-5400 \text{ daN/cm}^2$.

- Thép cường độ cao: gồm các loại thép hợp kim có nhiệt luyện, giới hạn chảy cao trên 4400 daN/cm^2 và giới hạn bền trên 5900 daN/cm^2

1.5.3. Phân loại kết cấu thép

Tùy theo đặc tính cấu tạo của kết cấu thép và phạm vi sử dụng của kết cấu thép mà người ta có thể phân loại các kết cấu thép theo sơ đồ sau:



Hình 1.2: Phân loại kết cấu thép trong xây dựng

CHƯƠNG 2

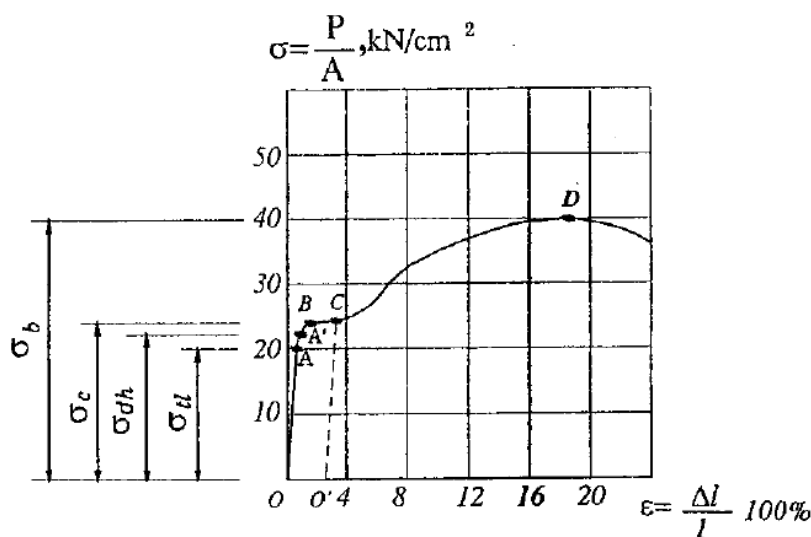
TÍNH CHẤT CƠ LÝ VÀ QUI CÁCH THÉP XÂY DỰNG

2.1. Thép xây dựng chịu kéo

Sự làm việc chịu kéo là dạng làm việc cơ bản của thép, đặc trưng cho sự chịu lực của thép dưới tải trọng. Qua nghiên cứu sự làm việc chịu kéo của thép, ta có các đặc trưng cơ học chủ yếu của thép như ứng suất giới hạn, biến dạng giới hạn, mô đun đàn hồi.

a. Biểu đồ ứng suất – biến dạng khi chịu kéo

Kéo một mẫu thép (vuông hoặc tròn) mềm mác CCT38 bằng tải trọng tĩnh tăng dần và vẽ đồ thị mối quan hệ giữa ứng suất σ và biến dạng tỉ đối ε , ta được biểu đồ kéo của thép. Trục tung biểu thị ứng suất $\sigma = P/A \text{ kN/cm}^2$; trục hoành biểu diễn biến dạng tỉ đối $\varepsilon = \Delta l/l, \%$ trong đó A, l là tiết diện và chiều dài ban đầu của mẫu, Δl là độ giãn dài ứng với từng cấp độ tải trọng.



Hình 1.1. Biểu đồ kéo của thép các bon thấp

Đồ thị gồm các đoạn sau:

Đoạn từ O đến A tương ứng với ứng suất từ 0 đến khoảng 2000 daN/cm^2 là một đường thẳng. Trong giai đoạn này, ứng suất và biến dạng có quan hệ tuyến tính, vật liệu làm việc tuân theo định luật Hook $\sigma = E \cdot \varepsilon$, trong đó mô đun đàn hồi E là hệ số góc của đường thẳng OA. Đối với thép các bon thông thường, $E = 2,06 \cdot 10^6 \text{ daN/cm}^2$. Giai đoạn này gọi là giai đoạn tỷ lệ, ứng suất tương ứng với điểm A gọi là giới hạn tỷ lệ σ_t .

Bên trên điểm A một chút cho tới điểm A', đường thẳng hơi cong đi, không còn giai đoạn tỷ lệ nữa nhưng thép vẫn làm việc đàn hồi nghĩa là biến dạng sẽ hoàn toàn mất đi khi không còn tải trọng nữa. Ứng suất ứng với điểm A' gọi là giới hạn đàn hồi σ_{dh} (ứng với biến dạng dư tương đối khoảng 0,05%) là giới hạn của vùng làm việc đàn hồi của thép. Thực tế, σ_{dh} khác rất ít với σ_t nên nhiều khi người ta đồng nhất hai giai đoạn làm việc này.

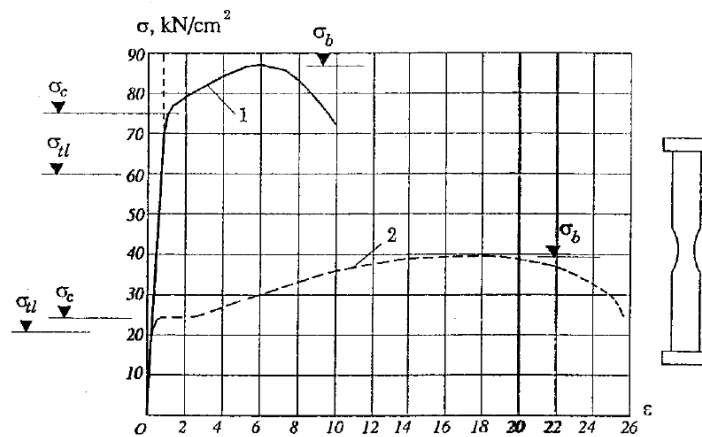
Đoạn A'B là một đường cong rõ rệt. Thép không còn làm việc đàn hồi nữa. Mô đun đàn hồi E giảm dần đến bằng 0 ở điểm B ứng với ứng suất chừng 2400 daN/cm^2 . Giai đoạn này gọi là giai đoạn đàn hồi dẻo.

Giai đoạn BC hầu như là đoạn nằm ngang gọi là giai đoạn chảy dẻo. Biến dạng vẫn tăng trong khi ứng suất không đổi. Đoạn nằm ngang ứng với biến dạng $\varepsilon = 0,2\%$ đến $2,5\%$ được gọi là thêm chảy. Ứng suất tương ứng với giai đoạn chảy dẻo gọi là giới hạn chảy σ_c . Nếu tại điểm C mà ta bỏ tải trọng, biểu đồ giảm tải sẽ đi theo đường CO' song song với đường gia tải đàn hồi, thép có biến dạng dư OO'.

