



Giáo trình kỹ thuật xây dựng

Kết cấu bê tông cốt thép

MỞ ĐẦU.

1. BẢN CHẤT CỦA BÊ TÔNG CỐT THÉP:

Bê tông cốt thép là vật liệu xây dựng phức hợp do BT và cốt thép cùng cộng tác chịu lực:

Bê tông là đá nhân tạo được chế tạo từ các vật liệu rời (Cát, sỏi,...gọi là cốt liệu) và chất kết dính (Xi măng hoặc các chất dẻo).

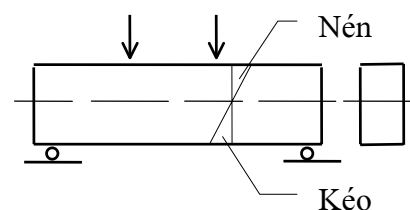
Bê tông cốt thép:

Bê tông	Nén tốt Kéo kém
Cốt thép	Kéo, nén tốt

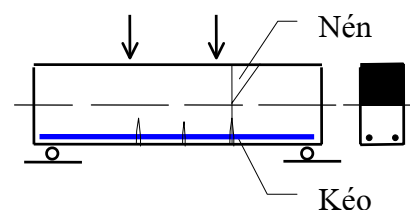
Cùng phối hợp làm việc

Để thấy rõ ý nghĩa kinh tế kỹ thuật của việc đặt cốt thép vào BT tạo nên 1 kết cấu BTCT, làm thí nghiệm đơn giản sau:

- Uốn một dầm bê tông ta thấy dầm bị phá hoại khá sớm do vết nứt xuất hiện ở vùng bê tông chịu kéo. Trong khi đó vùng BT chịu nén ứng suất nén còn khá bé so với khả năng chịu nén của BT. Như vậy khả năng chịu lực của BT vùng nén chưa được tận dụng hết gây lãng phí vật liệu (Mà thường khả năng chịu nén của BT lớn hơn từ 10-20 lần khả năng chịu kéo của nó).



Cũng dầm tương tự như vậy nhưng nếu đặt một lượng cốt thép thích hợp vào vùng bê tông chịu kéo thì khả năng chịu lực của dầm tăng lên rất nhiều. Khi BT vùng kéo bị nứt thì cốt thép sẽ thay thế BT tiếp nhận toàn bộ ứng lực trong vùng kéo, và dầm vẫn còn khả năng chịu tải. Dầm BTCT chỉ bị phá hoại khi BT vùng nén bị ép vỡ hoặc cốt thép chịu kéo bị đứt.



Mặc khác thép chịu kéo và nén đều tốt nên có thể đặt thép vào cả vùng chịu nén để tăng khả năng chịu lực của vùng nén, giảm kích thước tiết diện hoặc để chịu các lực kéo xuất hiện ngẫu nhiên.

Vậy thực chất bê tông cốt thép là một vật liệu xây dựng hỗn hợp mà trong đó bê tông và cốt thép đã liên kết hợp lý với nhau để cùng làm việc trong một kết cấu.

Sở dĩ bê tông và cốt thép có thể cùng làm việc được là do:

- **Lực dính bám giữa BT và cốt thép:** Bê tông khi ninh kết thì dính chặt với cốt thép nên ứng lực có thể truyền từ BT sang cốt thép và ngược lại. Lực dính có ý nghĩa hàng đầu, nhờ đó có thể khai thác hết khả năng chịu lực của cốt thép, hạn chế bề rộng khe nứt...

- **Giữa bê tông và thép không xảy ra phản ứng hóa học có hại.** Bê tông có độ đặc chắc, bao bọc bảo vệ cốt thép không bị han rỉ và ngăn ngừa tác dụng có hại của môi trường đối với thép.

- **Bê tông và thép có hệ số giãn nở nhiệt gần bằng nhau** ($\alpha_{ct} = 1,2 \cdot 10^{-5}$; $\alpha_b = 10^{-5} \sim 1,5 \cdot 10^{-5}$). Nên khi nhiệt độ thay đổi trong phạm vi thông thường dưới 100°C thì ứng suất (ban đầu) xảy ra trong vật liệu không đáng kể.

2. PHÂN LOẠI BTCT:

2.1. Phân loại theo phương pháp chế tạo :

a. **Bê tông cốt thép toàn khối (BTCT đổ tại chỗ):**

BTCT toàn khối khi thi công người ta tiến hành ghép ván khuôn, đặt cốt thép và đổ BT ngay tại vị trí thiết kế của kết cấu.

- * Ưu điểm: - Các cấu kiện liên kết toàn khối nên kết cấu có độ cứng lớn, chịu tải trọng động tốt.
 - Có thể chế tạo các cấu kiện theo hình dáng tùy ý.
- * Nhược điểm: - Tốn vật liệu làm ván khuôn, đà giáo.
 - Thi công chịu ảnh hưởng thời tiết.

Trong thực tế biện pháp thi công này là phổ biến, người ta đã có nhiều biện pháp hiệu quả để khắc phục các nhược điểm trên: Sử dụng ván khuôn vạm vỡ bằng kim loại, ván khuôn trượt, dùng phụ gia đông cứng nhanh, dùng BT thương phẩm ...

b. **Bê tông cốt thép lắp ghép:**

Theo phương pháp này người ta phân kết cấu thành các cấu kiện riêng biệt để có thể chế tạo sẵn ở nhà máy hay sân bãi, rồi đem lắp ghép lại thành kết cấu tại vị trí thiết kế. PP này khắc phục được phần nào nhược điểm của BT toàn khối.

- * Ưu điểm: - Có điều kiện Công nghiệp hóa trong thi công xây dựng.
 - Tiết kiệm vật liệu làm ván khuôn.
 - Rút ngắn thời gian thi công, đảm bảo chất lượng.. ..
- * Nhược điểm: - Cần có các phương tiện vận chuyển, cầu lắp.
 - Xử lý các mối nối phức tạp.
 - Độ cứng của kết cấu không lớn.

BTCT lắp ghép có hiệu quả về sử dụng nhân lực, phương tiện thi công và nguyên vật liệu khi làm tốt công tác tiêu chuẩn hóa và định hình hóa.

c. **Bê tông cốt thép nửa lắp ghép:**

Theo PP nửa lắp ghép, người ta tiến hành lắp ghép các cấu kiện được chế tạo sẵn chưa hoàn chỉnh, sau đó đặt thêm cốt thép, ghép ván khuôn và đổ BT tại chỗ để hoàn chỉnh kết cấu.

- * Ưu điểm: - Độ cứng của kết cấu lớn.
 - Giảm khối lượng ván khuôn, có thể loại bỏ cột chống.
- * Nhược điểm: - Cần giải quyết tốt liên kết giữa BT cũ và mới.
 - Tổ chức thi công phức tạp.

2.2. Phân loại theo cốt thép :

- Bê tông có cốt mềm. ($d < 40\text{mm}$, dễ uốn).
- Bê tông có cốt cứng ($d > 40\text{mm}$, thép hình).

2.3. Phân loại theo trạng thái ứng suất:

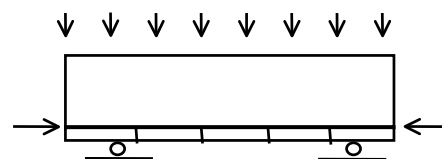
a. Bê tông cốt thép thường:

Khi chế tạo cầu kiện, cốt thép ở trạng thái không có ứng suất. Ngoài các nội ứng suất do co ngót và nhiệt độ, trong BT và cốt thép chỉ xuất hiện ứng suất khi có tải trọng.

b. Bê tông cốt thép ứng lực trước:

Khi chế tạo cầu kiện, cốt thép ban đầu được kéo căng, liên kết chặt với BT, khi buông ra cốt thép co lại gây nén trong BT.

Nhờ có ứng suất nén trước trong BT, người ta có thể không cho xuất hiện vết nứt hoặc hạn chế bề rộng khe nứt.



2.4. Phân loại theo trọng lượng thể tích:

Bê tông nặng có $\gamma \geq 1800 \text{ kg/m}^3$ (~2500): Sẽ nghiên cứu trong giáo trình.

Bê tông nhẹ có $\gamma < 1800 \text{ kg/m}^3$: Phương hướng hiện nay.

3. ƯU NHƯỢC ĐIỂM CỦA BTCT

3.1. Ưu điểm:

Rẻ tiền hơn so với thép khi kết cấu có nhịp vừa và nhỏ, cùng chịu tải như nhau. Sử dụng vật liệu địa phương (cát, sỏi, đá...) tiết kiệm thép.

Chịu lực tốt hơn kết cấu gỗ và gạch đá. Kết cấu BTCT chịu được tất cả các loại tải trọng tĩnh, động và động đất.

Chịu lửa tốt hơn gỗ và thép. Bê tông bảo vệ cho cốt thép không bị nung nóng sớm. Chỉ cần lớp bê tông dày 1,5~2 cm đủ để tránh hậu quả tai hại do những đám cháy bình thường gây ra.

Tuổi thọ của công trình cao, chi phí bảo dưỡng ít. BT có cường độ tăng theo thời gian, chống chịu tác động của môi trường tốt, cốt thép được BT bao bọc bảo vệ không bị gỉ.

Việc tạo dáng cho kết cấu thực hiện dễ dàng. Vữa BT khi thi công ở dạng nhão có thể đổ vào các khuôn có hình dáng bất kỳ, cốt thép đủ dẻo để uốn theo hình dạng của kết cấu.

3.2. Nhược điểm:

Trọng lượng bản thân lớn nên gây khó khăn cho việc xây dựng kết cấu có nhịp lớn bằng BTCT thường.

Khắc phục: Dùng BT nhẹ, BTCT U LT, kết cấu vỏ mỏng,...

Bê tông cốt thép dễ có khe nứt ở vùng kéo khi chịu lực. Với kết cấu BTCT có khe nứt trong vùng chịu kéo là khó tránh khỏi, thông thường thì bề rộng khe nứt không lớn lắm và ít ảnh hưởng đến chất lượng sử dụng của kết cấu. Tuy nhiên trong thực tế cũng có trường hợp có nhu cầu phải ngăn ngừa hoặc hạn chế khe nứt: kết cấu trong môi trường xâm thực, các đường ống hay bể chứa chất lỏng.. Để khắc phục: Tính toán hạn chế khe nứt, sử dụng BTCT ULT..

Cách âm và cách nhiệt kém hơn gỗ và gạch đá. Có thể sử dụng kết cấu có lỗ rỗng, kết cấu nhiều lớp, BT xốp..

Thi công phức tạp, khó kiểm tra chất lượng. Khắc phục: Bê tông cốt thép lắp ghép.

Khó gia cố và sửa chữa. (Đóng đinh, đục,...) . Thiết kế cần phải phù hợp yêu cầu sử dụng hiện tại và dự kiến phát triển mở rộng, .

4. PHẠM VI ỨNG DỤNG CỦA BÊ TÔNG CỐT THÉP

Bê tông ngày nay được sử dụng rộng rãi trong các ngành xây dựng và trở thành một trong những vật liệu xây dựng chủ yếu. (Vật liệu của thế kỉ: 70~80% bê tông cốt thép.)

Bê tông cốt thép được sử dụng rộng rãi ở các nước Liên xô 71%, Mỹ 58%, Pháp 79%, Đức 64%.

Xây dựng công nghiệp: Kết cấu chịu lực nhà 1 tầng và nhiều tầng, ống khói, bun ke, xi lô, móng máy, hành lang vận chuyển v.v.. Công trình cấp thoát nước...

Xây dựng dân dụng:

Xây dựng công trình giao thông: Cầu, đường, tà vẹt, âu tàu, cầu tàu, vỏ hầm xe điện ngầm...

Xây dựng công trình thủy lợi: Trạm bơm, máy dẫn nước, đập, thủy điện,...

Xây dựng công trình quốc phòng: Công sự kiên cố, doanh trại,...

Xây dựng công trình thông tin.

5. SƠ LƯỢC LỊCH SỬ PHÁT TRIỂN:

1850: Lambot (Pháp) chế tạo chiếc tàu bằng lưới sắt ngoài trát vôi thủy,...

Quá trình phát triển chia thành 3 giai đoạn:

- Giai đoạn phát minh và mò mẫm trong thực tiễn, bố trí cốt thép theo cảm tính.
- Giai đoạn nghiên cứu lí luận và sử dụng rộng rãi (sau 1880), nghiên cứu về cường độ của BT và cốt thép, lực dính giữa BT và cốt thép, giải thích sự làm việc chung giữa chúng.
- Giai đoạn phát triển hiện tại: XD các phương pháp tính toán theo ứng suất cho phép dựa trên cơ sở của môn SBVL, tính theo giai đoạn phá hoại có xét đến tính biến dạng dẻo của vật liệu, tính theo trạng thái giới hạn. Nghiên cứu và chế tạo thành công BTCT ULT (Xem giáo trình bê tông cốt thép _ Phạm sĩ Liên, 7).

Hội nghị lần thứ 7 BTCT ULT toàn thế giới (26 nước) Tại New York có 102 đại biểu Xã Hội Chủ Nghĩa, họp hơn 1 tuần.

Đã thưởng 3 huân chương Freisine: Mikhilop (Liên Xô), Link (Mĩ), Leônad (Đức),... Bê tông cường độ cao: 1000,1500,2000,2500#. Tháp vô tuyến Canada bằng BTCT ULT cao 545m; Cầu bản dầm Nhật vượt nhịp $l=230m$; Tầm đáy của nhà máy điện nguyên tử (Đức) $90*60*3m$ không cần khe lún; Khoa Vật liệu xây dựng trường giao thông Mascova: bê tông 3000#.

BÊ TÔNG CỐT THÉP ỨNG LỰC TRƯỚC.

1. KHÁI NIỆM CHUNG:

Xét một dầm nhịp đơn: đặt vào lực nén trước N và tải trọng sử dụng P .

Dưới tác dụng của tải P ở mép dưới của dầm xuất hiện ứng suất kéo.

Ngược lại, do lực nén N ở mép dưới có ứng suất nén, làm giảm hoặc triệt tiêu ứng suất kéo do tải trọng gây ra. Để dầm không bị nứt thì ứng suất tổng cộng ở mép dưới $\leq R_k$.

Để tạo ra và duy trì lực nén trước N , người ta căng cốt thép rồi gắn chặt vào BT (nhờ lực dính hoặc neo). Như vậy trước khi chịu tải, cốt thép đã được căng còn trong BT đã có nén trước.

* Ưu, nhược điểm của BTCT ULT:

- Ưu điểm:

Dùng được thép có cường độ cao: Trong BTCT thường, khe nứt đầu tiên xuất hiện khi ứng suất trong cốt thép mới đạt khoảng $200-300 \text{ KG/cm}^2$. Khi dùng thép có cường độ cao $R = 10.000-12.000 \text{ KG/cm}^2$ để tận dụng hết khả năng chịu lực của cốt thép bề rộng khe nứt sẽ rất lớn.

Sử dụng thép cường độ cao sẽ tiết kiệm từ $10-80\%$ lượng thép (các cấu kiện nhịp lớn $50-80\%$, cấu kiện nhịp nhỏ do cốt thép cấu tạo chiếm tỉ lệ lớn nên ít hiệu quả, khoảng 15%).

Khả năng chống nứt cao hơn (do đó khả năng chống thấm tốt hơn): Với BTCT ULT có thể chế tạo các cấu kiện không xuất hiện vết nứt hoặc hạn chế bề rộng khe nứt khi chịu tải trọng sử dụng. BTCT ULT được sử dụng trong các kết cấu chống nứt cao: Ống có áp, bể chứa chất lỏng, chứa khí..

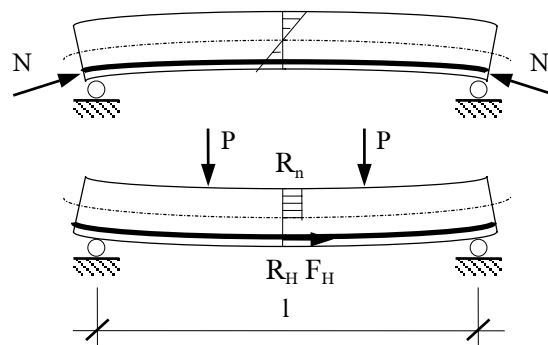
Có độ cứng lớn hơn (do đó độ võng, biến dạng bé): thích hợp cho các kết cấu nhịp lớn. Nhờ khả năng chống nứt và độ cứng lớn nên tính chống mỏi cao, chịu tải trọng động tốt.

Mở rộng phạm vi sử dụng kết cấu BTCT lắp ghép và nửa lắp ghép.

- Nhược điểm:

Ứng lực trước có thể gây ứng suất kéo ở phía đối diện làm nứt BT.

Đòi hỏi thiết bị đặc biệt, công nhân lành nghề, có sự kiểm soát chặt chẽ về kỹ thuật, phải đảm bảo an toàn lao động cao..



2. CÁC PHƯƠNG PHÁP GÂY ỨNG LỰC TRƯỚC:

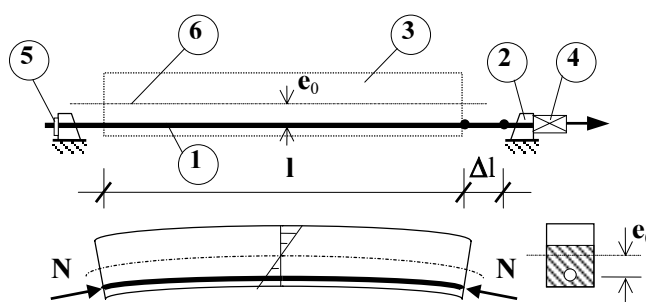
2.1. PP căng trước (căng trên bề):

Cốt thép ULT được neo một đầu cố định vào bề, đầu kia được kéo căng với lực N . Cốt thép được kéo trong giới hạn đàn hồi, độ giãn dài là Δl . Khi đó đầu còn lại sẽ được cố định vào bề.

Ghép ván khuôn, đặt cốt thép thường rồi đổ BT. Đợi BT đạt cường độ cần thiết R_0 thì buông cốt

thép: cốt thép ULT sẽ có xu hướng co lại, thông qua lực dính hoặc các neo BT sẽ bị nén với lực N bằng lực đã dùng để căng cốt thép.

Phương pháp căng trước thuận lợi với các cấu kiện vừa và nhỏ được sản xuất hàng loạt.



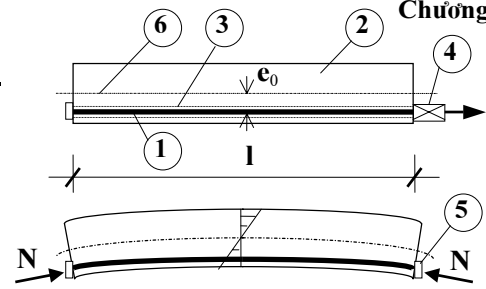
Sơ đồ PP căng trước:

- | | |
|-----------------|------------------------|
| 1. Cốt thép ULT | 4. Th.bị kéo thép |
| 2. Bề căng | 5. Th.bị cố định (neo) |
| 3. Ván khuôn | 6. Trục trung hòa |

2.2. Phương pháp căng sau (căng trên BT):

Đặt cốt thép thường và các ống tạo rãnh (bằng tole, kẽm hoặc vật liệu khác) rồi đổ BT. Khi BT đạt cường độ cần thiết R_0 tiến hành căng cốt thép ULT với trị số ứng suất quy định, sau khi căng cốt thép được neo vào đầu cầu kiện, bơm vữa vào lấp kín các ống rãnh để tạo lực dính và bảo vệ cốt thép.

Phương pháp căng sau thích hợp với các cầu kiện lớn hoặc phải đổ tại chỗ.



Sơ đồ PP căng sau:

- | | |
|-----------------|-------------------|
| 1. Cốt thép ULT | 4. Th.bị kéo thép |
| 2. C.kiện BTCT | 5. Th.bị neo |
| 3. Ống rãnh | 6. Trục trung hòa |

2.3. Vật liệu:

a) Bê tông và vữa:

- Bê tông nặng mác ≥ 200 . Chọn mác BT phụ thuộc dạng, loại và đường kính cốt thép ULT, có dùng neo hay không dùng neo, phụ thuộc cường độ cần thiết khi bắt đầu gây ULT, phụ thuộc loại và mức độ tải trọng tác dụng lên cầu kiện.
- Vữa dùng để lấp kín các khe thi công, các mối nối các cầu kiện lắp ghép, làm lớp bảo vệ cốt thép và neo: mác ≥ 150 .
- Vữa dùng để bơm vào các ống rãnh: mác ≥ 300 và phải có độ linh động cao (dễ chảy...), ít co ngót.

b) Cốt thép:

Dùng thép cường độ cao. Tốt nhất là dùng sợi thép cường độ cao. Thường dùng các bó sợi 3 sợi, 7 sợi.. có thể bền hoặc không bền.

Có thể dùng cốt thép thanh có gờ cường độ cao như thép cán nóng A-IV, thép gia công nhiệt A_T-IV trở lên.

Chọn loại thép cho cầu kiện phụ thuộc vào loại kết cấu và điều kiện làm việc của cốt thép dưới tác dụng của tải trọng, môi trường, nhiệt độ..

Khi chiều dài $\leq 12m$ nên dùng thép thanh, $\geq 12m$ dùng loại dây cáp hoặc bó sợi thép cường độ cao.

2.4. Các loại thiết bị neo:

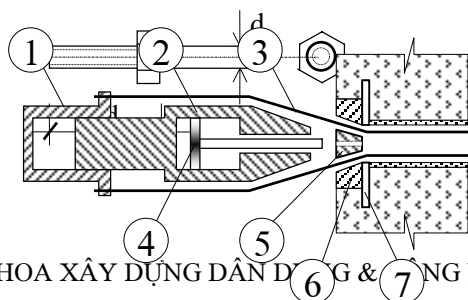
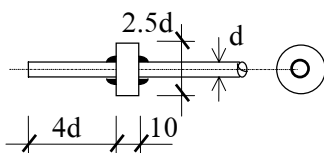
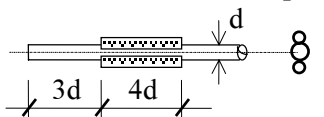
a. Thiết bị neo trong PP căng trước:

Trong PP căng trước, sự truyền lực giữa BT và cốt thép chủ yếu thông qua lực dính. Để tăng thêm lực dính ở 2 đầu có cấu tạo các mẫu neo đặc biệt:

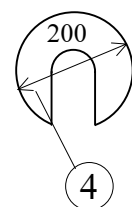
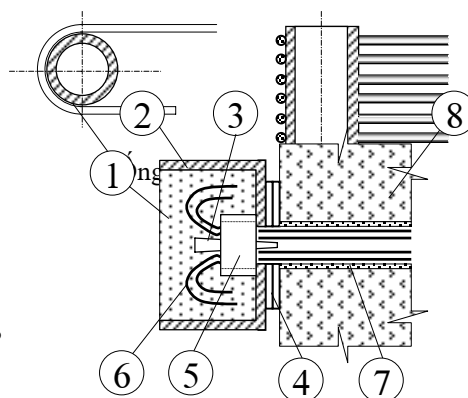
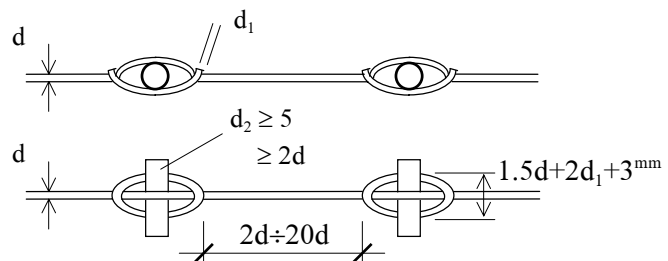
- Với thép thanh có thể hàn thêm các đoạn thép ngắn hay vòng đệm, hoặc tạo ren các gờ xoắn ốc.
- Với thép sợi thường dùng neo loại vòng hoặc loại ống.

b. Thiết bị neo trong PP căng sau:

- Nếu dùng kích 2 chiều để căng các bó sợi thép không lớn lắm (khoảng 12-24 sợi $\varnothing 5$) thì dùng loại neo Freyssinet: Neo gồm 2 bộ phận chính là khối neo và chêm. Khối neo bằng thép hoặc BTCT. Chêm hình côn bằng thép cường độ cao xung quanh có gờ xoắn ốc để tăng ma sát, có rãnh giữa để bơm vữa.
- Nếu dùng kích 1 chiều thì dùng neo kiểu cốc: bên ngoài là một cốc thủng đáy bằng thép, bên trong là khối BT với các sợi thép ULT được bó chặt nhờ chốt hình côn và vòng kẹp.



KHOA XÂY DỰNG DÂN DỐ & NG NGHIỆP



3. ĐẶC ĐIỂM CẤU TẠO:

Trong cấu kiện BTCT ULT sự liên kết tốt giữa BT và cốt thép là rất quan trọng. Do đó việc bố trí cốt thép cần tuân thủ các qui định sau:

- PP căng trước:

Không được dùng thép không có gờ, không có viên hoặc không gia công bề mặt để làm BTCT ULT.

Nếu dùng thép có gờ, thép tròn hoặc thép bản xoắn lại.. thì không cần thiết có neo, nhưng phải cách đầu mút một đoạn truyền lực $\geq l_{tr}$ cốt thép mới phát huy tác dụng:

$$l_{tr} = \left(m_{tr} \frac{\sigma_{01}}{R_0} + \Delta_n \right) d ;$$

Trong đó: σ_0 - Ứng suất trong cốt thép sau khi kể đến các hao hụt xảy ra trước khi buông CT.

R_0 - Cường độ chịu nén của BT lúc buông cốt thép.

d - Đường kính cốt thép ULT.

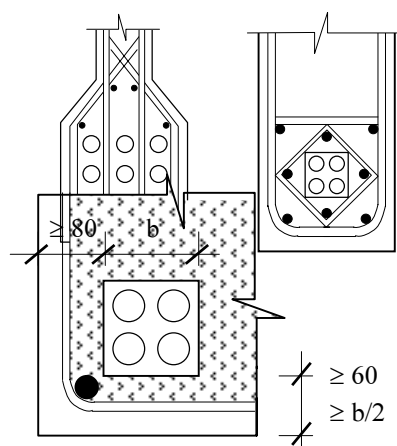
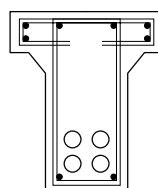
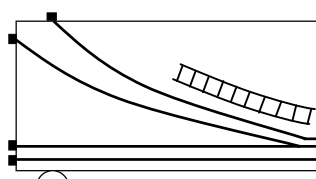
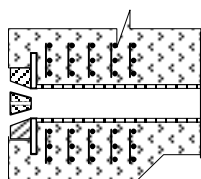
m_{tr}, Δ_n - Các hệ số lấy theo bảng sau:

Dạng và loại cốt thép	Hệ số		Dạng và loại cốt thép	Hệ số	
	m_{tr}	Δ_n		m_{tr}	Δ_n
Thép thanh có gờ	0.3	10	Thép bện 7 sợi d=15	1.25	25
Sợi thép có gờ d=5	1.8	40	12	1.4	25
4	1.8	50	9	1.6	30
3	1.8	60	7.5; 6; 4.5	1.8	40

- PP căng sau: Nhất thiết phải dùng các loại neo đặc biệt.

Ứng suất nén tại đầu cấu kiện rất lớn thường > cường độ chịu nén của BT, để tránh phá hoại cục bộ cần phải tăng TD tại đầu cấu kiện, hoặc gia cố bằng cốt đai dày kín, các lưới thép phụ trên đoạn ≥ 2 lần chiều dài thiết bị neo (≥ 10 lần đường kính cốt dọc và ≥ 200). Bố trí 5-8 lưới cách nhau 50-70 đường kính thép của lưới ≥ 5 và $\geq 1/4$ đường kính cốt dọc.

Có thể cấu tạo các tấm thép đệm dưới các neo hoặc uốn bớt cốt thép neo lên mép trên để giảm sự tập trung ứng suất. (tại vị trí uốn cốt dọc cần bố trí cốt đai phụ để gia cường)



Khoảng cách giữa các cốt thép và lớp BT bảo vệ:

- Trong pp căng trước, cấu tạo tương tự BTCT thường.

- Trong pp căng sau:

Nếu cốt thép ứng lực trước đặt trong các rãnh thì chiều dày lớp BT bảo vệ kể từ mặt ngoài của cấu kiện đến mặt trong rãnh $\geq (20 \text{ và } 1/2 \text{ đường kính rãnh})$, khi đường kính rãnh > 32 thì lớp bảo vệ $\geq$ đường kính rãnh.

Khi trong rãnh bố trí một số bó sợi hoặc thép thanh thì lớp BT bảo vệ ≥ 80 với thành bên, $\geq (60 \text{ và } 1/2 \text{ bề rộng rãnh})$ với mặt đáy.

Khoảng cách giữa các rãnh $\geq$ (đường kính rãnh và 50), đồng thời sao cho việc căng cốt thép được dễ dàng, không bị phá hoại cục bộ khi buông cốt thép.

4. CÁC CHỈ DẪN CƠ BẢN VỀ TÍNH TOÁN:

4.1. Trị số ứng suất trong BT và cốt thép:

- Trị số ứng suất giới hạn σ_0 & σ_0' trong cốt thép F_H & F_H' theo qui phạm khi căng thép bằng phương pháp cơ học:

Đối với thép thanh: $0.35R_{HC} \leq \sigma_0 \leq 0.95 R_{HC}$; (10 - 1)

Đối với thép sợi cường độ cao: $0.25R_{HC} \leq \sigma_0 \leq 0.75 R_{HC}$; (10 - 2)

- Trị số ứng suất khống chế: để kiểm tra ứng suất trong cốt thép ở thời điểm kết thúc việc căng trên bệ hoặc tại vị trí đặt lực căng khi căng trên BT.

Khi căng trên bệ: Trị số ứng suất khống chế lấy bằng trị số ứng suất giới hạn σ_0 & σ_0' sau khi đã kể đến các tổn hao do biến dạng của neo và của ma sát (σ_{neo} & σ_{ms}):

$$\sigma_{HK} = \sigma_0 - \sigma_{neo} - \sigma_{ms}; \quad \sigma_{HK}' = \sigma_0' - \sigma_{neo}' - \sigma_{ms}'; \quad (10 - 3)$$

Khi căng trên BT: $\sigma_{HK} = \sigma_0 - n_H \cdot \sigma_{BH}$; $\sigma_{HK}' = \sigma_0' - n_H \cdot \sigma_{BH}'$; (10 - 4)

Trong đó σ_{BH} & σ_{BH}' là ứng suất trước trong BT ở ngang mức trọng tâm F_H & F_H' (có kể đến các tổn hao trước khi ép BT).

n_H là tỉ số giữa mô đun đàn hồi của cốt thép ULT E_H và mô đun đàn hồi của BT:

$$n_H = E_H / E_a;$$

- Hệ số chính xác khi căng m_t : Xét đến các sai số của các dụng cụ đo, do các nguyên nhân khác chưa được xét đến một cách chính xác khi tính toán..

$m_t = 0.9$ hoặc 1.1 nếu việc giảm hoặc tăng ứng suất trước trong cốt thép là bất lợi đối với kết cấu.

$m_t = 1$ khi tính toán các hao tổn ứng suất trong cốt thép hoặc khi tính toán sự mở rộng khe nứt, biến dạng.

- Cường độ của BT lúc buông cốt thép ULT R_0 : $R_0 \geq 0.8 R_{tké}$;
 $R_0 \geq 140 \text{ KG/cm}^2$;

Và nếu dùng cốt thép thanh loại AT-IV và dây cáp: $R_0 \geq 200 \text{ KG/cm}^2$;

Trạng thái ứng suất của TD	Phương pháp căng	Tỉ số σ_{BH} / R_0 Khi nén:	
		Đúng tâm	Lệch tâm
Ứng suất nén tăng khi ngoại lực tác dụng	Căng trước	0.50	0.55
	Căng sau	0.45	0.50
Ứng suất nén giảm khi ngoại lực tác dụng	Căng trước	0.65	0.75
	Căng sau	0.55	0.65

4.2. Sự tổn hao ứng suất trong cốt thép ULT:

a. Do tính chùng ứng suất của cốt thép (σ_{ch}):

- Hiện tượng chùng ứng suất là hiện tượng ứng suất ban đầu trong cốt thép ULT giảm bớt theo thời gian trong khi chiều dài của cốt thép không đổi.

Khi căng bằng PP cơ học, đối với thép sợi: $\sigma_{ch} = \left(0.22 \frac{\sigma_0}{R_{HC}} - 0.1 \right) \cdot \sigma_0$; (10 - 5)

đối với thép thanh: $\sigma_{ch} = 0.1 \cdot \sigma_0 - 200$; (10 - 6)

Trị số σ_0 không kể đến các hao tổn ứng suất. Nếu tính được $\sigma_{ch} < 0$ thì lấy $\sigma_{ch} = 0$;

b. Do chênh lệch nhiệt độ giữa cốt thép và bộ căng (σ_{nh}):

Tổn hao σ_{nh} xảy ra khi BT đông cứng trong điều kiện dưỡng hộ nhiệt:

$$\sigma_{nh} = 12.5\Delta t; \quad (10 - 7)$$

Trong đó Δt là chênh lệch nhiệt độ giữa cốt thép và bộ căng (tính = $^{\circ}\text{C}$).

Khi không có số liệu chính xác thì lấy $\Delta t = 65^{\circ}\text{C}$;

c. Do biến dạng của neo và sự ép sát các tấm đệm (σ_{neo}):

$$\sigma_{neo} = \frac{\lambda}{L} \cdot E_H; \quad (10 - 8)$$

Trong đó L - Chiều dài của cốt thép căng (trong PP căng trước là khoảng cách giữa 2 bộ căng, trong PP căng sau là chiều dài của cốt thép nằm trong cấu kiện).

λ - Tổng các biến dạng của bản thân neo, của các khe hở, sự ép sát các tấm đệm.. Lấy theo thực nghiệm. Nếu không có số liệu thực nghiệm thì lấy $\lambda = 2\text{mm}$;

d. Do ma sát giữa cốt thép và thành ống (σ_{ms}):

Trong PP căng sau:
$$\sigma_{ms} = \sigma_0 \cdot \left(1 - \frac{1}{e^{kx + \mu\theta}} \right); \quad (10 - 9)$$

Trong đó e - Hệ số logarit tự nhiên.

k - Hệ số xét đến sự sai lệch vị trí đặt ống so với vị trí thiết kế. (Tra bảng)

x - Chiều dài đoạn ống (tính = m) kể từ thiết bị căng gần nhất đến TD tính toán.

μ - Hệ số ma sát giữa cốt thép và thành ống;

θ - Tổng góc xoay của trục cốt thép (tính = radian);

Trong PP căng trước nếu có gá các thiết bị đặc biệt để tạo độ cong tính σ_{ms} theo công thức trên với $x = 0$ & $\mu = 0.25$;

Loại ống rãnh	Trị số k	Trị số μ khi cốt thép là	
		Bó sợi thép	Thanh có gờ
Ống có bề mặt kim loại	0.003	0.35	0.40
Ống có bề mặt BT - tạo nên bằng lõi cứng	0	0.55	0.65
- tạo nên bằng lõi mềm	0.0015	0.55	0.65

e. Do từ biến nhanh ban đầu của BT (σ_{tbn}):

Trong PP căng trước, hao tổn này xảy ra ngay sau khi buông cốt thép để ép BT.

Đối với BT khô cứng tự nhiên:

$$\sigma_{tbn} = 500 \cdot \frac{\sigma_{bH}}{R_0}; \quad \text{khi } \frac{\sigma_{bH}}{R_0} \leq a \quad (10 - 10)$$

$$\sigma_{tbn} = 500 \cdot a \cdot 1000 \cdot b \left(\frac{\sigma_{bH}}{R_0} - a \right); \quad \text{khi } \frac{\sigma_{bH}}{R_0} > a \quad (10 - 11)$$

Trong đó a, b - Hệ số phụ thuộc vào mác BT, với BT mác ≥ 300 : $a = 0.6$; $b = 1.5$

σ_{bH} - Ứng suất nén trước trong BT ở ngang mức trọng tâm của cốt thép căng, có kể đến các hao tổn: σ_{ch} , σ_{ms} , σ_{neo} và σ_{nh} .

Nếu BT đông cứng trong điều kiện được dưỡng hộ nhiệt thì σ_{tbn} được tính theo công thức trên có nhân thêm hệ số 0.85;

f. Do co ngót của BT (σ_{co}):

Đối với BT nặng, đông cứng trong điều kiện tự nhiên lấy σ_{co} theo bảng sau (tính = KG/cm²):

Trong PP căng sau σ_{co} bé hơn vì trước khi buông cốt thép, BT đã co ngót được 1 phần

Mác Bê tông	Phương pháp căng	
	Căng trước	Căng sau
$\leq M400$	400	300
$\leq M500$	500	350
$\leq M600$	600	500

g. Do từ biến của BT (σ_{tb}):

Hao tổn do từ biến xảy ra trong quá trình BT chịu nén lâu dài. Đối với BT nặng:

$$\sigma_{tb} = 2000.k. \frac{\sigma_{bH}}{R_0} \quad \text{khi } \frac{\sigma_{bH}}{R_0} \leq 0.6;$$

$$\sigma_{tb} = 4000.k. \left(\frac{\sigma_{bH}}{R_0} - 0.3 \right) \quad \text{khi } \frac{\sigma_{bH}}{R_0} > 0.6; (10 - 12)$$

Trong đó $k=1$ đối với BT đông cứng tự nhiên; $k=0.85$ đối với BT được dưỡng hộ nhiệt;
 σ_{bH} được lấy như khi tính hao tổn do từ biến nhanh.

h. Do BT bị ép lõm (σ_{el}) (cốt thép vòng, cốt thép xoắn ốc):

Một số cấu kiện tròn như: bể chứa, ống dẫn.. cốt thép U_LT vòng sẽ ép lõm mặt BT.

Nếu đường kính của cấu kiện $< 3m$: $\sigma_{el} = 300 \text{ KG/cm}^2$;

Nếu đường kính của cấu kiện $> 3m$ thì có thể bỏ qua.

Ngoài các hao tổn cơ bản trên đây, trong một số trường hợp cần xét đến các ứng suất hao do biến dạng của khuôn thép, do ép sát các khối lắp ghép, do tải trọng chịu tải trọng rung động..

Các ứng suất hao tổn được chia làm 2 nhóm: Ứng suất hao xảy ra trong quá trình chế tạo cũng như khi ép BT (σ_{h1}), và ứng suất hao xảy ra sau khi kết thúc ép BT (σ_{h2}).

- Trong PP căng trước: $\sigma_{h1} = \sigma_{ch} + \sigma_{nh} + \sigma_{neo} + \sigma_{ms} + \sigma_{tbn}$;

$$\sigma_{h2} = \sigma_{co} + \sigma_{tb};$$

- Trong PP căng sau: $\sigma_{h1} = \sigma_{neo} + \sigma_{ms}$;

$$\sigma_{h2} = \sigma_{ch} + \sigma_{co} + \sigma_{tb} + \sigma_{el};$$

$$\text{Tổng hao tổn } \sigma_h = \sigma_{h1} + \sigma_{h2} \geq 1000 \text{ KG/cm}^2;$$

5. CẤU KIỆN CHỊU KÉO TRUNG TÂM:

- Cấu kiện chịu kéo bằng BTCT U_LT thường gặp như: thanh cánh hạ của dàn, thanh căng của vòm, ống dẫn có áp, bể chứa tròn..