Đoạn CD, quá giai đoạn chảy (quá trị số biến dạng $\varepsilon = 2,5\%$ đối với CCT38), thép không chảy nữa và lại có thể chịu được lực. Thép như được gia cường nên giai đoạn này gọi là giai đoạn củng cố. Quan hệ ứng suất – biến dạng là một đường cong thoải, biến dạng tăng nhanh theo kiểu biến dạng dẻo. Mẫu thép bị thắt lại, tiết diện thu nhỏ và bị kéo đứt ứng với ứng suất ở điểm D khoảng 4000 daN/cm^2 đối với CCT38. Ứng suất này gọi là giới hạn bền. Biến dạng lúc kéo đứt rất lớn $\varepsilon = 20\%$ đến 25% .

Cơ chế làm việc như trên của thép có thể được giải thích bằng cấu trúc hạt của thép và cấu trúc tinh thể của các hạt ferit. Hạt ferit gồm các tinh thể với các mạng nguyên tử đều đặn hoặc có khuyết tật (gọi là các biên vị). Những biên vị này làm cho các phần của tinh thể ferit khi chịu lực dễ bị trượt tương đối với nhau. Thép gồm các hạt ferit với các mạng peclit cứng hơn nên cường độ của thép cao hơn nhiều so với ferit nguyên chất. Trong giai đoạn chịu lực trước giới hạn tỷ lệ, biến dạng của thép chỉ là do biến dạng hồi phục được của các mạng nguyên tử. Sau đó, trong một số hạt ferit có các biên vị, xuất hiện sự trượt; biến dạng tăng nhanh hơn ứng suất (giai đoạn đàn hồi – dẻo). Ứng suất tăng nữa, sự trượt trong các hạt riêng lẻ phát triển thành những đường trượt làm thép bị biến dạng lớn với ứng suất không đổi, tạo nên thêm chảy. Sau giai đoạn chảy, mạng peclit xung quanh các tinh thể ferit bắt đầu ngăn cản sự biến dạng của các tinh thể này; đường trượt phải cắt qua các mạng peclit. Do đó phải tăng thêm ứng suất, tương ứng với giai đoạn củng cố. Tiết diện bị thắt lại, ứng suất tập trung ở chỗ thắt, và khi thắng được lực tương tác nguyên tử thì thép đứt.

Hiện tượng thêm chảy chỉ có ở thép cacbon có hàm lượng cacbon từ 0,1 đến 0,3%. Nếu ít cacbon, các mạng peclit không đủ để giữ các hạt ferit bị trượt. Nếu nhiều cacbon, mạng peclit nhiều và dày sẽ luôn luôn ngăn cản không cho các hạt ferit trượt. Biểu đồ $\sigma - \varepsilon$ của thép cacbon cao (hình 1.3) hầu như không có thêm chảy: sau giai đoạn đàn hồi, đường cong chuyển ngay sang giai đoạn củng cố. Ở các loại thép này, giới hạn chảy được qui ước lấy ứng với biến dạng dư là $\varepsilon = 0,2\%$.



Hình 1. Biểu đồ kéo của thép cacbon cao

1- biểu đồ kéo của thép cacbon cao;
2- biểu đồ kéo của thép cacbon thấp (CCT38).

2.2. Tính chất cơ lý của thép xây dựng

Biểu đồ kéo của thép xây dựng cho ta các đặc trưng cơ học chủ yếu của thép, được qui định trong tiêu chuẩn đối với mỗi mác thép. Đó là giới hạn tỷ lệ σ_{tl} , giới hạn chảy σ_c , giới hạn bền σ_b , biến dạng khi đứt ε_0 và mô đun đàn hồi. Quan trọng nhất là giới hạn chảy σ_c – đó là ứng suất lớn nhất có thể có trong vật liệu, không được phép vượt qua (ứng với $\varepsilon = 0,2\%$). Tất nhiên với ứng suất làm việc ở trong giai đoạn cứng cố, kết cấu vẫn chưa bị phá hoại nhưng đã bị biến dạng quá mức, không thể sử dụng được nữa.

Ở trạng thái ứng suất làm việc nhỏ dưới giới hạn chảy σ_c , thép làm việc đàn hồi hoặc đàn hồi dẻo, với biến dạng nhỏ nên các giả thuyết của sức bền vật liệu có thể áp dụng được. Tùy thuộc trị số của σ , có thể áp dụng các lý thuyết tính toán:

- Khi $\sigma < \sigma_{tl}$, dùng lý thuyết đàn hồi, với $E = \text{const}$;
- Khi $\sigma_{tl} < \sigma < \sigma_c$, dùng lý thuyết đàn hồi dẻo, với $E \neq \text{const}$;
- Khi $\sigma = \sigma_c$, dùng lý thuyết dẻo. Lý thuyết này xét sự làm việc của vật liệu trong vùng chảy dẻo, với trị số giới hạn của ứng suất là σ_c . Vật liệu thép được tận dụng cao nhất.

Giới hạn bền σ_b , còn gọi là cường độ tức thời của thép, xác định một vùng an toàn dự trữ giữa trạng thái làm việc và trạng thái phá hoại. Đối với thép không có giới hạn chảy thì σ_b là trị số giới hạn cho ứng suất làm việc, tuy nhiên là được chia cho một hệ số an toàn tương ứng. Ngay với thép cacbon thấp, có thêm chảy, khi mà kết cấu được phép có biến dạng lớn, người ta có thể lấy ứng suất làm việc vượt quá σ_c và bằng giới hạn bền σ_b chia cho một hệ số an toàn nhất định.