5.1. Các giai đoạn của trạng thái U_S-BD:**a. Cấu kiện căng trước:**

Trạng thái ứng suất-biến dạng của cấu kiện cũng gồm 3 giai đoạn như BTCT thường, nhưng giai đoạn I được chia làm 6 giai đoạn trung gian:

Giai đoạn I₁: Cốt thép U_LT đặt vào khuôn nhưng chưa căng, ứng suất trong cốt thép $\sigma_H = 0$;

Giai đoạn I₂: Cốt thép U_LT được căng đến ứng suất khống chế $\sigma_H = \sigma_{HK} = \sigma_0 - \sigma_{neo} - \sigma_{ms}$ rồi cố định vào bệ, đổ BT;

Giai đoạn I₃: Trong thời gian chờ BT đạt cường độ R_0 , xảy ra các hao tổn làm giảm ứng suất căng trước trong cốt thép U_LT $\sigma_H = \sigma_{HK} - (\sigma_{ch} + \sigma_{nh})$;

Giai đoạn I₄: Khi BT đạt cường độ R_0 thì buông cốt thép để ép BT.

Ứng suất hao tổn sau khi buông cốt thép là $\sigma_{h1} = \sigma_{ch} + \sigma_{nh} + \sigma_{neo} + \sigma_{ms} + \sigma_{tbn}$;

Ứng suất trong cốt thép U_LT là $\sigma_H = \sigma_0 - \sigma_{h1} - n_H \cdot \sigma_b$;

Và ứng suất nén trước trong BT :
$$\sigma_b = \frac{N_{01}}{F_{qd}} ; \quad (10 - 13)$$

Trong đó N_{01} là lực nén khi bắt đầu buông cốt thép: $N_{01} = (\sigma_0 - \sigma_{h1})F_H - \sigma_{tbn} \cdot F_a$; (Ở đây khi tính σ_{h1} không kể hao tổn do từ biến nhanh).

F_{qd} là diện tích BT tương đương của TD: $F_{qd} = F_b + n_a \cdot F_a + n_H \cdot F_H$;

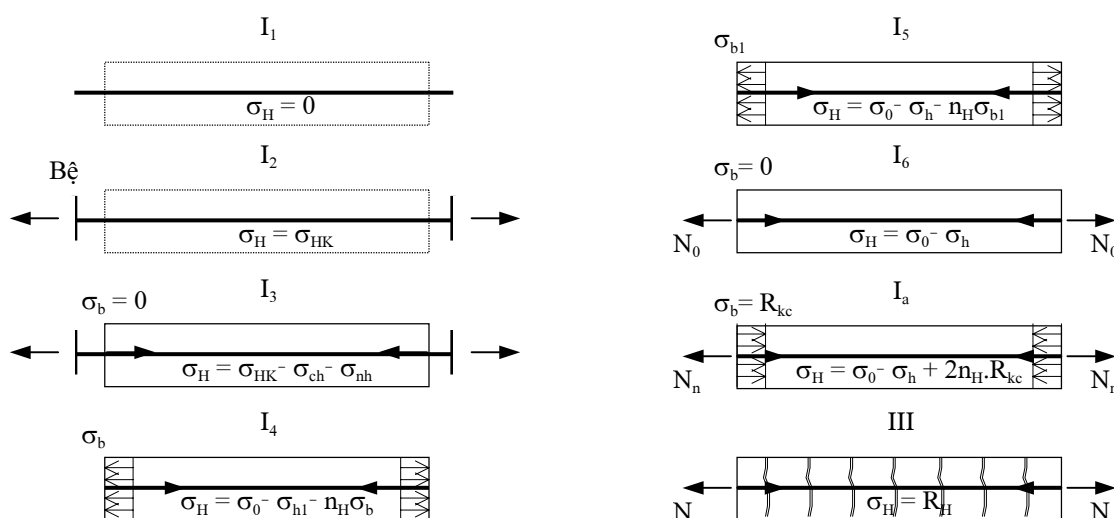
Giai đoạn I₅: Trước khi sử dụng cầu kiện, do co ngót và từ biến của BT, có các hao tổn $\sigma_{h2} = \sigma_{co} + \sigma_{tb}$; Vậy ứng suất hao tổng cộng là $\sigma_h = \sigma_{h1} + \sigma_{h2}$;

Ứng suất trong cốt thép U_LT: $\sigma_H = \sigma_0 - \sigma_h - n_H \cdot \sigma_{b1}$;

Giai đoạn I₆: Cho cầu kiện chịu kéo, ứng suất do tải trọng gây kéo thêm trong cốt thép U_LT, đồng thời làm giảm ứng suất nén trước trong BT. Khi ứng suất trong BT triệt tiêu ($\sigma_b = 0$) thì:

$$\sigma_H = \sigma_0 - \sigma_h ;$$

Giai đoạn I_a: Tải trọng tăng, BT chịu kéo. Khi ứng suất trong BT đạt R_{kc} , cầu kiện sắp bị nứt; Ứng suất trong cốt thép U_LT lúc này là: $\sigma_H = \sigma_0 - \sigma_h + 2n_H \cdot R_{kc}$;



Giai đoạn II: Tải trọng tăng, khe nứt xuất hiện. Lúc này toàn bộ lực kéo do cốt thép chịu, ứng suất kéo trong cốt thép tăng lên theo tải trọng tương tự như cấu kiện BTCT thường.

Giai đoạn III: Giai đoạn phá hoại, khe nứt mở rộng. Sự phá hoại xảy ra khi ứng suất trong cốt thép đạt tới giới hạn chịu kéo.

Nhận xét: Việc gây U_LT chỉ nâng cao khả năng chống nứt, hạn chế bề rộng khe nứt của cầu kiện, không cải thiện về khả năng chịu lực.

b. Cầu kiện căng sau:

Các giai đoạn của trạng thái ứng suất biến dạng của cầu kiện cũng tương tự như trường hợp căng trước, chỉ khác là trong giai đoạn I:

Giai đoạn I₁: Luồn cốt thép U_LT vào rãnh nhưng chưa căng, ứng suất trong cốt thép $\sigma_H = 0$;

Giai đoạn I₄: Căng cốt thép U_LT đến ứng suất khống chế $\sigma_{HK} = \sigma_0 - n_H \cdot \sigma_b$, gây nén trong BT.

Với ứng suất nén trước trong BT:
$$\sigma_b = \frac{(\sigma_0 - \sigma_{h1}) \cdot F_H}{F_{qd}} ;$$

Sau đó neo cốt thép U_LT vào đầu cầu kiện. Lúc này xảy ra các hao tổn ứng suất $\sigma_{h1} = \sigma_{neo} + \sigma_{ms}$;

Ứng suất trong cốt thép : $\sigma_H = \sigma_0 - \sigma_{h1} - n_H \cdot \sigma_b$;

Từ giai đoạn I₅ trở đi trạng thái ứng suất biến dạng giống như cấu kiện căng trước.

5.2. Tính toán cấu kiện chịu kéo trung tâm:

a. Tính theo cường độ (giai đoạn sử dụng):

- Sơ đồ ứng suất: Cơ sở để lập sơ đồ ứng suất là giai đoạn III của trạng thái U_S-BD.

Toàn bộ lực kéo do cốt thép chịu, ứng suất trong cốt thép đạt hạn chịu kéo.

- Điều kiện cường độ: $N \leq R_a \cdot F_a + R_H \cdot F_H \cdot m_H$; (10 - 14)

Trong đó m_H là hệ số xét đến điều kiện làm việc của cốt thép cường độ cao khi ứng suất cao hơn giới hạn chảy quy ước. (Bảng tra)

LOẠI THÉP	m_H
Thép A-IV & A _T -IV	1.20
Thép A-V, A _T -V & sợi thép cường độ cao	1.15
Thép A _T -VI	1.10

b. Tính không cho phép nứt:

- Sơ đồ ứng suất: Cơ sở để lập sơ đồ ứng suất là giai đoạn I_a của trạng thái U_S-BD.

Ứng suất trong BT đạt đến cường độ chịu kéo R_{kc} .

- Điều kiện để cấu kiện không bị nứt là:

$$N \leq R_{kc} \cdot (F_b + 2n_H \cdot F_H + 2n_a \cdot F_a) + N_{02}; \quad (10 - 15)$$

Trong đó N - Lực kéo dọc trục (Đối với cấu kiện có tính chống nứt cấp I & II thì tính với tải trọng tính toán, cấu kiện có tính chống nứt cấp III thì tính với tải trọng tiêu chuẩn).

N_{02} - Lực kéo ứng với lúc ứng suất nén trước trong BT triệt tiêu.

$$N_{02} = (\sigma_0 - \sigma_h) \cdot F_H - \sigma_a \cdot F_a; \quad (10 - 16)$$

Với $\sigma_a = \sigma_{tbn} + \sigma_{co} + \sigma_{tb}$;

F_b là diện tích TD phần BT.

c. Tính theo sự mở rộng khe nứt:

Công thức xác định bề rộng khe nứt và điều kiện kiểm tra giống như BTCT thường, chỉ khác là ứng suất trong cốt thép σ_a để tính bề rộng khe nứt là độ tăng ứng suất trong cốt thép kể từ lúc ứng suất nén trước trong BT triệt tiêu N_{02} đến lúc cấu kiện chịu tải trọng tiêu chuẩn N_c (giai đoạn sử dụng):

$$\sigma_a = \frac{N_c - N_{02}}{F_a + F_H}; \quad (10 - 17)$$

d. Tính theo sự khép kín khe nứt:

Nhằm đảm bảo sao cho sau khi bị nứt và tải trọng tạm thời ngắn hạn thôi tác dụng, dưới tác dụng của ứng suất trước trong cốt thép khe nứt sẽ được khép kín. Yêu cầu này được thỏa mãn nếu đảm bảo hai điều kiện sau:

$$1) \quad \sigma_{02} + \sigma_a \leq k \cdot R_{HC}; \quad (10 - 18)$$

Trong đó σ_{02} - Ứng suất trước trong cốt thép U_{LT} sau khi đã kể đến tất cả các hao tổn ứng suất.

σ_a - Độ tăng ứng suất trong cốt thép tính theo (10 - 17).

k - Hệ số lấy $k = 0.65$ đối với thép sợi; $k = 0.8$ đối với thép thanh.

2) Tại thớ ngoài cùng ở miền chịu kéo của cấu kiện phải tồn tại ứng suất nén trước $\sigma_b \geq 10 \text{ KG/cm}^2$ khi cấu kiện chỉ có tĩnh tải và tải trọng tạm thời dài hạn tác dụng.

e. Kiểm tra cường độ cấu kiện ở giai đoạn chế tạo:

Kiểm tra cường độ cấu kiện khi buông cốt thép U_{LT} (giai đoạn I₄):

$$N_H \leq R_n^t \cdot F + R_a' \cdot F_a; \quad (10 - 19)$$

Trong đó N_H - Lực nén BT khi buông cốt thép:

Đối với cấu kiện căng trước: $N_H = (1.1\sigma_0 - 3000)F_H$; (10 - 20)

Đối với cấu kiện căng sau: $N_H = 1.1(\sigma_0 - n_H \cdot \sigma_b) \cdot F_H$; (10 - 21)

R_n^t - Cường độ chịu nén của BT lúc buông cốt thép

(nhân với hệ số điều kiện làm việc $m_b = 1.1$ với thép sợi

$m_b = 1.2$ với thép thanh).

6. CẤU KIỆN CHỊU UỐN:

6.1. Các giai đoạn của trạng thái ứng suất:

a. Cấu kiện căng trước:

Giai đoạn I được chia thành 6 giai đoạn trung gian, các giai đoạn sau tương tự BTCT thường.

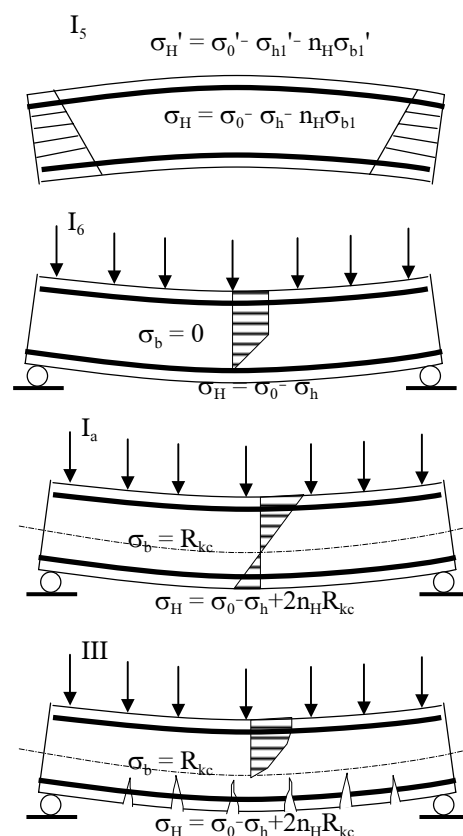
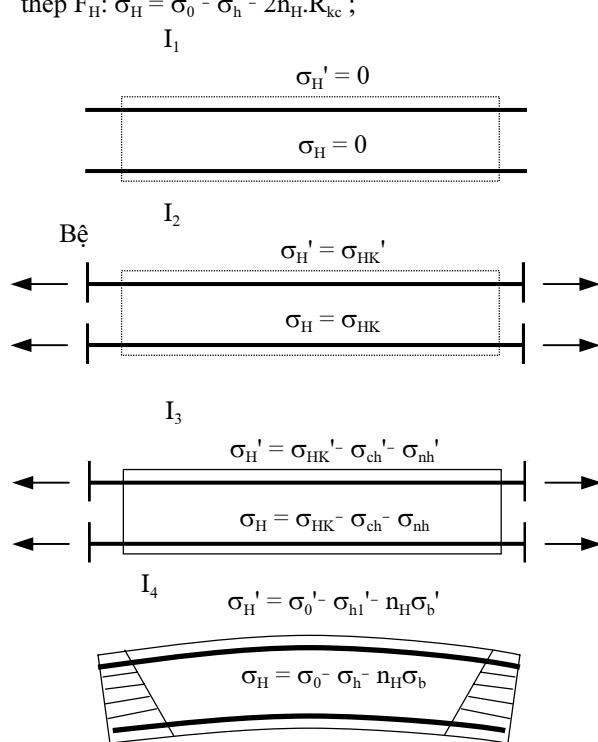
- **Giai đoạn I₁:** Đặt các cốt thép ULT F_H & F_H' vào bề những chưa căng.
- **Giai đoạn I₂:** Căng các cốt thép F_H & F_H' tới trị số ứng suất khống chế σ_{HK} & σ_{HK}' rồi cố định vào bề, tiến hành đổ BT.
- **Giai đoạn I₃:** Chờ BT đông cứng, trong thời gian này xảy ra các hao tổn ứng suất σ_{ch} & σ_{nh} .

$$\sigma_H = \sigma_{HK} - \sigma_{ch} - \sigma_{nh}; \quad \sigma_H' = \sigma_{HK}' - \sigma_{ch}' - \sigma_{nh}';$$
- **Giai đoạn I₄:** Khi BT đạt cường độ cần thiết R_0 , buông cốt thép. Do F_H & F_H' không bằng nhau nên cấu kiện bị vòng lên do chịu nén lệch tâm. Trong giai đoạn này xảy ra hao tổn ứng suất σ_{tbn} và tổng ứng suất hao là σ_{hl} .
- **Giai đoạn I₅:** Trong thời gian trước khi đưa vào sử dụng, do biến dạng co ngót và từ biến của BT xảy ra các hao tổn σ_{co} & σ_{tb} ;

$$\sigma_H = \sigma_0 - \sigma_h;$$
- **Giai đoạn I₆:** Tải trọng tác dụng, ứng suất kéo trong F_H tăng, ứng suất kéo trong F_H' giảm. Khi ứng suất nén trước trong thớ BT ngang trọng tâm F_H triệt tiêu:

$$\sigma_H = \sigma_0 - \sigma_h;$$
- **Giai đoạn I_a:** Ứng suất trong BT chịu kéo đạt đến cường độ chịu kéo R_{kc} : BT vùng kéo sắp nứt, ứng suất trong cốt thép F_H :

$$\sigma_H = \sigma_0 - \sigma_h - 2n_H R_{kc};$$



- **Giai đoạn II:** Tải trọng tăng, khe nứt xuất hiện trong BT vùng kéo, ứng lực trong vùng kéo do cốt thép chịu.
- **Giai đoạn III:** Tải trọng tăng, khe nứt mở rộng, khi ứng suất trong cốt thép chịu kéo và trong BT vùng nén đạt trị số giới hạn thì cấu kiện bị phá hoại. Ứng suất trong cốt thép F_H' :

$$\sigma_H' = R_H' - m_t (\sigma_0' - \sigma_h'); \quad (10 - 22)$$

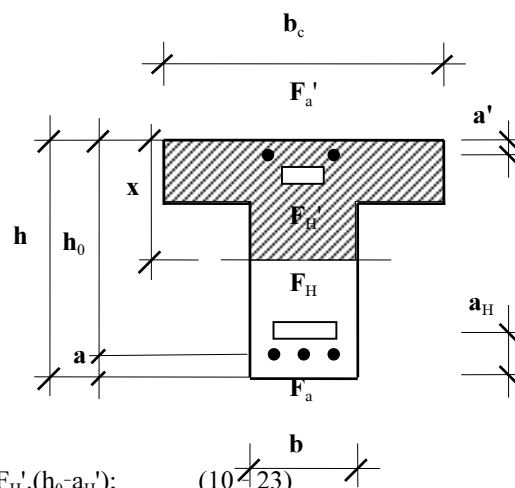
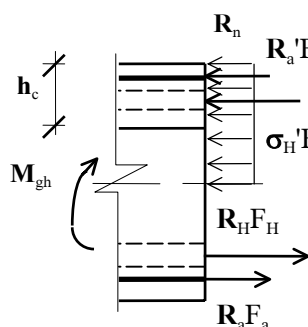
b. Cấu kiện căng sau:

Trạng thái ứng suất từ giai đoạn I₁ chuyển sang I₄, sau đó diễn biến của trạng thái ứng suất như cấu kiện căng trước.

6.2. Tính toán cấu kiện chịu uốn:

a. Tính theo cường độ trên TD thẳng góc:

-Sơ đồ ứng suất:



-Công thức cơ bản:

Điều kiện cường độ là:

$$\sum M_{Fa} = 0;$$

$$\Rightarrow M \leq R_n \cdot b \cdot x \cdot (h_0 - 0.5x) + R_n \cdot (b_c - b) \cdot h_c' \cdot (h_0 - 0.5h_c') + R_a' \cdot F_a' \cdot (h_0 - a') + \sigma_H' \cdot F_H' \cdot (h_0 - a_H'); \quad (10-23)$$

Chiều cao vùng nén:

$$\sum X = 0; \Rightarrow R_n \cdot [b \cdot x + (b_c - b) \cdot h_c'] = m_H \cdot R_H \cdot F_H + R_a \cdot F_a - \sigma_H' \cdot F_H' - R_a' \cdot F_a'; \quad (10-24)$$

Trong đó m_H - Hệ số điều kiện làm việc của cốt thép cường độ cao khi ứng suất cao hơn giới hạn chảy qui ước. m_H

$$\text{lấy theo tiêu chuẩn thiết kế: } m_H = \overline{m_H} - (\overline{m_H} - 1) \cdot \frac{\alpha}{\alpha_0}$$

$\overline{m_H}$ - Giá trị cực hạn của m_H , lấy theo bảng tra;

α_0 - Giá trị giới hạn của $\alpha = x/h_0$; có thể tra theo bảng hoặc tính theo công thức sau:

$$\alpha_0 = \frac{\overline{\alpha_0}}{1 + \frac{\sigma_A}{4000} \left(1 - \frac{\overline{\alpha_0}}{1.1} \right)}$$

$\overline{\alpha_0}$ - Hệ số đặc trưng cho miền chịu kéo của BT. Với BT nặng $\overline{\alpha_0} = 0.85 - 0.0008R_n$;

σ_A - Ứng suất trong cốt thép ULT; Với thép không có thêm chảy (A-IV trở lên), thép sợi B-II, B_p-II, dây cáp: $\sigma_A = R_H + 4000 - \sigma_0$; Đối với thép có thêm chảy (A-I, A-II, A-III) và thép sợi B-I, B_p-I thì lấy σ_A bằng cường độ chịu kéo tính toán của cốt thép.