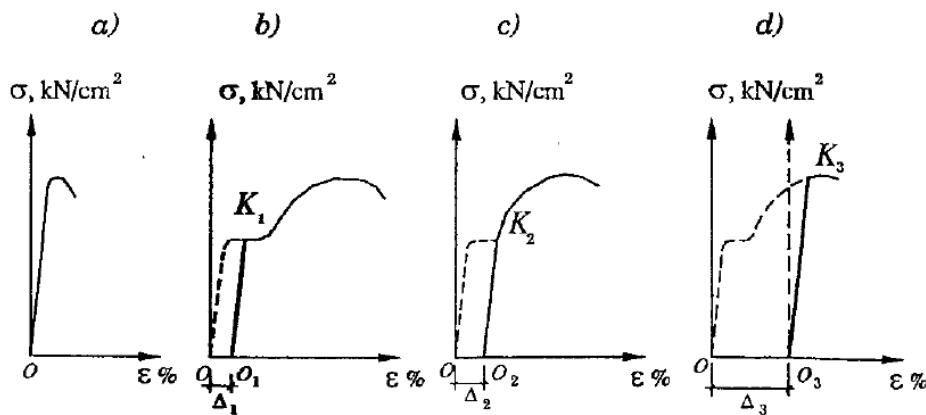
Biến dạng khi đứt ε_0 , đặc trưng cho độ dẻo và độ dai của thép. Đối với thép cacbon thấp, ε_0 rất lớn, tới 200 lần biến dạng khi làm việc đàn hồi. Kết cấu thép có một lượng dự trữ an toàn lớn như vậy nên có thể nói kết cấu thép không bao giờ bị phá hoại ở trạng thái dẻo. Chỉ có thể phá hoại kết cấu khi thép đã chuyển thành giòn, điều mà ta sẽ xét ở điểm 2 dưới đây.

Ba trị số σ_c , σ_b và ε_0 là ba chỉ tiêu cơ bản mà thép phân nhóm theo tính chất cơ học phải đảm bảo.

Sự làm việc chịu nén của thép không khác sự làm việc chịu kéo: cùng mô đun đàn hồi, cùng giới hạn tỷ lệ, giới hạn đàn hồi và giới hạn chảy. Chỉ có trong giai đoạn củng cố thì không xác định được σ_b ở thép cacbon thấp, mẫu thép bị phình ra và tiếp tục chịu được tải lớn. Do đó trong giai đoạn làm việc đàn hồi và đàn hồi dẻo, các đặc trưng cơ học tính toán của thép chịu kéo và chịu nén lấy giống nhau.

2.3. Thép bị phá hoại giòn

Sự phá hoại giòn là sự phá hoại ở biến dạng nhỏ, kèm theo vết nứt, vật liệu làm việc trong giai đoạn đàn hồi (hình 1.4a). Sự phá hoại xảy ra là do bị đứt, lực tương tác giữa các phân tử bị mất đi, các phân tử bị xa rời nhau. Ngược lại, sự phá hoại dẻo là sự phá hoại với biến dạng lớn, vật liệu làm việc trong giai đoạn dẻo, xảy ra do sự trượt giữa các phân tử (hạt tinh thể) khi mà ngoại lực lớn hơn lực chống trượt giữa các phân tử.



Hình 1.4. Sự cứng nguội của thép

Đối với thép lực chống trượt giữa các phân tử nhỏ hơn lực kéo đứt giữa chúng, nên luôn luôn chỉ có phá hoại dẻo với thép. Trong những điều kiện làm việc khác nhau, thép có thể chuyển sang giòn, ví dụ thép bị hóa già, thép bị biến cứng, thép chịu ứng suất cục bộ... Trong thực tế, kết cấu thép chỉ có thể bị phá hoại (đứt gãy, sụt đổ...) khi có sự phá hoại giòn của thép. Nếu thép vẫn ở trạng thái làm việc dẻo thì kết cấu thép không thể bị phá hoại được. Kết cấu chỉ có thể mất khả năng chịu lực do có biến dạng dẻo quá lớn mà thôi. Khi thiết kế và chế tạo kết cấu thép, cần tránh những nguyên nhân làm thép bị phá hoại giòn.

a. Hiện tượng cứng nguội

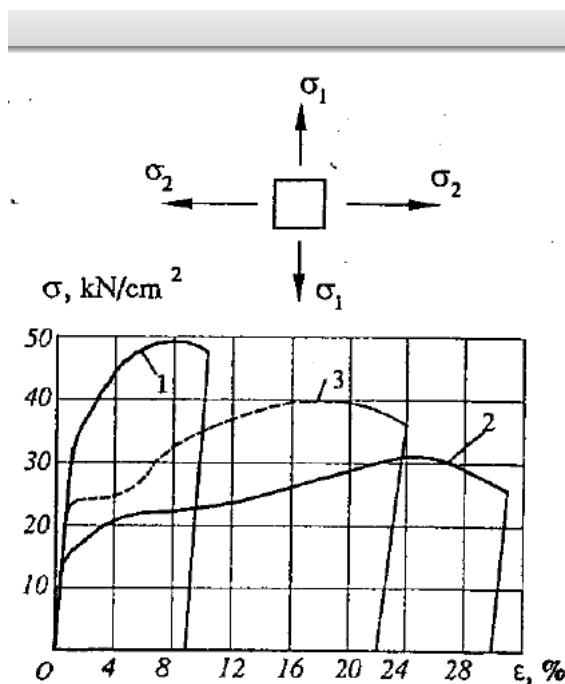
Đó là hiện tượng tăng tính giòn của thép sau khi biến dạng dẻo ở nhiệt độ thường. Thép sau khi đã bị biến dạng dẻo thì trở nên cứng hơn, giới hạn đàn hồi cao hơn và biến dạng khi phá hoại nhỏ hơn, thực tế đã trở nên một loại thép khác.

Mang kéo một mẫu thép đến điểm K_1 nằm trong thềm chảy, rồi bỏ tải thì biểu đồ $\sigma - \epsilon$ sẽ đi xuống theo đường K_1O_1 song song với OK và có biến dạng dư Δ_1 (hình 1.4b). Nếu kéo tiếp, đường cong lại đi lên theo O_1K_1 , nhưng thềm chảy bị ngăn lại. Khi gia tải lần thứ hai, nếu kéo mẫu đến điểm K_2 nằm cuối thềm chảy, cho giảm tải rồi lại tăng tải như lần một thì biểu đồ đi theo đường O_2K_2 , mẫu có biến dạng dư $\Delta_2 > \Delta_1$, thềm chảy không còn nữa, tính dẻo của thép

đã giảm hẳn (hình 1.4c). Nếu kéo mẫu đến quá biến dạng dẻo, điểm K_3 nằm trong giai đoạn củng cố rồi mới bỏ tải thì thép sau đó làm việc hầu như hoàn toàn trong giai đoạn đàn hồi với biến dạng phá hoại nhỏ (hình 1.4d), biểu đồ phá hoại giống như phá hoại giòn ở hình 1.4a. Hiện tượng tăng giới hạn đàn hồi của thép do bị biến dạng dẻo trước gọi là hiện tượng cứng nguội. Sự cứng nguội tuy làm tăng cường độ của thép nhưng làm cho thép giòn nên coi là bất lợi đối với kết cấu thép (chỉ trong một số trường hợp khi mà việc giảm độ giãn phá hoại không quan trọng lắm thì có thể sử dụng sự cứng nguội để tăng cường độ thép ví dụ sợi thép kéo nguội dùng làm cốt trong cấu kiện bê tông cốt thép). Sự cứng nguội xảy ra khi gia công nguội các cấu kiện: uốn nguội, cắt bằng máy cắt, đột lỗ. Để tránh hiện tượng trên có những qui định riêng khi gia công nguội kết cấu thép.

b. Thép chịu trạng thái ứng suất phức tạp – sự tập trung ứng suất

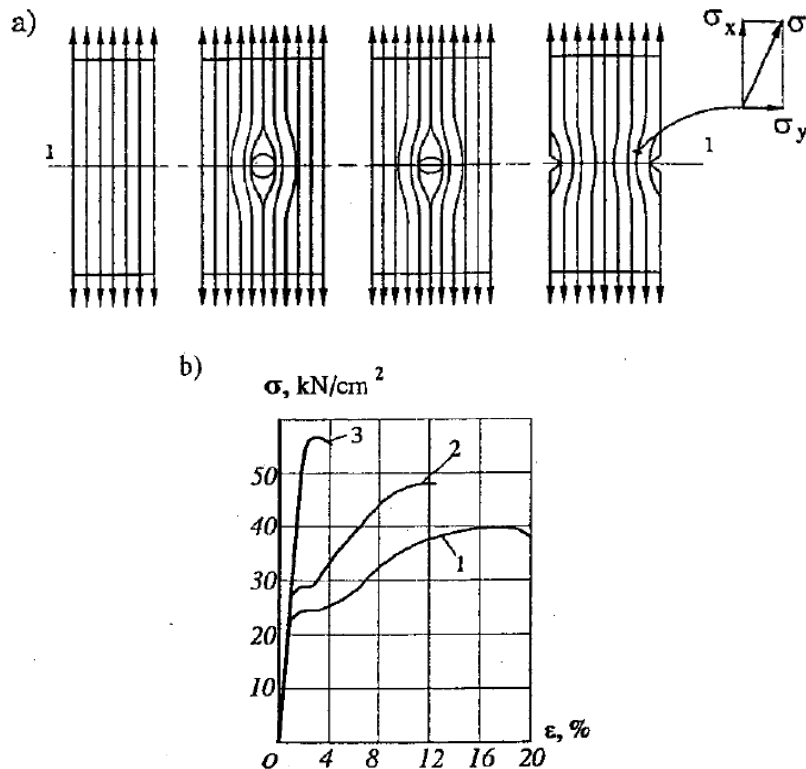
Ở trạng thái ứng suất phẳng, khi có ứng suất chính theo hai phương $\sigma_1 \neq 0$, $\sigma_2 \neq 0$ và cùng dấu ta thấy giới hạn tỷ lệ tăng cao, không còn thêm chảy và độ dẫn phá hoại giảm đi nhiều (đường cong 1 hình 1.5). Ngược lại khi σ_1, σ_2 khác dấu, thép trở nên dẻo hơn (đường cong 2 hình 1.5). Hiện tượng này có thể giải thích bằng lý thuyết ứng suất tiếp. Ở trạng thái ứng suất phẳng, ứng suất tiếp lớn nhất bằng nửa hiệu số các ứng suất chính.



Hình 1.5. Biểu đồ chịu lực của thép ở trạng thái ứng suất phức tạp

1- σ_1 và σ_2 cùng dấu; 2- σ_1 và σ_2 khác dấu;
3- biểu đồ tiêu chuẩn khi kéo một trục.

Sự chảy của vật liệu chủ yếu là do trượt dưới tác dụng của ứng suất tiếp. Khi σ_1 và σ_2 cùng dấu, τ có trị số nhỏ nên sự chảy trở nên khó khăn hơn, giới hạn chảy tăng lên, tính dẻo giảm đi. Khi $\sigma_1 = \sigma_2$ sẽ có $\tau = 0$, sự chảy không xuất hiện, sự phá hoại là dạng đứt giòn.



Hình 1.6. Sự tập trung ứng suất
a) Các quỹ đạo ứng suất khi kéo; b) biểu đồ thay đổi làm việc của thép
1- không có sự tập trung ứng suất (làm việc đàn hồi dẻo); 2- có sự tập trung ứng suất;
3- có sự tập trung ứng suất do rãnh cắt (làm việc giòn).

Một trường hợp hay gặp của trạng thái ứng suất phức tạp là trường hợp ứng suất cục bộ gây bởi các biến đổi đột ngột của hình dạng cấu kiện. Nếu cấu kiện có lỗ khoét, rãnh cắt, đường lực (tức là quỹ đạo các ứng suất chính) sẽ không còn song song đều đặn mà uốn xung quanh chỗ cắt (hình 1.6). Đường lực tập trung chứng tỏ ứng suất chỗ đó tăng cao còn đường lực uốn cong chứng tỏ có ứng suất hai phương. Ứng suất lớn nhất ở vị trí lỗ cắt có thể lớn hơn nhiều lần ứng suất trung bình tại tiết diện đó. Sự phân bố không đều của ứng suất được thể hiện bằng hệ số tập trung ứng suất. $k = \frac{\sigma_{\max}}{\sigma_0}$

Trong đó:

$\sigma_{\max}$ - Ứng suất lớn nhất ở chỗ tập trung ứng suất;

σ_0 - Ứng suất trung bình; $\sigma_0 = P/A_0$

P - Lực tác dụng;

A_0 - Diện tích tiết diện giảm yếu.

Giá trị của k phụ thuộc mức độ thay đổi đột ngột của giảm yếu. Với giảm yếu hình tròn, $k = 1,5 \div 3$; với thay đổi dạng khác nhọn $k = 6 \div 9$.

Sự tồn tại trạng thái ứng suất theo hai phương σ_x, σ_y làm cho thép trở nên giòn.