-Điều kiện hạn chế: $x \leq \alpha_0 h_0$; và $x \geq 2a'$.

b. Tính theo cường độ trên TD nghiêng:

Để chịu lực trên TD nghiêng, ngoài cốt dọc, cốt xiên và cốt đai thường còn có cốt dọc và cốt ngang ULT. Việc tính toán cường độ trên TD nghiêng tương tự như cấu kiện BTCT thường.

Cốt ngang trên TD nghiêng được tính toán theo điều kiện sau:

$$\Sigma Y = 0: Q \leq Q_b + \Sigma R_{ad} \cdot F_d + \Sigma R_{ad} \cdot F_x \cdot \sin \alpha + \Sigma R_{Hd} \cdot F_{Hd} + \Sigma R_{Hd} \cdot F_{Hx} \cdot \sin \alpha. \quad (10-25)$$

Trong đó Q_b - Khả năng chịu cắt của BT;

R_{ad}, R_{Hd} - Cường độ tính toán về chịu cắt của cốt thép thường và cốt thép ULT;

Trong trường hợp không có cốt xiên thường và cốt xiên ULT thì điều kiện kiểm tra (trên TD nghiêng nguy hiểm nhất)

$$\text{là: } Q \leq Q_{db} = \sqrt{8R_k \cdot b \cdot h_0^2 \cdot q_d}$$

Trong đó q_d - Khả năng chịu cắt của cốt đai thường và cốt đai ULT trên đơn vị dài:

$$q_d = \frac{R_{ad} \cdot F_d}{u_d} + \frac{R_{Hd} \cdot F_{Hd}}{u_{Hd}}$$

c. Tính theo cường độ ở giai đoạn chế tạo:

Kiểm tra theo điều kiện về chịu nén của BT lúc bắt đầu buông cốt thép.

Ứng suất nén BT:
$$\sigma_{bh} = \frac{N_0}{F_{qd}} + \frac{N_0 \cdot e_{0H} \cdot y}{J_{qd}};$$

Trong đó N_0 được lấy bằng hợp lực của tất cả các lực trong cốt thép ULT và cốt thép thường:

$$N_0 = \sigma_H \cdot F_H + \sigma_H' \cdot F_H' - \sigma_a \cdot F_a - \sigma_a' \cdot F_a'$$

e_{0H} - Độ lệch tâm của lực ép so với trục qua trọng tâm của TD tương đương;

$$e_{0H} = \frac{\sigma_H \cdot F_H \cdot y_H + \sigma_a' \cdot F_a' \cdot y_a' - \sigma_H' \cdot F_H' \cdot y_H' - \sigma_a \cdot F_a \cdot y_a}{N_0};$$

σ_H, σ_H' - Ứng suất trong cốt thép F_H & F_H' (có tính đến ứng suất hao σ_{hi} khi tính trong giai đoạn ép BT, và kể đến toàn bộ ứng suất hao khi tính trong giai đoạn sử dụng);

σ_a, σ_a' - Ứng suất nén trong cốt thép thường F_a & F_a' (Khi tính trong giai đoạn ép BT lấy bằng σ_{tbn} , khi tính trong giai đoạn sử dụng lấy bằng $\sigma_{tbn} + \sigma_{co} + \sigma_{tb}$);

y_H, y_H', y_a, y_a' - Khoảng cách từ trục qua trọng tâm của TD tương đương đến vị trí điểm đặt lực trong cốt thép (trọng tâm của cốt thép).

- Tính toán kiểm tra tổng thể cấu kiện ở giai đoạn chế tạo: Tính như cấu kiện chịu nén lệch tâm thường mà ngoại lực là lực ép lệch tâm do cốt thép ULT gây ra. Trong trường hợp chỉ có F_H thì lực lệch tâm xác định theo (10 - 20) hoặc (10 - 21);

- Ngoài ra còn phải kiểm tra sự chịu ép cục bộ của BT dưới các thiết bị neo, nếu không đủ cường độ thì phải gia cố miền BT dưới neo bằng các lưới thép..

d. Tính toán không cho phép nứt:

Điều kiện chống nứt của cấu kiện là: $M \leq M_n$; (10 - 26)

M - Mô men do ngoại lực gây ra (với chống nứt cấp I & II tính với tải trọng tính toán, cấp III thì với tải trọng tiêu chuẩn).

M_n - Mô men mà cấu kiện chịu được trước khi xuất hiện khe nứt (trạng thái I_a)

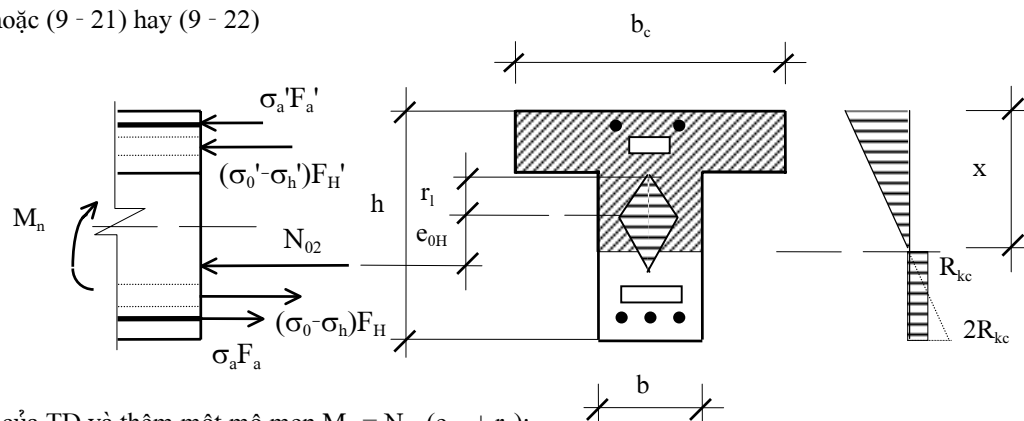
- Cơ sở để tính chống nứt là trạng thái I_a : $M_n = R_{kc} \cdot W_n + M_1$. (10 - 27)

M_1 - Mô men tác dụng ở giai đoạn I_0 . (lúc $\sigma_b = 0$)

$R_{kc} \cdot W_n$ - Mô men để trạng thái ứng suất tăng từ $I_0 \rightarrow I_a$;

W_n - Mô men kháng đàn hồi dẻo của TD quy đổi ngay trước khi xuất hiện vết nứt đối với thép chịu kéo ngoài cùng.

(có thể tính theo (9 - 18) hoặc (9 - 21) hay (9 - 22)



Nếu ta dời N_{02} về đỉnh lõi của TD và thêm một mô men $M_L = N_{02} \cdot (e_{0H} + r_L)$;

Theo tính chất của lõi: khi có lực N đặt tại đỉnh thì trục TH đi qua mép của TD (tức mép dưới của TD có $\sigma_b = 0$). Như vậy ứng suất nén trước trong BT σ_{b1} là do mô men M_1 gây ra;

Về mặt giá trị: $M_1 = M_L = N_{02} \cdot (e_{0H} + r_L)$;

Suy ra $M_n = N_{02} \cdot (e_{0H} + r_L) + R_{kc} \cdot W_n$;

Chú ý: Khi tính N_{02} là hợp lực của tất cả các ứng lực trong cốt thép ULT và cốt thép thường, có kể tất cả các hao tổn.

r_L - Khoảng cách từ đỉnh lõi đến trọng tâm của TD tương đương
$$r_L = 0.8 \frac{W_0}{F_{qd}};$$

TÍNH NĂNG CƠ LÝ CỦA VẬT LIỆU.

1. BÊ TÔNG

- Tính năng cơ học của BT là chỉ các loại cường độ và biến dạng.
- Tính năng vật lý là chỉ tính co ngót, từ biến, khả năng chống thấm, cách nhiệt, ... của BT.

1.1. Cường độ của Bê tông:

Cường độ là chỉ tiêu cơ học quan trọng, là một đặc trưng cơ bản của BT, phản ánh khả năng chịu lực của vật liệu. Thường căn cứ vào cường độ để phân biệt các loại bê tông.

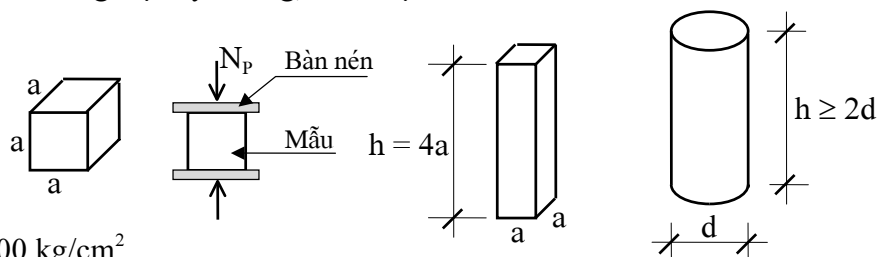
Cường độ của BT phụ thuộc vào thành phần và cấu trúc của nó. Để xác định cường độ của BT phải làm các thí nghiệm, thí nghiệm phá hoại mẫu là phương pháp xác định cường độ một cách trực tiếp và dùng phổ biến. Ngoài ra có thể dùng các PP gián tiếp: siêu âm, ép lõm viên bi trên bề mặt BT.. và có thể thực hiện trên kết cấu.

a Cường độ chịu nén: R_n .

Để xác định cường độ chịu nén của BT thường người ta thí nghiệm nén các mẫu lập phương có cạnh $a=10, 15, 20$ cm, hay khối lăng trụ đáy vuông, khối trụ tròn.

Cường độ nén của mẫu:

$$R_n = \frac{N_p}{F}$$



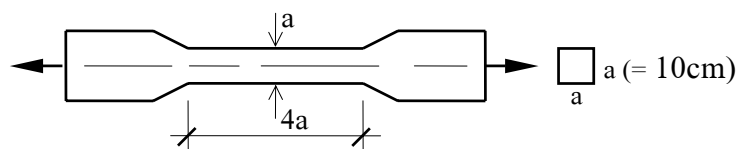
Bê tông thường có $R_n=100 \div 600$ kg/cm².

Cường độ khối vuông (kí hiệu R) để xác định mác BT về chịu nén

b Cường độ chịu kéo: R_k .

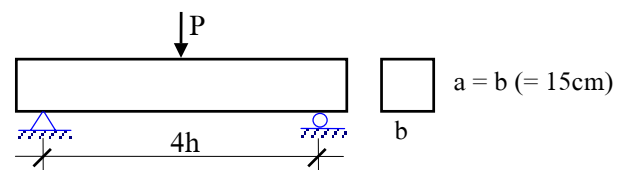
Mẫu chịu kéo trung tâm.

$$R_k = \frac{N_p}{F}$$



Mẫu chịu kéo khi uốn.

$$R_k = \frac{3.5M}{bh^2}$$



Trong đó: N_p , M : Lực kéo và mômen uốn làm phá hoại mẫu.

Bê tông thường có $R_k= 10 \div 40$ kg/cm².

c Các nhân tố ảnh hưởng đến cường độ của BT:

* Thành phần và cách chế tạo BT: Đây là nhân tố quyết định đến cường độ BT.

- Chất lượng và số lượng xi măng.
- Độ cứng, độ sạch, cấp phối của cốt liệu.
- Tỷ lệ N/X.
- Chất lượng của việc trộn vữa BT, đầm và bảo dưỡng BT.

Các yếu tố này đều ảnh hưởng đến cường độ BT nhưng mức độ có khác nhau. Thí dụ tỉ lệ N/X ảnh hưởng lớn đến R_n còn độ sạch của cốt liệu ảnh hưởng nhiều đến R_k ...

* Thời gian (tuổi của BT):

Cường độ của bê tông tăng theo thời gian, lúc đầu tăng nhanh sau tăng chậm dần.

Cường độ bê tông tăng theo thời gian được xác định theo công thức thực nghiệm:

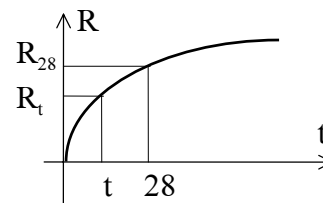
Công thức của Sec (1926):

$$R_t = R_1 + (R_{10} - R_1) \lg t.$$

Công thức của Nga (1935), (Skrantaep):

(với $t = 7-300$ ngày)

$$R_t = R_{28} \cdot \frac{\lg t}{\lg 28} \approx 0,7 R_{28} \cdot \lg t.$$

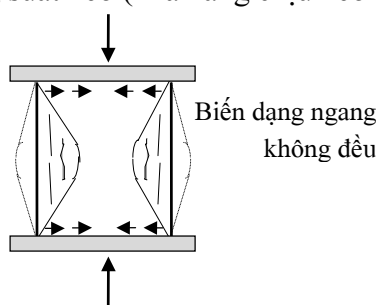


Trong đó: R_1 , R_{10} , R_{28} , R_t là cường độ của bê tông tương ứng với tuổi 1, 10, 28 và t ngày.

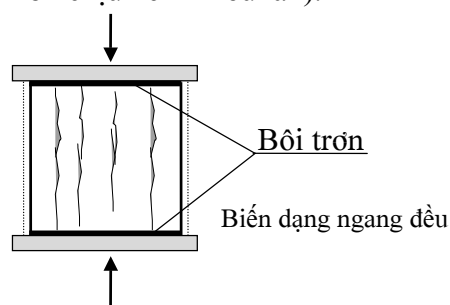
(Công thức của Sec, khá phù hợp với thực tế nhưng bất tiện vì phải xác định cường độ bê tông ở tuổi 1 ngày và 10 ngày; công thức Nga cho kết quả phù hợp với thực tế khi tuổi bê tông ≥ 7 ngày bằng xi măng Portland và dưỡng hộ trong điều kiện bình thường).

* Điều kiện thí nghiệm:

Lực ma sát giữa bàn nén và mẫu thử ảnh hưởng đến cường độ BT khi nén. Khi bị nén ngoài biến dạng theo phương lực tác dụng, mẫu còn nở ngang. Chính sự nở ngang quá mức làm cho BT bị phá vỡ do ứng suất kéo (khả năng chịu kéo của BT kém hơn chịu nén nhiều lần).



Thọp 1: Có ma sát trên mặt tiếp xúc



Thọp 2: Không có ma sát (2)

Kết quả cho thấy trường hợp 1 mẫu có cường độ lớn hơn: $R_{(1)} > R_{(2)}$. Giải thích:

Trường hợp (1): Lực ma sát trên mặt tiếp xúc giữa bàn nén và mẫu thử có tác dụng như một vành đai cản trở sự nở ngang của BT khi mẫu thử chịu nén. Càng xa mặt tiếp xúc thì ảnh hưởng của lực ma sát càng giảm nên mẫu bị phá hoại theo những đường nứt dạng 2 hình chóp.

Trường hợp (2): Không có lực ma sát nên BT tự do nở ngang khi chịu nén và ứng suất kéo ngang phân bố khá đồng đều trên chiều cao mẫu nên các vết nứt theo phương đứng và gần song song nhau. (Khi thí nghiệm không được phép bôi dầu ...)

Kích thước mẫu thử cũng ảnh hưởng đến cường độ BT: Mẫu kích thước nhỏ chịu ảnh hưởng của lực ma sát lớn nên có cường độ lớn hơn mẫu thử có kích thước lớn. Do vậy khi thí nghiệm các mẫu thử có kích thước khác với mẫu thử tiêu chuẩn (150*150*150) thì phải quy về cường độ mẫu thử tiêu chuẩn bằng cách nhân thêm với hệ số quy đổi. Mẫu lăng trụ có cường độ bé hơn mẫu khối vuông có cùng kích thước đáy $R_{lt} = (0.7-0.8)R_{lv}$...

Tốc độ gia tải khi thí nghiệm cũng ảnh hưởng đến cường độ của mẫu: Khi tốc độ gia tải chậm cường độ đạt khoảng 0.85 trị số thông thường và khi gia tải nhanh cường độ của mẫu có thể tăng 1.2-1.4 lần. Khi thí nghiệm phải tuân theo quy trình TN, thường với tốc độ 2kg/cm²-s.

* Điều kiện dưỡng hộ: Môi trường có nhiệt độ và độ ẩm lớn thì thời gian ninh kết của BT có thể rút ngắn đi rất nhiều. Nếu dưỡng hộ BT bằng hơi nước nóng thì cường độ tăng nhanh trong vài ngày đầu nhưng BT sẽ dòn hơn và có cường độ cuối cùng thường thấp hơn so với BT dưỡng hộ trong điều kiện tiêu chuẩn.

1.2. Mác Bê tông:

Là trị số của các đặc trưng cơ bản về chất lượng của BT. Tùy theo tính chất và nhiệm vụ của kết cấu mà quy định mác theo các đặc trưng khác nhau.

a Mác theo cường độ chịu nén: Kí hiệu M

Mác theo cường độ chịu nén là chỉ tiêu cơ bản nhất đối với mọi loại BT và kết cấu.

Mác theo cường độ chịu nén là con số lấy bằng cường độ chịu nén trung bình (tính theo đơn vị KG/cm^2) của các mẫu thử khối vuông cạnh 15 cm, tuổi 28 ngày, được dưỡng hộ và thí nghiệm theo điều kiện tiêu chuẩn ($t^0 \approx 20^\circ\text{C}$, $W \geq 90\%$).

M là đại lượng không thứ nguyên. Quy phạm qui định mác chịu nén của BT theo cấp sau:

Bê tông nặng: M100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 500, 600.

Bê tông nhẹ: M50, 75, 100, 150, 200, 250, 300.

(Khi chọn mác BT theo cấp qui định để dễ dàng sử dụng các số liệu về thành phần và các đặc trưng cơ lý được lập sẵn)

Bê tông cốt thép phải dùng BT có $M \geq 150$.

b Mác theo cường độ chịu kéo: Kí hiệu K.

Các kết cấu có yêu cầu chống nứt.. BT còn được chọn theo chỉ tiêu chịu kéo.

Mác theo cường độ chịu kéo là con số lấy bằng cường độ chịu kéo trung bình (tính theo đơn vị KG/cm^2) của các mẫu thử tiêu chuẩn.

Quy phạm qui định mác chịu kéo theo cấp sau:

Bê tông nặng: K10, 15, 20, 25, 30, 40.

Bê tông nhẹ: K10, 15, 20, 25, 30.

c Mác theo khả năng chống thấm: Kí hiệu T.

Mác theo khả năng chống thấm là con số lấy bằng áp suất lớn nhất (tính bằng atm) mà mẫu chịu được để nước không thấm qua.

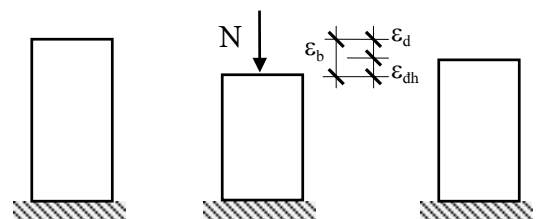
Cấp chống thấm của BT: T2, T4, T8, T10, T12.

T cần quy định cho các kết cấu có yêu cầu chống thấm hoặc độ chắc chắn của BT như các công trình thủy lợi, thủy điện...

1.3. Biến dạng của Bê tông:

a Biến dạng do tải trọng tác dụng ngắn hạn:

Thí nghiệm nén mẫu thử hình lăng trụ với tốc độ tăng tải từ từ ta lập được đồ thị giữa ứng suất và biến dạng như hình vẽ. Khi σ còn nhỏ đồ thị ít cong nhưng khi $\sigma \uparrow$ thì cong nhiều.



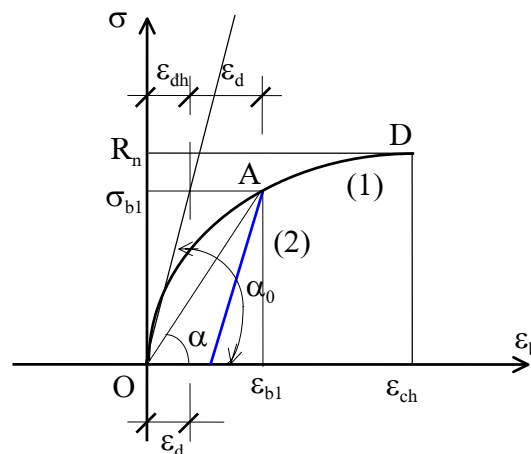
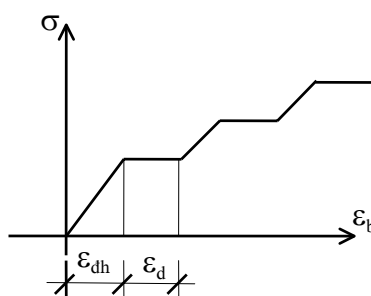
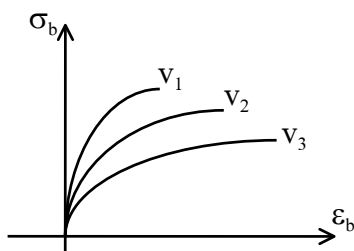
-Điểm D ứng với lúc mẫu bị phá hoại: ứng suất đạt R_n và biến dạng cực đại ε_{ch} .

-Nếu khi σ_b đạt đến $\sigma_{bl} < R_n$ ta giảm tải từ từ thì được đường giảm tải không trùng với đường tăng tải, biến dạng của BT không phục hồi hoàn toàn, khi $\sigma_b = 0$ vẫn còn ε_d . Tức là biến dạng toàn phần của BT gồm 2 phần: Một phần có thể khôi phục gọi là biến dạng đàn hồi ε_{dh} , một phần không thể khôi phục lại được gọi là biến dạng dẻo ε_d :

$$\varepsilon_b = \varepsilon_{dh} + \varepsilon_d.$$

Do vậy BT là vật liệu đàn hồi-dẻo.

Tốc độ gia tải khác nhau thì các đường biểu diễn quan hệ $\sigma - \varepsilon$ khác nhau.



Tính chất đàn hồi của BT được đặc trưng bởi mô đun đàn hồi ban đầu E_b . Mô đun biến dạng dẻo của BT E_b' là một giá trị thay đổi. Quan hệ giữa E_b và E_b' được rút ra từ quan hệ $\sigma - \varepsilon$ trên.

$$\sigma_b = E_b \cdot \varepsilon_{dh}; \quad \sigma_b = E_b' \cdot (\varepsilon_{dh} + \varepsilon_d) = E_b' \cdot \varepsilon_b.$$

$$E_b' = \frac{\varepsilon_{dh}}{\varepsilon_b} E_b = v E_b \text{ với } v = \frac{\varepsilon_{dh}}{\varepsilon_b} \text{ là hệ số đàn hồi.}$$

Khi σ bé biến dạng chủ yếu là đàn hồi, ($v \approx 1$) Khi σ lớn biến dạng dẻo tăng lên v giảm dần ($v_1 = 0,2$ hay $0,15$).

Biến dạng giới hạn khi nén trung tâm $\approx 0,002$.

Biến dạng giới hạn khi uốn $\approx 0,0035$.

E_b thay đổi theo mác BT (có bảng tra).

Khi chịu kéo cũng có biến dạng đàn hồi và biến dạng dẻo: $E_{bk}' = v_k E_b$.

Biến dạng cực hạn khi kéo khá bé $\approx 0,00015$.

Thí nghiệm cho thấy khi BT chịu kéo sắp nứt thì $v_k \approx 0,5$ nên $\varepsilon_{ch} = \frac{R_k}{0,5 E_b} = \frac{2 R_k}{E_b}$.

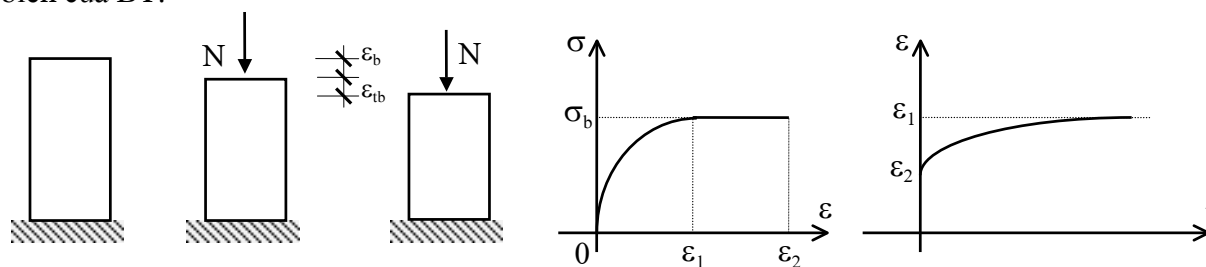
Mô đun chống cắt: $G = \frac{E_b}{2(1 + \mu)} \approx 0,4 E_b$ với $\mu = 0,2$ là hệ số Poisson.

b Biến dạng do tải trọng tác dụng dài hạn: Hiện tượng từ biến của BT.

Thí nghiệm nén mẫu đến $(\sigma_b, \varepsilon_b)$ rồi giữ tải trong thời gian dài, dưới tác dụng của tải trọng dài hạn, biến dạng của BT tiếp tục tăng theo thời gian, mới đầu tăng nhanh sau tăng chậm dần.

Phần biến dạng dẻo tăng lên do tải trọng tác dụng dài hạn gọi là biến dạng từ biến.

Hiện tượng biến dạng dẻo tăng theo thời gian trong khi ứng suất không đổi gọi là hiện tượng từ biến của BT.



Như vậy biến dạng dẻo ban đầu cũng là một phần của từ biến (biến dạng từ biến nhanh). Khi σ_b nhỏ thì ε_{tb} có giới hạn, còn khi σ_b gần đạt đến R_n thì ε_{tb} tăng không ngừng và mẫu bị phá hoại.

Các nhân tố ảnh hưởng đến biến dạng từ biến:

- Ứng suất trong BT lớn $\rightarrow$ biến dạng từ biến lớn.
- Tuổi BT lúc đặt tải lớn $\rightarrow$ biến dạng từ biến bé.
- Độ ẩm W môi trường lớn $\rightarrow$ biến dạng từ biến bé.
- Tỷ lệ N/X lớn, độ cứng cột liệu bé $\rightarrow$ biến dạng từ biến lớn.
- Cũng tỷ lệ N/X nhưng lượng X tăng $\rightarrow$ biến dạng từ biến tăng.

Có thể biểu diễn từ biến qua một trong hai chỉ tiêu sau:

- Đặc trưng từ biến: $\varphi = \varepsilon_{tb} / \varepsilon_{dh}$. Không thứ nguyên.
- Suất từ biến: $c = \varepsilon_{tb} / \sigma_b$ (cm^2/KG).

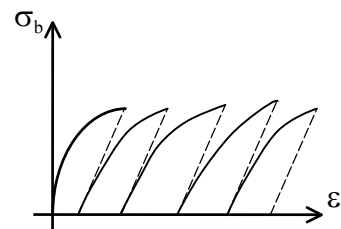
Các chỉ tiêu φ, c đều tăng theo thời gian, và đạt đến giới hạn ổn định là φ_0, c_0 .

* Tác hại của hiện tượng từ biến:

- Làm tăng độ võng của cấu kiện.
- Làm tăng độ uốn dọc của cấu kiện chịu nén.
- Mở rộng khe nứt trong BT.
- Gây mất mát ứng suất trong cốt thép ứng lực trước.

c Biến dạng do tải trọng lặp lại:

Nếu tải trọng tác dụng lên kết cấu lặp đi lặp lại nhiều lần (Đặt vào rồi dỡ ra nhiều lần) thì biến dạng dẻo sẽ được tích lũy dần: gây hiện tượng mỏi cho kết cấu.



d Biến dạng do co ngót:

Co ngót là hiện tượng BT giảm thể tích khi ninh kết trong không khí (Nếu ninh kết trong nước BT có thể nở ra chút ít).

Hiện tượng co ngót xảy ra liên quan đến sự biến đổi lý hóa của xi măng, chất keo sinh ra trong quá trình thủy hóa xi măng có thể tích < thể tích chất sinh ra nó, do nước bay hơi v.v..

Biến dạng co ngót chủ yếu trong giai đoạn đông cứng đầu tiên, sau chậm dần. Co ngót phân bố trên bề mặt lẫn chiều sâu, sự co ngót ở bề mặt nhiều hơn bên trong.

Mức độ co ngót khi đông cứng trong không khí $(2-4) \cdot 10^{-4}$, trong nước nở ra $= 1/5 - 1/2$ mức độ co

Các nhân tố ảnh hưởng đến biến dạng co ngót:

- Số lượng và loại XM: lượng XM $\uparrow \rightarrow$ co ngót $\uparrow$, XM có hoạt tính cao $\rightarrow$ co ngót $\uparrow$.
- Tỷ lệ N/X tăng $\rightarrow$ co ngót tăng.

- Cát nhỏ hạt, cốt liệu rỗng → co ngót tăng.
- Chất phụ gia làm BT ninh kết nhanh → co ngót tăng.
- BT chưng hấp ở nhiệt độ cao thì co ngót ít hơn.

Co ngót là một hiện tượng có hại:

- Làm thay đổi hình dạng và kích thước cấu kiện.
- Gây ra khe nứt trên bề mặt BT (Vì co ngót không đều ở trên bề mặt và chiều sâu bên trong co ngót ít cản trở biến dạng co ngót bên ngoài làm cho lớp BT này chịu kéo → gây nứt), làm thay đổi cấu trúc của BT, giảm khả năng chịu lực và tuổi thọ của công trình.

Các biện pháp khắc phục:

- Chọn thành phần cốt liệu hợp lý, hạn chế lượng nước trộn, tỉ lệ N/X hợp lý.
- Đảm bảo BT, bảo dưỡng BT thường xuyên ẩm trong giai đoạn đầu.
- Các biện pháp cấu tạo như bố trí khe co dãn, đặt cốt thép cấu tạo ở những nơi cần thiết để chịu ứng suất do co ngót gây ra, v.v..

2. CỐT THÉP:

2.1. Yêu cầu đối với cốt thép dùng trong BTCT:

- Đảm bảo cường độ theo thiết kế.
- Phải có tính dẻo cần thiết.
- Phải dính kết tốt và cùng chịu lực được với BT trong mọi giai đoạn làm việc của kết cấu.
- Dễ gia công: dễ uốn, cắt, và hàn được ...
- Tận dụng được triệt để khả năng chịu lực của cốt thép khi kết cấu bị phá hoại.
- Tiết kiệm thép và tốn ít sức LĐ.

2.2. Một số tính chất cơ bản của cốt thép:

Biểu đồ ứng suất-biến dạng:

Để xác định cường độ của cốt thép người ta thường tiến hành thí nghiệm kéo các mẫu thép và vẽ biểu đồ ứng suất-biến dạng:

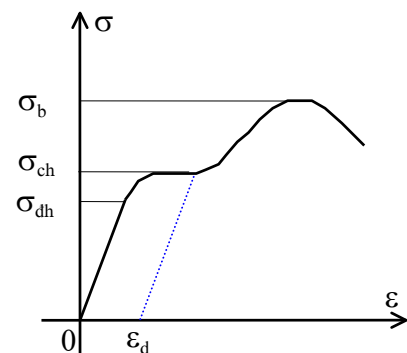
Trên biểu đồ có phần thẳng ứng với giai đoạn đàn hồi, phần cong và nằm ngang ứng với giai đoạn có biến dạng dẻo. Đoạn nằm ngang được gọi là thềm chảy (thép ở trạng thái chảy dẻo).

Nếu kéo thép trong giai đoạn đàn hồi rồi giảm tải thì đường giảm tải trở về theo đường tăng tải đến gốc tọa độ.

Nếu kéo thép đến giai đoạn có biến dạng dẻo rồi giảm tải thì biểu đồ không về theo đường cũ mà song song với đoạn biểu diễn giai đoạn đàn hồi và có một biến dạng dư là ϵ_d . Và nếu kéo mẫu thép này lần nữa thì có giai đoạn đàn hồi lớn hơn, vùng có biến dạng dẻo giảm.

Căn cứ theo biểu đồ trên, người ta qui định 3 giới hạn sau:

- Giới hạn bền: Là ứng suất lớn nhất thép chịu được trước khi bị đứt.
- Giới hạn đàn hồi: Là ứng suất ở cuối giai đoạn đàn hồi.
- Giới hạn chảy: Là ứng suất ở đầu giai đoạn chảy dẻo.



2.3. Phân loại cốt thép:

a Phân loại theo độ cứng:

- Cốt mềm: $d \leq 40\text{mm}$, có thể uốn được. (Tiết diện vuông, tròn.. có thể trơn hoặc có gờ)
- Cốt cứng: $d > 40\text{ mm}$, thép hình I, L, [(Các cốt cứng này có thể chịu lực khi thi công).

b Phân loại theo tính chất cơ học:

* Thép dẻo.

- Trên biểu đồ quan hệ σ - ξ có thêm chảy rõ ràng, có vùng biến dạng dẻo lớn, $\varepsilon_{gh} = (6 \div 25)\%$.
- Có tính biến cứng nguội: Kéo thép vượt quá giới hạn chảy, sau đó giảm tải để ứng suất trở về vị trí số không, sau 48 giờ kéo thép lại, kết quả cho thấy cường độ của thép được nâng cao nhưng thép có tính giòn hơn. Lợi dụng tính chất này để kéo nguội thép nhằm nâng cao giới hạn đàn hồi của thép lên. (Thực tế bằng cách chuốt nguội hay dập nguội). Thường là CT3, CT5, ...

* Thép dòn: (Thép rắn).

- Không có thêm chảy rõ ràng, thường người ta lấy ứng suất tương ứng với $\varepsilon = 0,2\%$ là giới hạn chảy quy ước, $\varepsilon_{gh} = (2 \div 4)\%$.
- Thường là thép cường độ cao.

2.4. Các loại thép:

Theo TCVN 1651-75: CI, CII, CIII, CIV. Với các đường kính danh nghĩa 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 30, 36, 40 mm. Nhóm CI có dạng trơn; CII, III, IV có gờ.

Các đặc trưng cơ học của thép Việt Nam

Nhóm thép	ϕ	Giới hạn chảy kg/cm^2	Giới hạn bền kg/cm^2	$\xi_{gh}\%$
CI	6-40	2.200	3.800	25
CII	10-40	3.000	5.000	19
CIII	6-40	4.000	6.000	14
CIV	10-32	6.000	9.000	6

Theo tiêu chuẩn Nga:

AI, AII, AIII, AIV, AV là thép cán nóng;

A-IIB, A-IIIB là thép kéo nguội..

Có nước đặt tên thép theo giới hạn chảy hoặc đặt theo giới hạn bền, v.v..

3. BÊ TÔNG CỐT THÉP

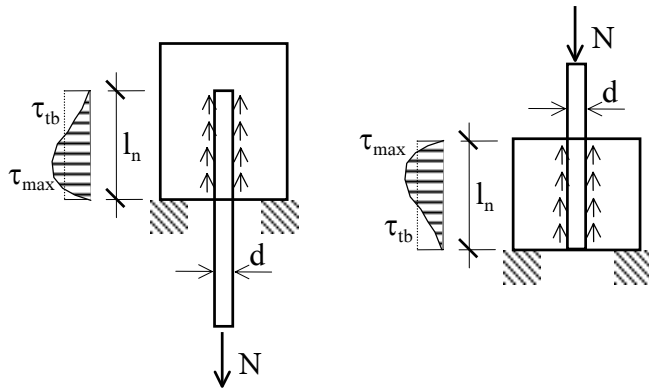
3.1. Lực dính giữa Bê tông và cốt thép:

Sở dĩ giữa BT và cốt thép có thể cùng cộng tác chịu lực được là nhờ lực dính giữa chúng.

a Các nhân tố tạo nên lực dính:

- Lực ma sát do bề mặt gồ ghề của cốt thép (Đây là nhân tố chủ yếu với thép có gờ).
- Lực dán do keo xi măng có tác dụng như một lớp hồ dán BT vào cốt thép (25%).
- Do co ngót khi đông cứng BT ép chặt vào cốt thép làm tăng lực ma sát.

b Thí nghiệm xác định lực dính:



Chế tạo mẫu bằng cách đổ BT ôm lấy một đoạn cốt thép, rồi tiến hành thí nghiệm kéo hoặc nén cho cốt thép tuột khỏi BT.

Lực dính được biểu thị bằng suất dính trung bình tác động trên 1cm^2 bề mặt cốt thép.

$$\tau_{tb} = \frac{N}{\pi \cdot d \cdot l_n}.$$

Trong đó: N là lực kéo (nén) tuột cốt thép.

d là đường kính cốt thép.

l_n là chiều dài đoạn cốt thép chôn vào BT

Lực dính cực đại: $\tau_{\max} = \frac{N}{\omega \cdot \pi \cdot d \cdot l_n} = \frac{1}{\omega} \cdot \tau_{tb}.$

Trong đó: ω là hệ số hoàn chỉnh biểu đồ lực dính. ($\omega < 1$)

Công thức thực nghiệm: $\tau_{\max} = \frac{R_n}{m}.$

Trong đó: m là hệ số phụ thuộc bề mặt cốt thép: thép có gờ $m=2\div 3,5$; thép trơn $m=3,6\div 6$.

3.2. Ảnh hưởng của cốt thép đến co ngót và từ biến của Bê tông:

a Ảnh hưởng đến co ngót:

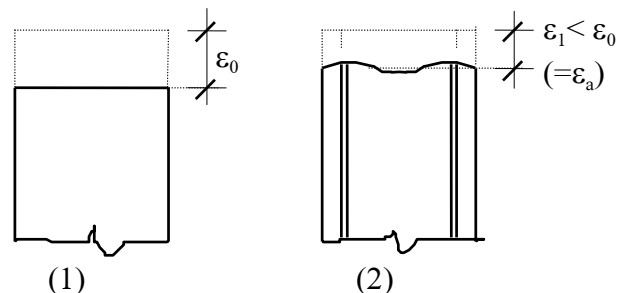
Do sự dính kết giữa bê tông và cốt thép mà cốt thép cản trở biến dạng co ngót của BT. Kết quả cốt thép bị nén lại còn BT bị kéo ra.

*Xét hai mẫu thử:

- Mẫu (1) bằng bê tông.
- Mẫu (2) bằng bê tông cốt thép.