Nói chung sự tập trung ứng suất không nguy hiểm nếu thép chỉ chịu tải trọng tĩnh. Với biến dạng dẻo, ứng suất cục bộ sẽ được phân đồng đều trên tiết diện và như vậy không ảnh hưởng đến tải trọng phá hoại. Trong tính toán thường không kể đến hiện tượng ứng suất cục bộ này. Tuy nhiên với kết cấu

chịu tải trọng động thì sự tập trung ứng suất là nguy hiểm vì làm cho thép dễ bị phá hoại giòn.

c. Thép chịu tải trọng lặp

Khi thép chịu tải trọng lặp đi lặp lại nhiều lần (vài triệu lần), nó có thể bị phá hoại tại ứng suất nhỏ hơn giới hạn bền. Người ta gọi đó là sự mỏi của thép. Sự phá hoại về mỏi mang tính chất phá hoại giòn, thường xảy ra đột ngột và kèm theo vết nứt. Ứng suất phá hoại mỏi của thép gọi là cường độ mỏi. Cường độ mỏi f_f phụ thuộc vào số chu kỳ lặp (thông thường ổn định với số lần lặp trên 2×10^6 và tính chất thay đổi của tải trọng, được đặc trưng bởi tỉ số giữa ứng suất nhỏ nhất và lớn nhất cùng với dấu của chúng $\rho = \sigma_{\min} / \sigma_{\max}$ hình 1.7. Khi ρ có giá trị từ 0 đến +1 (ứng suất không đổi dấu) f_f bằng giới hạn chảy σ_c .

Khi $\rho = -1$, tức là chu kỳ biến đổi phản xứng, f_f chỉ vào khoảng 0,4 giới hạn bền hay bằng 0,75 giới hạn chảy.

Cường độ mỏi còn phụ thuộc vào mức độ tập trung ứng suất, vì vậy tiêu chuẩn thiết kế qui định phải áp dụng các biện pháp cấu tạo làm giảm bớt sự tập trung ứng suất. Khi tính toán kết cấu chịu tải trọng rung động cần đảm bảo $\sigma_{\max} \leq \alpha \cdot f_f \cdot \gamma_f$ trong đó α , γ_f lần lượt là các hệ số kể đến số chu kỳ tác dụng của tải trọng và trạng thái ứng suất.

d. Sự hóa già của thép

Theo thời gian, tính chất của thép thay đổi dần; giới hạn chảy và giới hạn bền tăng lên, độ giãn và độ dai va đập giảm đi, thép trở nên giòn hơn. Hiện tượng này gọi là sự hóa già của thép. Nguyên nhân là trong các tinh thể ferit vẫn còn các chất C, N hòa tan. Các chất này dần dần tách ra và tạo nên các lớp cứng giữa các hạt ferit. Thép trở nên cứng hơn nhưng kém dẻo hơn. Thép sôi có cấu trúc hạt kém thuần nhất, dễ bị lão hóa hơn cả. Sự lão hóa tự nhiên dù có làm tăng cường độ thép nhưng không được kể đến trong tính toán vì nó đồng thời làm cho thép kém dẻo, tăng giòn.

e. Ảnh hưởng của nhiệt độ

- Nhiệt độ dương: nhiệt độ $t = 200 \div 300^\circ\text{C}$ tính chất của thép thay đổi rất ít. Nhiệt độ từ $300 \div 330^\circ\text{C}$ cấu trúc của thép bắt đầu thay đổi, thép trở nên giòn hơn, trên các mặt đứt gãy có cấu trúc hạt lớn. Ở nhiệt độ này không nên cho thép chịu lực rung động, xung kích. Khi nhiệt độ tăng tiếp, giới hạn chảy và bền giảm rất nhanh, nếu ở 500°C có $\sigma_c = 1400 \text{ daN/cm}^2$, $\sigma_b = 2500 \text{ daN/cm}^2$ thì chỉ cần ở nhiệt độ 600°C thì các giới hạn trên đã giảm rất nhanh: $\sigma_c = 400 \text{ daN/cm}^2$, $\sigma_b = 500 \text{ daN/cm}^2$. Nhiệt độ $t = 600 \div 650^\circ\text{C}$ được gọi là nhiệt độ dẻo, khi đó $\sigma_c = 0$. $t = 700^\circ\text{C}$ thép có màu đỏ hồng gọi là hiện tượng quá nhiệt. $t > 1500^\circ\text{C}$ thép chuyển sang thể lỏng.

- Nhiệt độ âm: khi $t < 0^\circ\text{C}$, σ_c tăng nhưng thép giòn, tính dẻo của thép giảm đi rõ rệt; $t = -46 \div -60^\circ\text{C}$, thép trở nên rất giòn, dễ nứt.

f. Độ dai va đập

Để đánh giá mức độ thép dễ chuyển sang giòn và ảnh hưởng của ứng suất tập trung, người ta thí nghiệm để tìm độ dai va đập của thép. Dùng một mẫu có cắt khác (hình 1.8a), đặt dưới búa đập dạng con lắc (hình 1.8b), nâng con lắc lên để rơi tự do đập gãy mẫu, hiệu số thể năng trước và sau khi đập gãy mẫu chính bằng công phá hoại mẫu. Tại tiết diện cắt khác, ứng suất phân bố không đều; tác

dụng va chạm làm tăng khả năng vật liệu thép chuyển sang giòn. Độ dai va đập có giá trị bằng công phá hoại mẫu chia cho diện tích tiết diện mẫu. Đối với thép cacbon thấp, độ dai va đập ở trong khoảng $70\div 100 \text{ Nm/cm}^2$; đó là một chỉ tiêu cơ học cần phải đảm bảo theo tiêu chuẩn thiết kế.

2.4. Qui cách thép xây dựng

Kết cấu xây dựng được chế tạo từ các thép tấm, thép hình có nhiều loại kích thước khác nhau. Nước ta đã ban hành tiêu chuẩn quốc gia về thép cán nóng bao gồm các loại thép góc, thép chữ I, thép chữ L, thép tấm, thép tròn, thép vuông, thép dẹt, thép ray. Các qui cách thép hình trong tài liệu này đều lấy theo TCVN. Khi sử dụng thép của nước ngoài thì phải lấy theo tiêu chuẩn tương ứng. Khi thiết kế, để đạt hiệu quả kinh tế - kỹ thuật, việc lựa chọn loại thép phải phù hợp với chức năng của từng loại thép hình. Dưới đây là một số thép hình hay dùng để chế tạo kết cấu thép xây dựng.