Mẫu (1) BT tự do có co ngót ε_0

Mẫu (2) do cốt thép cản trở BT có co ngót $\varepsilon_1 < \varepsilon_0$ bằng biến dạng co lại của cốt thép ε_a .



So với mẫu (1), BT mẫu (2) đã bị kéo ra một lượng $\varepsilon_0 - \varepsilon_1$. Như vậy cốt thép đã ảnh hưởng đến biến dạng co ngót của BT: nó làm cho BT bị kéo còn cốt thép bị nén lại, đó là ứng suất ban đầu do co ngót trong BTCT.

Ứng suất trong BT: $\sigma_{kc} = (\varepsilon_0 - \varepsilon_1) \cdot v \cdot E_b.$

Ứng suất trong cốt thép: $\sigma_a = \varepsilon_1 \cdot E_a.$

Hợp lực trong BT: $N_k = \sigma_{kc} \cdot F_b.$

Hợp lực trong cốt thép: $N_a = \sigma_a \cdot F_a.$

Vì là lực nội tại nên chúng cân bằng nhau: $N_a = N_k$

Suy ra:
$$\sigma_a = \frac{\varepsilon_0 \cdot E_a}{\frac{n}{\nu} \cdot \mu + 1}; \quad \sigma_{kc} = \frac{\nu \cdot \varepsilon_0 \cdot E_b}{1 + \frac{\nu}{\mu \cdot n}}; \quad \text{Trong đó } n = \frac{E_a}{E_b} \text{ và } \mu = \frac{F_a}{F_b}.$$

Ứng suất kéo do co ngót và ứng suất kéo do tải trọng gây ra làm BT bị nứt sớm hơn so với khi không có ảnh hưởng của co ngót, thế nhưng khi đã có khe nứt thì ảnh hưởng của co ngót giảm và giai đoạn phá hoại thì không còn ảnh hưởng nữa đến khả năng chịu lực của cấu kiện.

Trong kết cấu siêu tĩnh liên kết thừa ngăn cản co ngót của BTCT nên xuất hiện nội lực phụ.

b Ảnh hưởng đến từ biến:

Cốt thép cũng ảnh hưởng đến biến dạng từ biến của BT nên thường dưới tác dụng của tải trọng dài hạn giữa BT và cốt thép có sự phân phối lại nội lực. (Sẽ xét sau ở các cấu kiện chịu lực cụ thể).

3.3. Sự phá hoại và hư hỏng của BTCT:

a Sự phá hoại do chịu lực:

- Với thanh chịu kéo: Sau khi BT bị nứt, cốt thép chịu toàn bộ lực kéo. **Phá hoại khi ứng suất trong cốt thép đạt giới hạn chảy.**
- Với cột chịu nén: **Phá hoại khi ứng suất nén trong BT đạt đến cường độ chịu nén.**
- Với dầm chịu uốn: Phá hoại khi ứng suất trong cốt thép chịu kéo đạt giới hạn chảy hoặc khi ứng suất trong BT vùng nén đạt đến cường độ chịu nén.

b Sự huỷ mòn của Bê tông và các biện pháp bảo vệ:

Dưới tác dụng của môi trường khả năng chịu lực và tính năng sử dụng của kết cấu BTCT bị giảm dần do sự huỷ mòn của bê tông và cốt thép.

Bê tông bị ăn mòn là do: **Tác dụng cơ học** (mưa, dòng chảy, sự đóng và tan băng liên tiếp..), **Tác dụng sinh học** (rong rêu, hà, vi khuẩn ở sông, biển..) hòa tan và cuốn đi làm BT trở nên xốp, **Tác dụng hóa học** (các chất axit, kiềm..) xâm thực bề mặt hoặc thành phẩm của các phản ứng hóa học có thể tích lớn hơn thể tích các chất tham gia phản ứng, làm nứt nở khối BT.

Cốt thép bị huỷ mòn, bị gỉ tạo ra các Oxuyt hoặc các muối sắt có thể tích lớn hơn thể tích ban đầu, làm cho lớp BT bao quanh cốt thép bị vỡ bong. (Môi trường ăn mòn: Axit với bất kì nồng độ nào, không khí có chứa hơi Axit với độ ẩm thay đổi luôn, các dung dịch Sufat đậm đặc, các chất kiềm ở nhiệt độ cao, nước ngầm thường xuyên thấm qua BT 1 chiều, nước biển..).

*** Biện pháp bảo vệ:**

Bê tông cần có cường độ cao và độ đặc chắc ở bề mặt của kết cấu để chịu các tác động cơ học.

Khi thiết kế các phân xưởng có môi trường ăn mòn cần hết sức chú ý việc chọn loại kết cấu, vật liệu thích hợp và các biện pháp bảo vệ cần thiết: giảm khả năng ăn mòn của môi trường bằng biện pháp thông gió, thông hơi tốt, trung hòa các dung dịch và hơi Axit, nền sàn nhà phải dốc thoát nước tốt, khi thi công phải đảm bảo chất lượng BT. Tránh dùng các kết cấu có nhiều bộ phận khuất.

Khi cần phải dùng các biện pháp đặc biệt: BT tẩm nhựa, sơn phủ, trát bảo vệ, lát lớp phủ bằng sứ, thủy tinh,...

Cần cạo sạch bụi gỉ trên cốt thép trước khi sử dụng.

Đảm bảo chiều dày lớp BT bảo vệ.

Bảo vệ cốt thép chống lại tác dụng của dòng điện khuếch tán 1 chiều (gây điện phân) bằng cách chú ý vấn đề cách điện, đường dây thoát điện, v.v..

NGUYÊN LÝ CẤU TẠO & TÍNH TOÁN KẾT CẤU BTCT.

Cấu tạo là vấn đề rất quan trọng trong thiết kế. Việc cấu tạo chính xác và hợp lý phải được xem ngang hàng như việc tính toán chính xác trong thiết kế kết cấu. Cấu tạo kết cấu Bê tông Cốt thép phải đảm bảo các yêu cầu về chịu lực, biến dạng, khe nứt, ổn định, chống xâm thực, hư hỏng trong quá trình sử dụng, yêu cầu về thi công và tiết kiệm vật liệu.

Thiết kế kết cấu BTCT gồm 2 việc chính: tính toán và cấu tạo được xem ngang hàng.

Nội dung tính toán gồm: Xác định tải trọng và tác động; Xác định nội lực do từng loại tải trọng và các tổ hợp của chúng; Xác định khả năng chịu lực của kết cấu hoặc tính toán tiết diện và cốt thép.

Việc cấu tạo gồm: Chọn vật liệu (mác BT và nhóm cốt thép) phụ thuộc môi trường sử dụng, tính chất chịu lực, tính chất của tải trọng, vai trò của kết cấu..., Chọn kích thước tiết diện, Bố trí cốt thép, Liên kết giữa các bộ phận và chọn giải pháp bảo vệ chống xâm thực.

Cần giải quyết thỏa đáng mối quan hệ giữa hai phần trên nhằm đảm bảo: Độ an toàn của kết cấu và tiết kiệm vật liệu, phù hợp với điều kiện thi công.

1. NGUYÊN LÝ TÍNH TOÁN KẾT CẤU BÊ TÔNG CỐT THÉP

Khi Kết cấu BTCT ra đời thì môn Sức Bền Vật Liệu đã phát triển tương đối hoàn chỉnh nên người ta đã vận dụng lý thuyết này vào tính toán Kết cấu BTCT. Đó là phương pháp ứng suất cho phép (phương pháp này được dùng rộng rãi đến mãi thời gian gần đây, ngày nay một số nước vẫn dùng).

Nhưng càng ngày việc nghiên cứu loại vật liệu mới này sâu sắc hơn, người ta đã cải tiến phương pháp tính toán Kết cấu BTCT cho phù hợp với tính chất của vật liệu. Tức là không coi BTCT là vật liệu đàn hồi mà xem chúng là vật liệu đàn hồi dẻo. Đưa PP tính theo giai đoạn phá hoại để thay PP tính theo ứng suất cho phép (1931) và sau chiến tranh thế giới thứ hai đã phát triển thành PP tính theo trạng thái giới hạn.

1.1. Tải trọng, tác động:

Tải trọng tác dụng lên công trình do nhiều nguyên nhân với tính chất cũng như thời gian tác dụng khác nhau. Để tiện việc xác định tải trọng và tính nội lực do từng loại, người ta tiến hành phân loại. Có các cách phân loại như sau:

- **Theo tính chất:** chia làm 3 loại

Tải trọng thường xuyên (tĩnh tải): là tải trọng tác dụng không đổi suốt quá trình sử dụng công trình (trọng lượng bản thân kết cấu, các vách ngăn cố định...). Tĩnh tải được xác định theo số liệu cụ thể về cấu tạo.

Tải trọng tạm thời (hoạt tải): có thể thay đổi về điểm đặt, trị số, phương chiều tác dụng (tải trọng sử dụng trên sàn, do cầu trục, do ô tô, tải trọng gió...).

Tải trọng đặc biệt: loại tải này ít khi xảy ra, có thể chỉ tính với các công trình đặc biệt hoặc theo vị trí địa lý (động đất, nổ, cháy, do các vi phạm nghiêm trọng đến chế độ kỹ thuật của quá trình công nghệ, do các thiết bị mất chính xác tạm thời hoặc bị hư hỏng gây ra, do lún nền vì những thay đổi căn bản trong cơ cấu nền...)

- **Theo phương, chiều:** chia làm 2 loại

Tải trọng đứng: hầu hết do trọng lực (trọng lượng bản thân, các trọng lượng sử dụng...).

Tải trọng ngang (gió, lực hãm cầu trục trong các nhà công nghiệp, động đất...).

- **Theo trị số tính theo PP trạng thái giới hạn:** chia làm 2 loại

Trị số tiêu chuẩn (Tải trọng tiêu chuẩn): là tải trọng do thiết kế qui định lấy trong điều kiện làm việc bình thường của kết cấu (Tất nhiên trị số tải trọng tiêu chuẩn này cũng đã được lấy hơn chút ít so với tải trọng thường xuyên tác dụng lên kết cấu, theo số liệu thực tế hoặc các kết quả thống kê).

Tải trọng tính toán: là tải trọng đã có xét đến sự tăng giảm bất thường của tải trọng thực tế so với trị số tiêu chuẩn trong trường hợp nguy hiểm nhất.

Sự tăng giảm của tải trọng tính toán so với tải trọng tiêu chuẩn được biểu thị qua hệ số độ tin cậy về tải trọng (hệ số vượt tải) n .

$$TTTT=n.TTTC. \quad (3-1)$$

TTTC, n : Lấy theo TCVN 2737-1995.

Thí dụ: - Đối với trọng lượng bản thân $n=1,1$; có khi $n<1$ nếu sự giảm tải là nguy hiểm.

- Đối với các loại khác $n=1,2 \div 1,4$.

- **Theo thời hạn tác dụng của tải trọng:** chia làm 2 loại

Hoạt tải có một phần tác dụng dài hạn (gồm trọng lượng các thiết bị cố định, tải trọng trên sàn nhà kho, trọng lượng một số bộ phận của công trình có thể thay đổi vị trí (như tường ngăn), áp lực các chất lỏng, chất khí trong đường ống, bể chứa..)

Và một phần tác dụng ngắn hạn (do các thiết bị vận chuyển di động, người đi lại, đồ đạc và các thiết bị nhẹ, tải trọng gió, tải trọng phát sinh do vận chuyển và lắp ghép, trọng lượng của vật liệu và thiết bị để xây dựng hay sửa chữa công trình..)

1.2. Nội lực:

- Với kết cấu tĩnh định (dầm, cột ..đơn giản): Dùng PP tính của SBVL hoặc CHKC.

- Với kết cấu siêu tĩnh (dầm liên tục, khung, vỏ mỏng..): Vì BTCT là vật liệu hỗn hợp, BT vùng nén thường có vết nứt, BT chịu nén và cốt thép có biến dạng dẻo.. Nên khi tính toán theo các PP của CHKC hoặc lý thuyết đàn hồi thì kết quả cũng chỉ được xem là gần đúng (Với kết cấu thông thường mức độ sai số trong phạm vi cho phép)

Để tính nội lực và thực hiện các tổ hợp nội lực cần thành lập một số sơ đồ tính:

- Một sơ đồ tính với tĩnh tải (cho nội lực T_g).

- Một số sơ đồ tính với các trường hợp có thể xảy ra của hoạt tải (cho các nội lực T_i).

Nội lực tính toán là tổ hợp của T_g và các T_i : $T = T_g + \sum T_i \quad (3-2)$

1.3. Tính toán tiết diện BTCT:

Tính toán về khả năng chịu lực của kết cấu BTCT ta gặp 2 dạng bài toán sau:

- **Bài toán kiểm tra:** Các thông số về tiết diện BT và cốt thép đã cho trước, cần xác định nội lực lớn nhất mà TD có thể chịu được, vậy điều kiện kiểm tra là : $T \leq T_{td} \quad (3-3)$

- **Bài toán tính cốt thép** (BTthiết kế): cũng từ điều kiện (3 - 3) nhưng trong biểu thức xác định T_{td} thì cốt thép còn là ẩn số (cần xác định).

(Ở Việt Nam PP ứng suất cho phép vẫn được dùng trong qui phạm tính toán cầu cống, đường bộ, đường sắt.).

b. Phương pháp tính theo nội lực phá hoại:

Nội dung cơ bản của phương pháp là: Xác định nội lực lớn nhất do tải trọng gây ra tại TD tính toán rồi đem so sánh với khả năng chịu lực của TD đó. Điều kiện kiểm tra như sau:

$$T_c \leq T_p / k \quad \text{hay} \quad k * T_c \leq T_p.$$

Trong đó:

T_c : Nội lực do tải trọng gây ra tại TD xét.

T_p : Khả năng chịu lực của TD (Còn gọi là nội lực phá hoại của TD).

$k > 1$: Hệ số an toàn của kết cấu.

Thí dụ đối với cầu kiện chịu uốn, người ta đã xem ứng suất trong miền BT chịu nén phân bố theo hình chữ nhật chứ không phải theo dạng đường cong thực tế (Sai số $< 2\%$) để đơn giản hóa công thức tính toán.

$$\Sigma M_{D_b} = 0 \Rightarrow [M] - R_a F_a * (h_0 - x/2) = 0.$$

$$\text{Có được } [M] = R_a F_a * (h_0 - x/2).$$

Chiều cao vùng BT chịu nén xác định từ điều kiện

$$\Sigma X = 0 \Rightarrow R_a F_a = R_n b x.$$

Vậy muốn cho an toàn phải thỏa mãn

$$M \leq [M] / k.$$

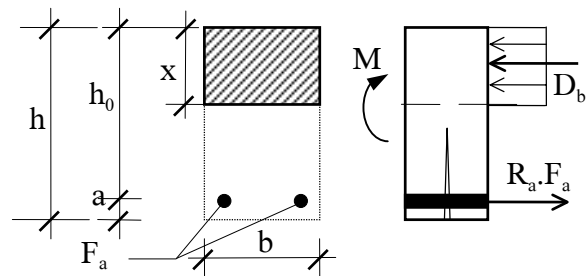
Ưu điểm: Hơn so với PP ứng suất cho phép, nó đã xét đến sự làm việc của vật liệu ở giai đoạn dẻo và cho khái niệm rõ ràng hơn về an toàn của kết cấu .

Nhược điểm:

- Hệ số an toàn $k = T_p / T_c$ gộp chung lại như vậy là chưa xác đáng vì vấn đề an toàn của kết cấu phụ thuộc rất nhiều yếu tố như tải trọng, vật liệu, điều kiện làm việc v.v.. Vì vậy không thể đánh giá độ an toàn bằng một hệ số duy nhất được.

- Chưa xét đến biến dạng và khe nứt của kết cấu là hai vấn đề cũng rất được quan tâm.

Phương pháp này được đưa vào qui phạm Liên Xô 1949.



2. PHƯƠNG PHÁP TÍNH CẦU KIẾN THEO TRẠNG THÁI GIỚI HẠN:

2.1. Các trạng thái giới hạn (TTGH):

- TTGH là trạng thái mà từ đó trở đi kết cấu không thỏa mãn các yêu cầu đề ra cho nó (do chịu lực quá sức, do mất ổn định, do biến dạng quá lớn hoặc do khe nứt xuất hiện và mở rộng v.v..)

- Kết cấu BTCT được tính theo 2 nhóm TTGH: TTGH thứ I (TTGH về cường độ) và TTGH thứ II (TTGH về điều kiện sử dụng)

Mục đích của việc tính theo TTGH là đảm bảo cho kết cấu không ở vào bất kì một TTGH nào trong thời gian sử dụng. Kết cấu nào cũng phải tính theo TTGH I. Và tùy thuộc yêu cầu cụ thể mà còn có thể phải tính theo TTGH khác nữa.

a. Tính theo TTGH về cường độ (TTGH I):

TTGH thứ I được qui định ứng với lúc **kết cấu bắt đầu bị phá hoại, bị mất ổn định** về hình dáng và vị trí, **bị hỏng do mỏi** do tác dụng đồng thời của tải trọng và môi trường.

Điều kiện tính toán về khả năng chịu lực là: **nội lực do tải trọng gây ra trên TD ≤ khả năng chịu lực của TD:** $T \leq T_{gh}$.

T: Là nội lực lớn nhất có thể phát sinh tại TD do tải trọng tính toán gây ra.

T_{gh} : Là giới hạn bé nhất về khả năng chịu lực của TD (Xác định theo cường độ của vật liệu tại TD đang tính có thể bé hơn cường độ qui định vì vật liệu không thể tuyệt đối đồng chất được, và phải xét điều kiện làm việc cụ thể của vật liệu & kết cấu (cường độ tính toán)).

- Tính theo TTGH thứ I là cần thiết đối với mọi kết cấu cũng như cho các bộ phận.

- Tính theo TTGH thứ I cho mọi giai đoạn: chế tạo, vận chuyển, cầu lắp, sử dụng, sửa chữa.. (mỗi giai đoạn với sơ đồ tính phù hợp).

b. Tính theo TTGH về điều kiện sử dụng (TTGH II):

Tính theo TTGH thứ II về biến dạng:

Biến dạng hoặc chuyển vị do tải trọng gây ra ≤ biến dạng hay chuyển vị tối đa mà qui phạm cho phép: $f \leq [f]$.

Tính theo TTGH thứ II về khe nứt:

Phân ra hai trường hợp:

- Nếu kết cấu được phép nứt thì bề rộng khe nứt do tải trọng gây ra ≤ bề rộng khe nứt mà qui phạm cho phép đối với kết cấu đó: $a_n \leq [a_n]$.

- Nếu kết cấu không cho phép nứt thì nội lực do tải trọng gây ra tại TD đang xét ≤ Nội lực tối đa mà TD có thể chịu được khi sắp nứt: $T_c \leq T_n$.

(Có thể xem T_c là ứng suất kéo lớn nhất trong BT, T_n là cường độ chịu kéo của BT)

2.2. Cường độ tiêu chuẩn và cường độ tính toán:

a. Cường độ tiêu chuẩn của cốt thép:

Khi sản xuất cốt thép, phải làm thí nghiệm kéo mẫu để kiểm tra cường độ: Với thép dẻo ktra theo GH chảy, thép dòn ktra theo GH bền để loại bỏ phế phẩm.

- **Cường độ tiêu chuẩn của cốt thép lấy bằng giá trị kiểm tra để loại bỏ phế phẩm.**

b. Cường độ tiêu chuẩn của BT:

Thí nghiệm các mẫu thử, có cường độ trung bình: $R_{tb} = \frac{\sum_{i=1}^n R_n}{n}$ (3 - 8)

Đặt $D_i = R_i - R_{tb}$, Độ lệch quân phương: $d = \sqrt{\frac{\sum D_i^2}{n-1}}$ (3 - 9)

Cường độ theo một xác suất đảm bảo qui định: $R_{xs} = R_{tb} - s.d = R_{tb}(1-s.v)$. (3 - 10)

Trong đó: $v = \frac{d}{R_{tb}}$ là hệ số biến động.

s là hệ số chuẩn phụ thuộc vào xác suất bảo đảm và quy luật của đường cong phân phối.

Cường độ tiêu chuẩn của BT lấy theo xác suất bảo đảm 95% và với dạng phân phối chuẩn, ta có $s=1.64$, với BT nặng và chất lượng thi công trung bình $v=0.135$.

Cường độ tiêu chuẩn của BT: $R_{tc} = R_{tb}(1-1.64.0.135) \approx 0.78R_{tb}$. (3 - 11)

c. Cường độ tính toán:

Cường độ tính toán là cường độ đã xét đến độ an toàn và điều kiện làm việc của vật liệu:

$$R_T = R_{TC} \cdot m/k.$$

Cường độ tính toán của Bê tông $R_b = m_b \cdot R_b^c / k_b$.

Cốt thép $R_a = m_a \cdot R_a^c / k_a$.

Trong đó:

k_b, k_a : Hệ số an toàn của BT & cốt thép .

k_a : 1.1÷1.25 với cốt cán nóng, 1.5÷1.75 với sợi kéo nguội và sợi cường độ cao.

k_b : 1.3÷1.5 (tùy thuộc trạng thái chịu lực nén hay kéo) .

m_a, m_b : Hệ số điều kiện làm việc của vật liệu.

(Cường độ tiêu chuẩn: là trị số cường độ trung bình của hàng loạt mẫu thử (Các mẫu thử đó giống nhau, chế tạo và thí nghiệm trong điều kiện như nhau). Cường độ tiêu chuẩn do nhà nước qui định.

Tuy các mẫu thử được chế tạo như nhau nhưng kết quả thí nghiệm cho thấy các mẫu có cường độ không giống nhau. Sau thí nghiệm hàng loạt mẫu thử ngoài ra đã dùng phương pháp xác suất thống kê để xử lý các kết quả thí nghiệm đó.

Cường độ tính toán: là cường độ đã xét đến tính không đồng chất và điều kiện làm việc của vật liệu

Tức là $R_{TT} = R_{TC} \cdot k \cdot m$.

Thí dụ R_{TT} của Bê tông $R_b = k_b \cdot m_b \cdot R_b^c$.

Cốt thép $R_a = k_a \cdot m_a \cdot R_a^c$.

Trong đó: k_b, k_a : Hệ số đồng chất của bê tông & cốt thép .

k_a : 0,7 -0,9.

k_b : 0,4-0,6.

m_a, m_b : Hệ số điều kiện làm việc của vật liệu.

Hệ số điều kiện làm việc của kết cấu m: là hệ số xét đến các nhân tố ảnh hưởng đến sự làm việc của kết cấu(có lợi hay bất lợi) mà ta không thể xét đến một cách trực tiếp được trong lúc xác định nội lực và khả năng chịu lực của vật liệu.

Thí dụ như sự sai lệch giữa sơ đồ tĩnh và sơ đồ thực, sự làm việc không gian của kết cấu, sự không chính xác của cường độ tính toán, điều kiện thi công ảnh hưởng đến chất lượng vật liệu v.v..

$m=1$: Điều kiện làm việc bình thường.

$m > 1$: m dùng khi xác định khả năng chịu lực của kết cấu).

2.3. Ưu điểm của phương pháp tính theo TTGH:

Có các ưu điểm của phương pháp tính theo nội lực phá hoại, đồng thời khắc phục những nhược điểm của phương pháp này ..., đã trình bày rõ ràng hơn về các yêu cầu đối với kết cấu, vấn đề an toàn được đề cập tỉ mỉ đầy đủ hơn.

Nhưng tồn tại chung hiện nay là mâu thuẫn giữa hai việc làm tính toán nội lực và tính toán tiết diện. Tính nội lực bằng phương pháp CHCK xem vật liệu là đàn hồi. Tính tiết diện thì xem vật

liệu là đàn hồi dẻo nên chưa triệt để. Khắc phục bằng cách dùng lý thuyết dẻo để tính nội lực nhưng rất phức tạp khó áp dụng cho người thiết kế.

3. NGUYÊN LÝ CHUNG VỀ CẤU TẠO:

BTCT là vật liệu hỗn hợp sự làm việc phức tạp. Để đơn giản tính toán người ta đưa ra một số giả thuyết để xác định nội lực hoặc tính toán tiết diện, có những giả thuyết không hoàn toàn phù hợp với thực tế làm việc. Vì vậy khi bố trí cốt thép cần tuân thủ các quy định cấu tạo nhằm phát huy hết khả năng chịu lực của vật liệu, tránh các phá hoại cục bộ.

3.1. Khung và lưới cốt thép:

Cốt thép trong kết cấu BTCT không đặt riêng lẻ mà liên kết với nhau thành khung hoặc lưới để:

- Giữ vị trí cốt thép khi thi công.
- Các cốt thép cùng nhau chịu các lực tập trung cục bộ.
- Chịu các ứng suất phức tạp mà trong tính toán không xét đến được.

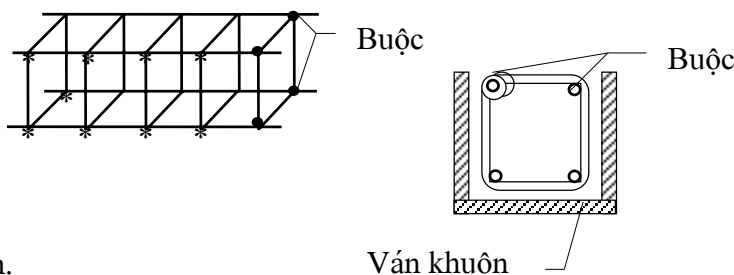
Liên kết các cốt thép bằng cách buộc hoặc hàn.

1. Khung cốt thép: Nói chung gồm cốt dọc, cốt ngang, cốt thi công. Thường đặt ở cột, dầm.

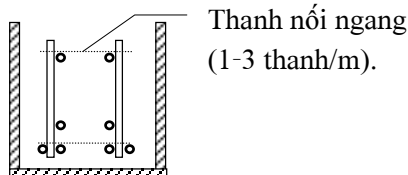
a. Khung cốt buộc:

Buộc bằng sợi thép $\phi 0,8 \div \phi 1$.

- * Ưu điểm:
 - Chịu tải trọng động tốt.
 - Bố trí cốt thép linh động.
 - Không cần thiết bị hàn.
- * Nhược điểm:
 - Chịu lực không tốt bằng hàn.
 - Chậm, không cơ giới hóa.

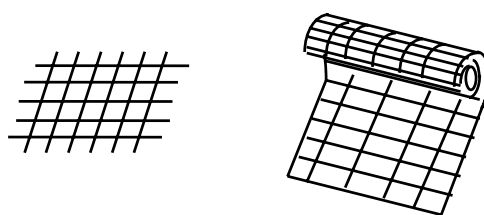


b. Khung cốt hàn:



2. Lưới cốt thép :

Có thể buộc hoặc hàn lưới phẳng hoặc cuộn nhưng đảm bảo mỗi cuộn $G \leq 500$ kg để phù hợp cần cầu thiếu nhi khi thi công.



3.2. Cốt chịu lực và cốt cấu tạo:

Trong giáo trình, từng loại cấu kiện cơ bản đều có qui định và hướng dẫn cụ thể về tác dụng, yêu cầu và cách bố trí thép, vì vậy ở đây chỉ trình bày một số khái niệm cơ bản:

- Cốt chịu lực: Dùng để chịu các ứng lực phát sinh do tải trọng, được xác định theo tính toán.
- Cốt cấu tạo: Liên kết các cốt chịu lực thành khung hoặc lưới, giảm sự co ngót không đều của BT, chịu ứng suất do co ngót và thay đổi nhiệt độ, giảm bề rộng khe nứt, hạn chế biến dạng (võng), phân bố tác dụng của tải trọng tập trung..

3.3. Neo cốt thép:

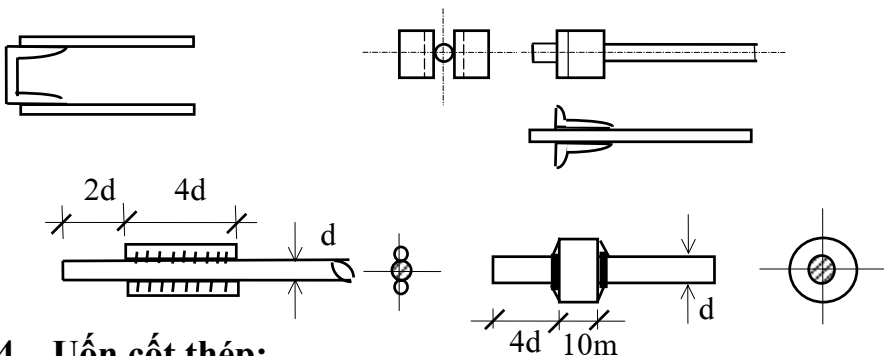
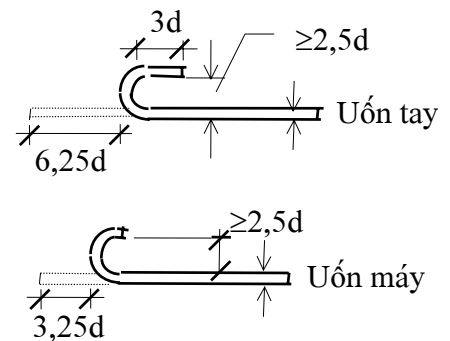
Neo cốt thép nhằm bảo đảm phát huy hết khả năng chịu lực của cốt thép, tránh phá hoại cục bộ do trượt. Đoạn neo được tính từ mút cốt thép đến TD mà nó được tính toán chịu lực. Đoạn neo được xác định theo khả năng truyền lực giữa BT và cốt thép (lực dính).

Công thức xác định đoạn neo: $l_{neo} = (m_{neo} \cdot \frac{R_a}{R_n} + \lambda)d$

1. Neo nhờ móc ở đầu:

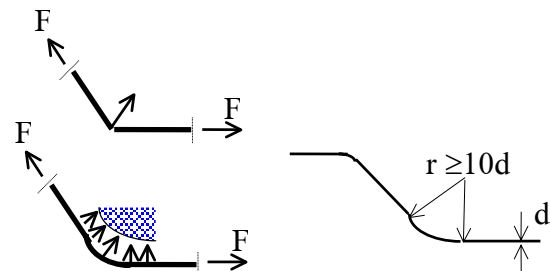
Cốt thép tròn trơn chịu kéo phải có móc neo ở hai đầu để cho cốt thép khi chịu lực không bị trượt trong bê tông.

2. Neo bằng cách hàn các thép neo ở đầu:



3.4. Uốn cốt thép:

Tại chỗ cốt thép bị uốn cong, cốt thép khi chịu lực sẽ ép cục bộ vào BT và gây ứng suất tập trung tại đó để phân bố lực nén của cốt thép ra (Tiết diện rộng hơn) đều hơn. Cốt thép được uốn cong với bán kính cong $r \geq 10d$.



3.5. Nối cốt thép:

Cốt thép có thể nối với nhau bằng hàn hay buộc.

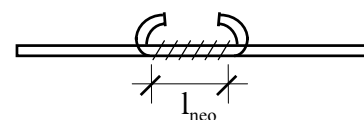
a. Nối buộc (nối chồng):

Cho phép buộc khi cốt thép có $d < 32$ và mối nối không được đặt tại TD được tận dụng hết khả năng chịu lực.

Không được buộc khi $d > 32$ và khi kết cấu chịu kéo hoàn toàn (Thanh bụng chịu kéo và thanh cánh hạ của dầm..).

Đoạn l_{neo} phải theo quy định của đoạn neo:

Kéo: $l_{neo} \geq 250 \text{ mm.}$
Nén: $l_{neo} \geq 200 \text{ mm.}$ } $\Rightarrow$ Tùy thuộc mức BT và loại cốt thép

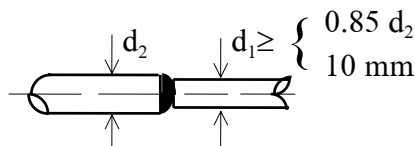


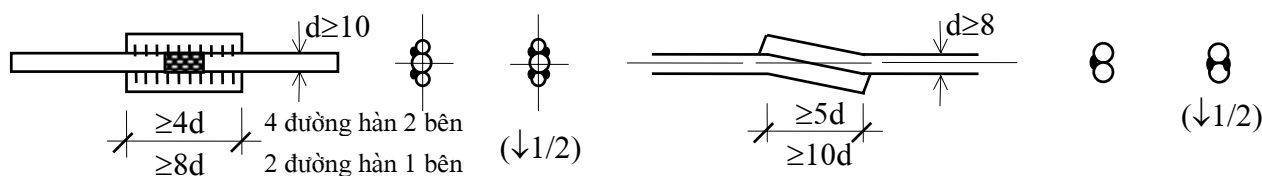
b. Nối hàn:

Hàn đối đầu: cho loại thép $A_I - A_{IV}$.

Hàn đối đầu có nẹp: $A_I - A_{IV}$.

Hàn ghép: $A_I - A_{III}$.





3.6. Lớp p BT bảo vệ :

- Có tác dụng bảo vệ cốt thép dưới tác dụng xâm thực của môi trường, đảm bảo lực dính giữa BT và cốt thép.
- Lớp BT bảo vệ tính từ mép ngoài BT đến mép gần nhất của cốt thép không được bé hơn trị số tối thiểu a_0 quy định như sau:

Đối với cốt chịu lực:

- $a_0 = 10\text{mm}$: Bản và vỏ có chiều dày < 100
- $a_0 = 15\text{mm}$: Bản và vỏ có chiều dày ≥ 100 , dầm hoặc sườn có $h < 250$.
- $a_0 = 20\text{mm}$: Dầm có $h \geq 250$, cột.
- $a_0 = 30\text{mm}$: Móng lắp ghép và dầm móng.
- $a_0 = 35\text{mm}$: Móng đổ tại chỗ có BT lót.
- $a_0 = 70\text{mm}$: Móng đổ tại chỗ không có BT lót

Đối với cốt đai, cấu tạo:

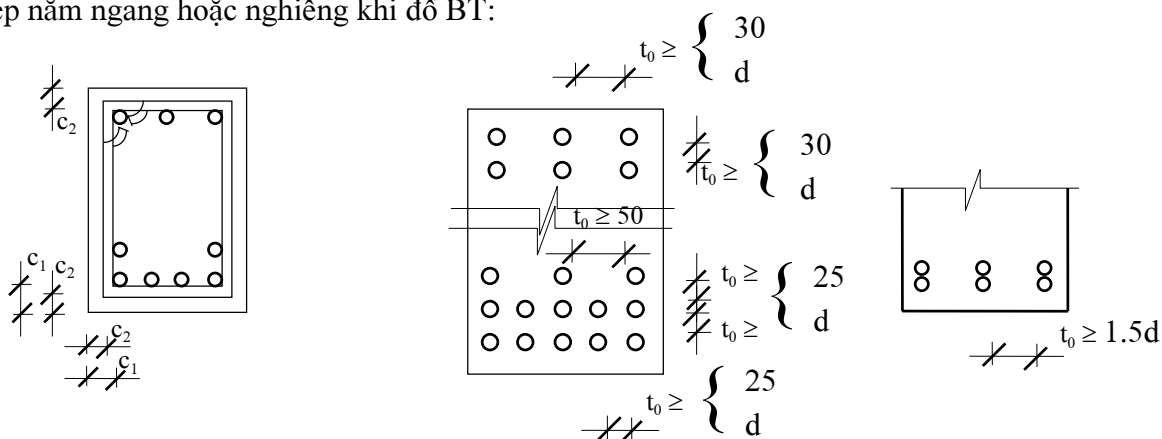
- $a_0 = 10\text{mm}$: Khi $h \leq 250$.
- $a_0 = 15\text{mm}$: Khi $h \geq 250$.

Ngoài ra lớp BT bảo vệ còn tùy thuộc vào môi trường sử dụng và chất lượng bảo quản mà có thể tăng $5 \div 20\text{mm}$ hoặc giảm 5mm (nhưng tối thiểu $a_0 = 10\text{mm}$).

3.7. Bố trí và khoảng cách giữa các cốt thép:

Nếu cốt thép bố trí quá dày sẽ ảnh hưởng đến lực dính, khó đổ BT..Khoảng hở giữa các cốt thép trong mọi trường hợp phải $\geq$ đường kính cốt thép ($t_0 \geq d$). Ngoài ra còn phụ thuộc vào:

- Nếu cốt thép nằm ngang hoặc nghiêng khi đổ BT:



- Nếu cốt thép đặt đứng khi đổ BT: $t_0 \geq 50$.

Ngoài ra khoảng cách giữa các cốt thép cũng không nên quá lớn nhằm tránh các vết nứt do co ngót, thay đổi nhiệt độ, tránh sự phá hoại cục bộ và ổn định của khung (lưới) cốt thép khi thi công.. Trong mọi trường hợp $t_0 \leq 400$.

CẦU KIẾN CHỊU UỐN.

Cầu kiến chịu uốn là cầu kiến chịu M hay đồng thời M & Q.



Cầu kiến chịu uốn là loại cầu kiến cơ bản rất quan trọng được sử dụng rộng rãi và thường gặp nhất như dầm, sàn, cầu thang, ...

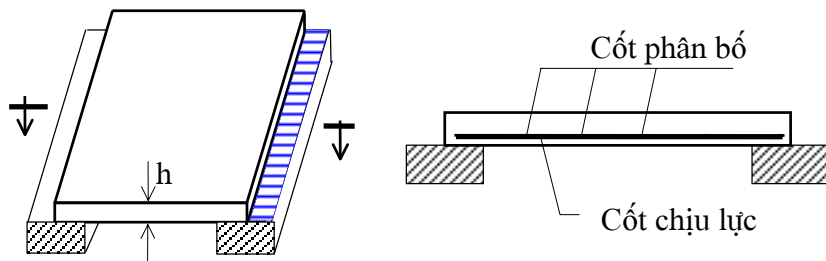
Có thể quy về hai loại cơ bản: bản và dầm.

1. ĐẶC ĐIỂM CẤU TẠO:

1.1 Bản:

1. **Định nghĩa:** Bản là loại kết cấu phẳng có chiều dày khá bé so với chiều dài và chiều rộng. ($h=3\div30$ cm, thường từ $6\div10$ cm).

Bản có thể 1 nhịp hay nhiều nhịp, toàn khối hay lắp ghép.



Trong kết cấu nhà cửa bản có kích thước mặt bằng thường bằng $2\div4$ m.

Chiều dày bản chọn theo yêu cầu chịu lực và độ cứng (biến dạng, võng, góc xoay..).

2. **Cốt thép trong bản gồm có cốt chịu lực và cốt phân bố (A_I, A_{II}).**

a. Cốt thép chịu lực:

Nằm trong mặt phẳng tác dụng của M (đặt dọc theo nhịp), bố trí trong vùng kéo.

Chọn và bố trí theo tính toán.

Dùng thép A_I hoặc A_{II} , $d=5\div12$ mm, khoảng cách giữa các cốt thép $a=7\div20$ cm. (Nếu khoảng cách cốt thép quá lớn thì phần BT giữa 2 cốt thép không chịu ảnh hưởng của cốt thép ...). Tại gối cốt mũ chịu M^+ thì $a \geq 100$ để tiện đổ BT; Tại nơi có $M > 0$:

$$a \leq 200 \text{ khi chiều dày bản } h \leq 150,$$

$$a \leq 1.5h \text{ khi chiều dày bản } h > 150,$$

Tại nơi có $M < 0$ thì tối thiểu phải có 3 thanh/1m dài bản.