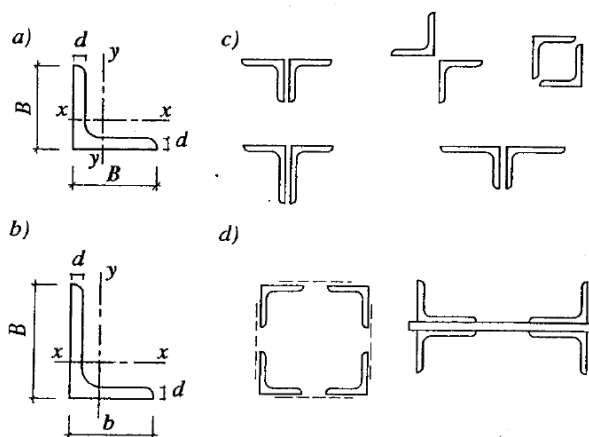
2.4.1. Thép hình

a. Thép góc: có hai loại là đều cạnh và không đều cạnh với tỷ lệ hai cạnh từ 1:1,5 đến 1:2 trong đó có cả cấp chính xác khi chế tạo. Ký hiệu thép góc như sau: Ví dụ

Thép góc đều cạnh kích thước $40 \times 40 \times 4 \text{ mm}$, cấp chính xác B ghi là L40 x 40 x 4B TCVN (có thể ghi tắt là L40 x 4 khi đã thống nhất chung dùng TCVN và cấp chính xác).

Thép góc không đều cạnh kích thước $63 \times 40 \times 4 \text{ mm}$, cấp chính xác B ghi là L63 x 40 x 4B TCVN; trong đó hai số trên là bề rộng hai cánh, số sau cùng là bề dày cánh tính bằng mm (có thể ghi tắt là L63 x 40 x 4).

Thép góc đều cạnh gồm 50 loại tiết diện từ nhỏ nhất là L20 x 20 x 3 đến lớn nhất là L250 x 250 x 35. Thép góc không đều cạnh gồm 72 loại tiết diện từ nhỏ nhất là L30 x 20 x 3 đến lớn nhất là L200 x 150 x 25.



Hình 1.9. Thép góc và ứng dụng

Đặc điểm của tiết diện thép góc là cánh có hai mép song song nhau, tiện cho việc cấu tạo liên kết. Chiều dài thanh thép góc được sản xuất từ 4 đến 13 m.

Thép góc được dùng làm:

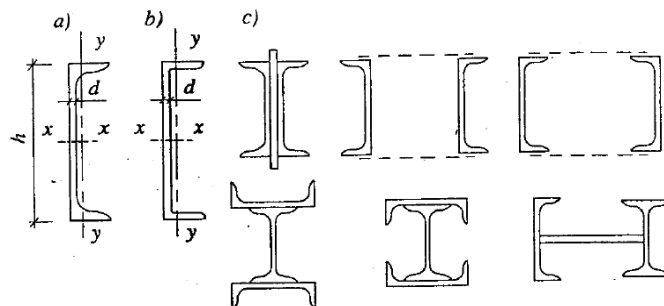
Thanh chịu lực như thanh của dàn: dùng một thép góc hoặc ghép hai thép góc thành tiết diện chữ T, chữ thập (hình 1.9c), các thanh của hệ giằng.

Liên kết với các loại thép khác để tạo nên các cấu kiện tổ hợp như ghép với các bản thép thành tiết diện cột rỗng, tiết diện dầm chữ I (hình 1.9d).

Thép góc là loại thép cán được dùng nhiều nhất trong kết cấu thép

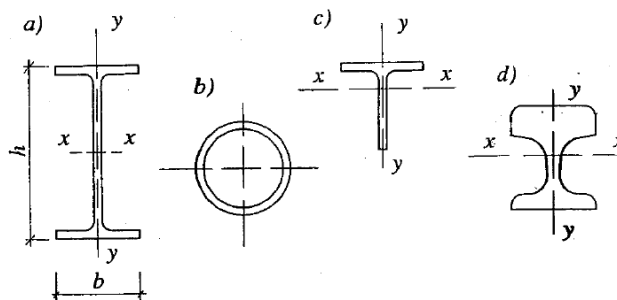
b. Thép chữ I: gồm có 23 loại tiết diện, chiều cao 100-600 mm (hình 1.10a). Ký hiệu: Ví dụ I30, con số chỉ số hiệu của thép chữ I, bằng chiều cao của nó tính ra cm. Từ các số hiệu 18 đến 30 còn có thêm các tiết diện phụ, cùng chiều cao nhưng cánh rộng và dày hơn, ký hiệu thêm chữ “a” ví dụ I22a. Chiều dài được sản xuất từ 4 đến 13 m. Thép chữ I được dùng chủ yếu làm dầm chịu uốn, độ cứng theo phương trục x rất lớn so với phương trục y. Cũng có thể dùng thép chữ I làm cột, khi đó nên tăng độ cứng đối với trục y bằng cách mở rộng thêm cánh hoặc ghép hai thép I lại (hình 1.10b). Một bất lợi của thép chữ I là bản cánh hẹp và vát chéo nên khó liên kết.

c. Thép chữ [: gồm có 22 loại tiết diện từ số hiệu 5 đến 40. Số hiệu chỉ chiều cao tính bằng cm của tiết diện (hình 1.11a). Hình 1.11b là loại có mặt trong của bản cánh phẳng. Ký hiệu chữ [kèm theo số hiệu, ví dụ [22. Từ số hiệu 14 đến 24 có thêm các tiết diện phụ “a”, cánh rộng và dày hơn chữ ví dụ [22a. Chiều dài từ 4 đến 13 m. Thép chữ [có một mặt bụng phẳng và các cánh vươn rộng nên tiện liên kết với các cấu kiện khác. Thép chữ [được dùng để làm dầm chịu uốn, đặc biệt hay dùng làm xà gồ mái chịu uốn xiên, cũng hay được ghép thành thanh tiết diện đối xứng, dùng làm cột, làm thành dàn cầu.



Hình 1.11. Thép chữ [và ứng dụng

Ngoài ba loại chính vừa nêu, trong thực tế xây dựng còn dùng nhiều loại tiết diện khác thích hợp cho từng công dụng riêng.



Hình 1.12. Các loại tiết diện thép hình khác
a) thép chữ I cánh rộng; b) thép ống; c) thép chữ T; d) thép ray.

- Thép I cánh rộng có tỷ lệ bề rộng cánh trên chiều cao $b:h=1:1,65 \div 1:2,5$, chiều cao tiết diện h có thể tới 1000 mm (hình 1.12a). Cánh có mép song song

nên thuận tiện liên kết; cấu kiện dùng làm dầm hay làm cột đều tốt, giá thành cao vì phải cán trên những máy cán lớn.

- Thép ống (hình 1.12b) có hai loại: không có đường hàn dọc và có đường hàn dọc. Thép ống có tiết diện đối xứng, vật liệu nằm xa trục trung hòa nên độ cứng tăng, chịu lực khỏe ngoài ra chống gỉ tốt. Thép ống dùng làm các thanh dầm, dùng làm kết cấu cột tháp cao, có thể tiết kiệm vật liệu 25-30%

Ngoài ra còn những loại thép khác như thép chữ T, thép ray, thép vuông, thép tròn (hình 1.12c, d)

2.4.2. Thép tấm

Thép tấm được dùng rộng rãi vì tính chất vạn năng, có thể tạo ra các loại tiết diện có hình dạng và kích thước bất kỳ. Đặc biệt trong kết cấu bản thì hầu như toàn bộ là dùng thép tấm. Có các loại sau:

+ Thép tấm phổ thông: có bề dày 4-60 mm, rộng 160-1050 mm, dài 6-12 m; Thép tấm phổ thông có bốn cạnh phẳng nên sử dụng thuận tiện.

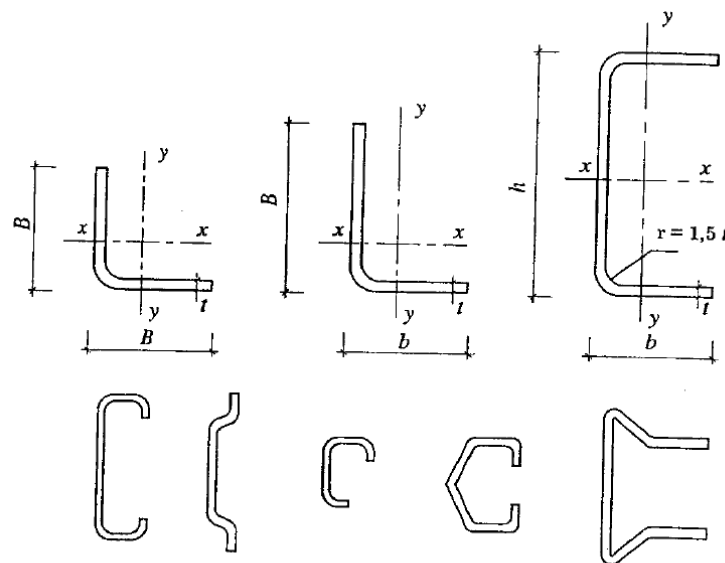
+ Thép tấm dày: có bề dày 4-160 mm, rộng 600-3000 mm, dài 4-8 m; Thép tấm dày có bề rộng lớn nên hay dùng cho kết cấu bản.

+ Thép tấm mỏng: có bề dày 0,2-4 mm, rộng 600-1400 mm, dài 1,2-4 m; dùng để tạo các thanh thành mỏng bằng cách dập, cán nguội; dùng lợp mái.

Ngoài ra còn có các loại thép tấm khác như: thép giãn rộng dưới 200 mm, thép tấm mặt có vân hình sóng.

2.4.3. Thép hình dập cán nguội:

Đây là loại thép hình mới so với thép cán. Từ các thép tấm mỏng dày 2-16 mm mang dập, cán nguội mà thành. Có các loại tiết diện: thép góc đều cạnh, thép góc không đều cạnh, thép chữ L, thép tiết diện hộp. Ngoài ra có thể có những tiết diện rất đa dạng theo yêu cầu riêng (hình 1.13). Thép hình dập, uốn nguội có thành mỏng nên nhẹ nhàng hơn nhiều so với thép cán nóng. Nó được dùng chủ yếu cho các loại kết cấu thép nhẹ, cho những cấu kiện chịu lực nhỏ nhưng cần độ cứng lớn. Một khuyết điểm của thép hình dập uốn nguội là có sự cứng nguội ở những góc bị uốn, chống gỉ kém hơn.



Hình 1.13. Tiết diện thép hình dập nguội

Chương 3

PHƯƠNG PHÁP TÍNH KẾT CẤU THEO TRẠNG THÁI GIỚI HẠN

3.1. Phương pháp tính kết cấu xây dựng theo ứng suất.

Kết cấu thép cũng như các loại kết cấu xây dựng khác được tính toán theo trạng thái giới hạn (TTGH)

Mục đích của việc tính toán kết cấu là đảm bảo cho kết cấu không bị vượt quá TTGH khiến cho chúng không thể sử dụng được nữa trong khi vẫn đảm bảo ít tổn kém nhất về vật liệu cũng như nhân công chế tạo, lắp dựng.

Trạng thái giới hạn là trạng thái mà kết cấu thôi không thỏa mãn các yêu cầu đề ra đối với công trình khi sử dụng cũng như khi xây lắp. Đối với kết cấu chịu lực, người ta xét các TTGH sau:

- *Nhóm TTGH thứ nhất:* Mất khả năng chịu lực hoặc không còn sử dụng được nữa.
- *Nhóm TTGH thứ hai:* Không còn sử dụng bình thường được.

Nhóm TTGH thứ nhất gồm các trạng thái sau: Phá hoại về bền, mất ổn định, mất cân bằng vị trí, kết cấu bị biến đổi hình dạng. Với các trạng thái này, kết cấu không thể sử dụng được nữa. Điều kiện an toàn về khả năng chịu lực có thể viết dưới dạng:

$$N \leq S$$

Trong đó:

N: Nội lực trong cấu kiện đang xét;

S: Nội lực giới hạn mà cấu kiện có thể chịu được.

Nội lực N có giá trị lớn nhất có thể xảy ra trong suốt thời gian sử dụng. Nội lực N gây ra bởi tải trọng tính toán, đó là tải trọng lớn nhất có thể có trong thời gian đó.

Nhóm TTGH thứ hai gồm những trạng thái làm cho kết cấu không sử dụng bình thường được (sử dụng bình thường là sử dụng theo đúng yêu cầu nhiệm vụ thiết kế mà không gặp khó khăn gì, không cần sửa chữa thêm gì) hoặc làm giảm tuổi thọ công trình như là: Bị võng, bị lún, bị rung, bị nứt.

Kết cấu phải được tính toán để đảm bảo cho không xuất hiện trạng thái giới hạn trong bất cứ trường hợp nào, dù có xét đến tổ hợp các điều kiện bất lợi nhất có thể có: tải trọng có trị số vượt quá mức bình thường, vật liệu có các đặc trưng cơ học kém nhất.

3.2. Phương pháp tính kết cấu xây dựng theo trạng thái giới hạn

Cường độ tiêu chuẩn là đặc trưng cơ bản của vật liệu được qui định trong các tiêu chuẩn thiết kế kết cấu. Do tính chất vật liệu luôn biến động nên trị số cường độ tiêu chuẩn phải xác định theo xử lý thống kê các chỉ tiêu cơ học.

Đối với thép cacbon và thép cường độ khá cao khi không cho phép làm việc quá giới hạn chảy, cường độ tiêu chuẩn lấy bằng trị số giới hạn chảy $f_y = \sigma_c$. Đối với thép không có biến dạng chảy (cường độ cao) và cả trong trường hợp kết cấu có thể làm việc quá giới hạn dẻo thì cường độ tiêu chuẩn có thể lấy bằng giới hạn bền $f_u = \sigma_b$.

Cường độ tính toán f và f_t được lấy bằng cường độ tiêu chuẩn chia cho hệ số an toàn vật liệu γ_M .

Hệ số an toàn vật liệu γ_M xét đến ảnh hưởng của các yếu tố làm giảm thấp khả năng chịu lực của kết cấu: sự làm việc thực tế của kim loại trong kết cấu phức tạp hơn so với trong mẫu chịu lực kéo trong thí nghiệm cơ tính. Hệ số γ_M được lấy như sau: với thép cường độ thông thường và cường độ cao vừa có $\sigma_c < 3800 \text{ daN/cm}^2$, $\gamma_M = 1,05$.

Với các dạng chịu lực khác, cường độ tính toán được xác định từ cường độ kéo, nén, uốn cơ bản (f và f_t) nhân với các hệ số chuyển đổi.

Để xác định khả năng làm việc của kết cấu cần nhân vào công thức hệ số điều kiện làm việc γ_c . Hệ số này xét đến các yếu tố của quá trình sử dụng như: tải trọng tác dụng dài hạn hoặc lặp lại nhiều lần, sự gần đúng của các giả thiết tính toán, ảnh hưởng của chế độ ẩm, nhiệt hay sự ăn mòn của môi trường.

Phụ thuộc và mức độ quan trọng, cấp độ bền của công trình, thì tải trọng hoặc nội lực còn phải nhân với hệ số an toàn về sử dụng γ_n . Những công trình đặc biệt quan trọng như nhà máy nhiệt điện lớn, lò cao, tháp truyền hình.... có $\gamma_n = 1$. Các công trình công nghiệp dân dụng thông thường, có $\gamma_n = 0,98$. Các công trình ít quan trọng hơn như nhà kho, nhà ở một tầng thì $\gamma_n = 0,9$.

a. Phân loại tải trọng

Tùy theo thời gian tác động, tải trọng được chia thành tải trọng thường xuyên và tải trọng tạm thời.

Tải trọng thường xuyên là tải trọng không biến đổi về giá trị, vị trí, phương chiều trong quá trình sử dụng công trình. Loại tải trọng này gồm có trọng lượng các bộ phận của nhà và công trình kể cả trọng lượng bản thân kết cấu, trọng lượng và áp lực đất đắp, tác dụng của ứng lực trước.

Tải trọng tạm thời là những tải trọng có thể có hoặc không có trong một giai đoạn nào đó của quá trình xây dựng và sử dụng.

+ Tải trọng tạm thời dài hạn gồm có: trọng lượng vách ngăn, trọng lượng thiết bị cố định như mô tơ, máy cái, trọng lượng của các chất chứa trong thùng chứa...

+ Tải trọng tạm thời ngắn hạn gồm có: trọng lượng của người và đồ đạc trên sàn nhà, tải trọng gió, tải trọng do các thiết bị nâng, cầu, tải trọng sinh ra khi chế tạo, xây lắp các kết cấu xây dựng....

+ Tải trọng đặc biệt gồm có: tải trọng do động đất và nổ, tải trọng do các sự cố sinh ra trong quá trình công nghệ và sử dụng như đứt dây (của đường dây tải điện), đất sụt...

b. Tải trọng tiêu chuẩn và tải trọng tính toán

Tải trọng tiêu chuẩn là trị số lớn nhất có thể có của tải trọng trong trường hợp sử dụng bình thường.

Hệ số độ tin cậy về tải trọng γ_Q xét đến sự biến thiên của tải trọng do những sai lệch ngẫu nhiên khác với điều kiện sử dụng bình thường.

Khi tính kết cấu theo nhóm trạng thái giới hạn thứ nhất thì dùng tải trọng tính toán, tức là tải trọng tiêu chuẩn nhân với hệ số độ tin cậy về tải trọng. Khi tính kết cấu theo nhóm trạng thái giới hạn thứ hai thì chỉ dùng tải trọng tiêu chuẩn.

c. Tổ hợp tải trọng

Các tổ hợp tải trọng được chia ra:

- Tổ hợp cơ bản bao gồm các tải trọng thường xuyên, tải trọng tạm thời ngắn hạn và dài hạn.
- Tổ hợp đặc biệt gồm các tải trọng thường xuyên tải trọng tạm thời ngắn hạn và dài hạn và một trong các tải trọng đặc biệt.
- Xét đến sự xuất hiện đồng thời của các tải trọng, người ta còn nhân tải trọng lớn nhất của tổ hợp với hệ số tổ hợp n_c .

3.3. Tính toán cấu kiện

3.3.1. Cấu kiện chịu kéo đúng tâm

Cấu kiện chịu kéo đúng tâm được kiểm tra bền theo công thức:

$$\frac{N}{A_n} \leq f \cdot \gamma_c$$

Trong đó: N – Nội lực dọc do tải trọng tính toán gây ra;

A_n – Diện tích thực, đã trừ đi các giảm yếu của tiết diện cấu kiện;

γ_c – Hệ số điều kiện làm việc của cấu kiện chịu kéo.

3.3.2. Cấu kiện chịu uốn