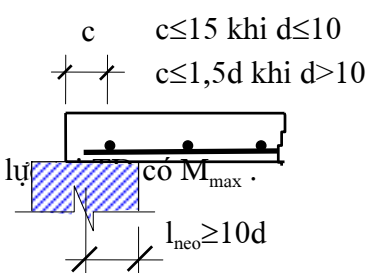
b. Cốt thép phân bố (cấu tạo):

Đặt vuông góc cốt chịu lực (Nằm bên trong cốt thép chịu lực) để tạo thành lưới.

Có $d=4\div8$; $a=20\div30$ cm (a không quá 350) đặt theo cấu tạo.

Tác dụng: giữ vị trí cốt chịu lực khi thi công, chịu ứng lực do co ngót, thay đổi nhiệt độ, phân phối ảnh hưởng của lực tập trung ra các cốt lân cận.

Diện tích cốt phân bố / 1M bề dài bản $\geq 10\%$ diện tích cốt chịu lực.

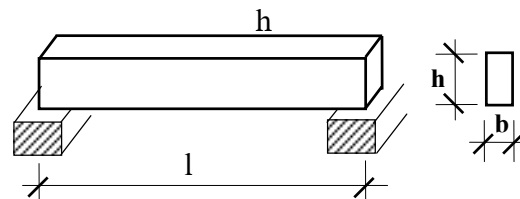


Ở đoạn gối tựa bản phải có đủ chiều dài để kéo cốt chịu lực một đoạn neo $l_{neo} > 5d$ sâu vào gối (Thường lấy $l_{neo} = 10d$; d là đường kính cốt chịu lực). Trong phạm vi gối phải có cốt phân bố. Số hiệu BT thường 150 ÷ 200[#] đôi khi 300[#].

1.2 Dầm:

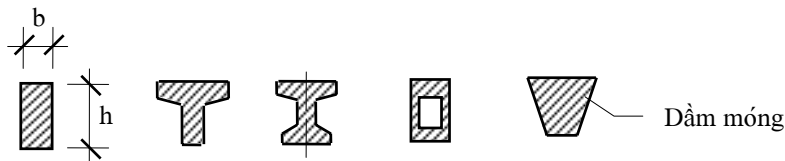
1. Định nghĩa:

Dầm là loại kết cấu có chiều ngang và chiều cao khá bé so với chiều dài.



2. Hình dáng tiết diện dầm:

Tiết diện dầm thường có dạng chữ nhật, I, T, hộp, khuyên, ...



3. Kích thước tiết diện dầm:

$$\text{Chiều cao } h = \left(\frac{1}{8} \div \frac{1}{20} \right) \text{ nhịp} \quad \begin{cases} - \text{Bội số của } 50 \rightarrow h \leq 600. \\ - \text{Bội số của } 100 \rightarrow h > 600. \end{cases}$$

$$\text{Chiều rộng } b = \left(\frac{1}{2} \div \frac{1}{4} \right) h \quad \begin{cases} - 100, 120, 150, 180, 200, \dots \\ - \text{Bội số của } 50 \rightarrow b > 250. \end{cases}$$

(Để tiện qui cách hóa ván khuôn và tiêu chuẩn hóa kích thước của dầm).

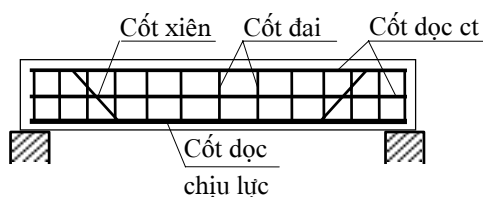
4. Cốt thép:

Cốt thép trong dầm thường dùng A_I , A_{II} , A_{III} có đường kính từ $\phi 10 \div \phi 32$ bao gồm cốt dọc chịu lực, cốt đai, cốt xiên, cốt dọc cấu tạo.

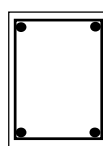
a. Cốt dọc chịu lực:

Chịu M . Đặt dọc theo nhịp dầm ở vùng BT chịu kéo hay nén. Đường kính $d = 10-32$

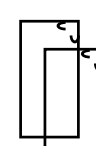
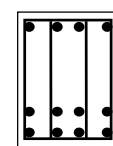
Xác định theo tính toán, có thể bố trí 1, 2 hay nhiều lớp (khi $b \geq 150$ phải có ít nhất 2 thanh)



Đai 2 nhánh



Đai 4 nhánh



b. Cốt đai:

Dùng để chịu lực cắt, liên kết cốt dọc thành khung, gắn vùng BT chịu kéo và vùng BT chịu nén với nhau để chịu mô men.

Tính toán theo lực cắt.

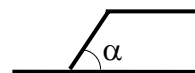
Đường kính cốt đai thường dùng: $\phi \geq 6\text{mm}$ đối với $h < 800$; $\phi \geq 8\text{mm}$ đối với $h \geq 800$.

c. Cốt xiên:

Dùng để chịu lực cắt Q hoặc có lúc chỉ để đưa cốt dọc lên chịu $M^{(+)}$ ở trên.

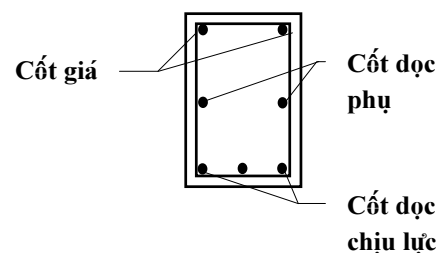
Thường là cốt dọc uốn lên với góc nghiêng α :

- 45° khi $h \leq 800$.
- 60° khi $h > 800$.
- 30° khi dầm thấp và bản.



d. Cốt dọc cấu tạo:

Khi dầm có chiều cao lớn $h > 700$ thì trên khoảng cách giữa phải đặt **cốt thép phụ** cách nhau 40 - 50 cm. $\phi = 10 \div 14$. Có tác dụng giữ ổn định cốt đai, chịu ứng lực co ngót và nhiệt độ.



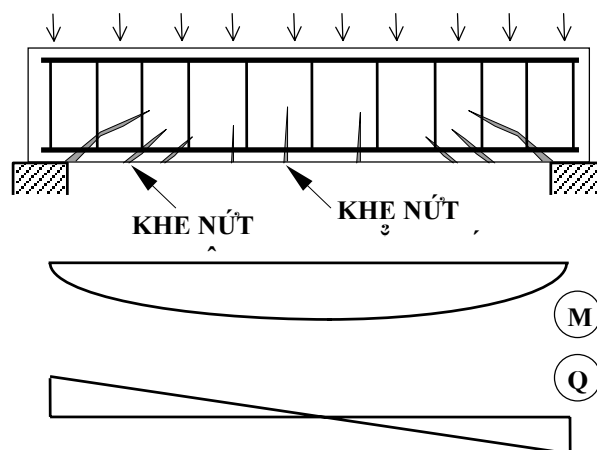
Cốt giá: là cốt dọc đặt trong vùng BT chịu nén để giữ vị trí cốt đai (tạo thành khung). Đặt theo cấu tạo, đường kính ϕ $10 \div \phi$ 14.

(Các yêu cầu cấu tạo sẽ trình bày chi tiết trong các mục sau). Để làm cốt chịu lực trong cầu kiện chịu uốn người ta còn dùng thép hình (Cốt cứng) và khung cốt hàn không gian.

2. SỰ LÀM VIỆC CỦA DẦM

Quan sát một dầm BTCT chịu tải cho đến lúc bị phá hoại, ta thấy sự làm việc của dầm diễn biến như sau:

Ban đầu khi tải trọng chưa lớn dầm vẫn còn nguyên vẹn. Tải trọng tăng lên đến một mức nào đó trong dầm xuất hiện các vết nứt. Tại khu vực giữa dầm nơi có $M > 0$ có vết nứt thẳng góc với trục dầm; Tại khu vực gần gối tựa nơi có $Q > 0$ thì vết nứt nghiêng. Khi tải trọng khá lớn thì dầm bị phá hoại: hoặc theo tiết diện có vết nứt thẳng góc hoặc theo tiết diện có vết nứt nghiêng.



Như vậy việc tính toán và cấu tạo các cấu kiện chịu uốn theo điều kiện cường độ nhằm:

- Không bị phá hoại trên TD thẳng góc: Tính toán theo cường độ trên TD vuông góc.
- Không bị phá hoại trên TD nghiêng: Tính toán theo cường độ trên TD nghiêng.

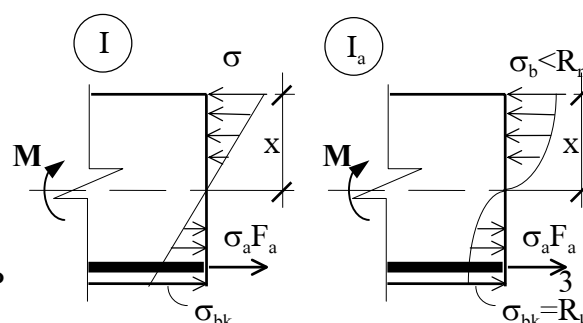
(Mặt khác trong suốt quá trình đặt tải thì độ võng của dầm cứ tăng dần lên và khe nứt ngày càng mở rộng. Để đảm bảo sự làm việc bình thường cho kết cấu còn phải tính kiểm tra độ võng, nứt)

3. TRẠNG THÁI U'S - BD TRÊN TIẾT DIỆN THẲNG GÓC:

Quan sát quá trình thí nghiệm uốn một dầm BTCT từ lúc đặt tải đến lúc phá hoại. Diễn biến của US - BD trên TD thẳng góc có thể phân thành 3 giai đoạn sau:

3.1 Giai đoạn I:

Khi tải trọng còn nhỏ (M), vật liệu làm việc đàn hồi, US & BD trên tiết diện tuân theo định luật Hook. Tải trọng tiếp tục $\uparrow \rightarrow$ biến dạng dẻo trong

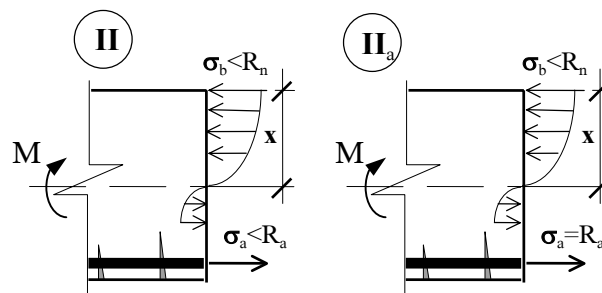


BT phát triển (nhất là vùng kéo). Sơ đồ ứng suất trong BT cong đi. Đến khi ứng suất trong miền BT chịu kéo đạt đến R_k ($\sigma_{bk}=R_k$) thì BT vùng kéo sắp sửa nứt TTUS-BD của TD ở vào giai đoạn I_a.

3.2 Giai đoạn II:

Tải trọng $\uparrow \rightarrow$ BT chịu kéo nứt. Tải trọng tiếp tục $\uparrow \rightarrow$ vết nứt mở rộng, tại khe nứt BT vùng kéo không chịu lực nữa mà toàn bộ lực kéo do cốt thép chịu (trên khe nứt còn 1 phần BT chịu kéo nhưng rất nhỏ). Miền BT chịu nén có biến dạng dẻo khá lớn $\rightarrow$ sơ đồ ứng suất bị cong nhiều.

Nếu lượng cốt thép chịu kéo không nhiều lắm thì khi tải trọng $\uparrow \rightarrow$ ứng suất trong cốt thép đạt giới hạn chảy R_a ($\sigma_a=R_a$). TTUS-BD của TD ở vào giai đoạn II_a.



3.3 Giai đoạn III:

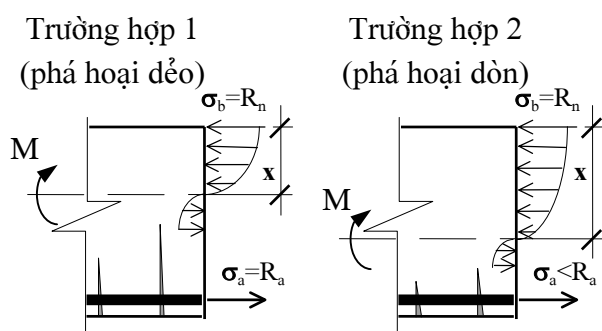
Tải trọng $\uparrow \rightarrow$ sơ đồ ứng suất trong miền BT chịu nén bị cong đi nhiều. Khe nứt mở rộng và phát triển dần lên phía trên, miền BT chịu nén thu hẹp dần lại. Ứng suất trong cốt thép vẫn R_a vì ở vào trạng thái chảy dẻo (Biến dạng $\uparrow$ mà ứng suất không $\downarrow$).

Khi ứng suất trong BT chịu nén đạt $R_n \rightarrow$ bị phá hoại: **trường hợp phá hoại thứ nhất** (phá hoại dẻo).

Nếu lượng cốt thép chịu kéo đạt khá nhiều, khi tải trọng $\uparrow$ trạng thái US-BD của TD chuyển trực tiếp từ giai đoạn II sang giai đoạn III mà không qua trạng thái II_a. Tiết diện bị phá hoại khi BT chịu nén đạt R_n trong khi ứng suất trong cốt thép chịu kéo chưa đạt giới hạn chảy ($\sigma_a < R_c$). **Đây là trường hợp phá hoại thứ 2: phá hoại giòn.**

Khi thiết kế cầu kiện chịu uốn cần tránh trường hợp phá hoại giòn vì sự phá hoại xảy ra đột ngột khi biến dạng còn khá bé, không biết trước được (nguy hiểm). Mặt khác không tận dụng hết khả năng chịu lực của vật liệu (Cốt thép chỉ mới đạt $\sigma_a < R_a$).

Dọc theo chiều dài dầm tùy theo trị số của M và vị trí khe nứt mà các tiết diện vuông góc của dầm có thể ở vào các giai đoạn của TTUS-BD khác nhau (Từ giai đoạn I đến III).



4. TÍNH TOÁN THEO CƯỜNG ĐỘ TRÊN TIẾT DIỆN THẲNG GÓC

4.1 Tính cấu kiện có TD chữ nhật:

Tiết diện chữ nhật là loại TD phổ biến nhất của cấu kiện chịu uốn, về mặt cấu tạo nó thường có hai loại: **Trên tiết diện chỉ đặt cốt chịu kéo gọi là cốt đơn; Trên tiết diện có cốt chịu lực đặt cả trong vùng kéo lẫn vùng nén : Cốt kép.** Ta sẽ lần lượt xét từng trường hợp.

a. Tính tiết diện chữ nhật có cốt đơn:

a) Sơ đồ ứng suất:

Khi nghiên cứu trạng thái US & BD trên tiết diện thẳng góc của cấu kiện chịu uốn ta biết rằng ở trường hợp phá hoại dẻo: ứng suất trong BT chịu nén và trong Cốt thép chịu kéo đều đạt tới trị số giới hạn về cường độ, nên đã tận dụng được hết khả năng chịu của vật liệu (lại xảy ra không đột ngột nguy hiểm). Vì vậy người ta xem nó là TTGH về cường độ trên TD thẳng góc của dầm.

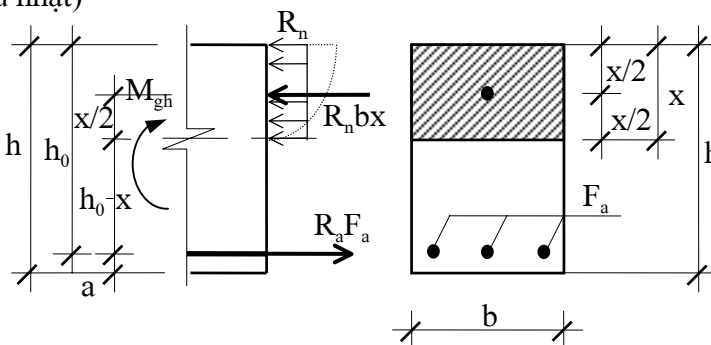
* Sơ đồ ứng suất dùng để tính toán tiết diện ở TTGH như sau:

- Ứng suất trong vùng BT chịu nén: đạt cường độ chịu nén R_n .
- Ứng suất trong cốt thép chịu kéo đạt cường độ chịu kéo R_a .

(Sơ đồ ứng suất vùng nén phân bố dạng chữ nhật)

* Giải thích các kí hiệu:

- x : Chiều cao vùng BT chịu ép.
- h_0 : Chiều cao làm việc của TD dầm $h_0 = h - a$.
- a : Khoảng cách từ trọng tâm F_a đến mép dưới TD.
- F_a : Toàn bộ diện tích cốt thép chịu kéo.
- M : Mômen uốn do tải trọng tính toán gây ra trên TD.



b) Công thức cơ bản:

Dựa vào sơ đồ ứng suất ta thiết lập các phương trình cân bằng của các ứng lực trên TD:

Phương trình hình chiếu các lực lên phương trục dầm:

$$\sum X = 0 \Rightarrow R_a F_a = R_n b x. \quad (4 - 1)$$

Tổng mô men với trục qua trọng tâm cốt thép chịu kéo và vuông góc với mp uốn của dầm:

$$\sum M \cdot F_a = 0 \Rightarrow M_{gh} = R_n b x \cdot (h_0 - 0.5x). \quad (4 - 2)$$

Điều kiện cường độ (đảm bảo cho TD không vượt quá TTGH thứ I) là:

$$M \leq M_{gh} \Rightarrow M \leq R_n b x \cdot (h_0 - 0.5x). \quad (4 - 3)$$

Kết hợp (4-1)&(4-3): $M \leq R_a F_a \cdot [h_0 - 0.5x]. \quad (4 - 3a)$

Để tiện sử dụng (nhất là khi tính toán bằng tay), ta tiến hành một số phép biến đổi:

Đặt $\alpha = x/h_0$, Các công thức trên viết lại như sau:

$$\text{Từ (4-1)} \Rightarrow R_a F_a = \alpha \cdot R_n b h_0. \quad (4 - 4)$$

$$\text{Từ (4-3)} \Rightarrow M_{gh} = R_n b h_0^2 \cdot \alpha \cdot (1 - 0.5\alpha).$$

$$\text{Từ (4-3a)} \Rightarrow M_{gh} = R_a F_a h_0 \cdot (1 - 0.5\alpha).$$

Đặt $A = \alpha \cdot (1 - 0.5\alpha)$, $\gamma = (1 - 0.5\alpha)$, ta có:

$$M \leq A \cdot R_n b h_0^2. \quad (4 - 5)$$

$$M \leq \gamma \cdot R_a F_a h_0. \quad (4 - 6)$$

c) Điều kiện hạn chế:

Để không xảy ra phá hoại dòn thì cốt thép F_a không được quá nhiều, theo (4-1) tương ứng là hạn chế chiều cao vùng nén x . Kết quả thực nghiệm cho thấy trường hợp phá hoại dẻo xảy ra khi chiều cao vùng BT chịu nén không vượt quá giới hạn sau: $x \leq \alpha_0 h_0. \quad (4 - 7)$

Hay $A \leq A_0 = \alpha_0 \cdot (1 - 0.5\alpha_0).$

Với α_0 phụ thuộc vào mác BT và loại cốt thép (tra bảng).

Thí dụ: Với cốt thép có $R_a \leq 3000 \text{ kg/cm}^2$, BT M 200 : $\alpha_0=0,62$.
 - BT M 250 ÷ 300 : $\alpha_0=0,58$.

$$\text{Từ } R_a F_a = R_n b x \Rightarrow F_a = \frac{R_n \cdot b \cdot x}{R_a} \leq \frac{\alpha_0 \cdot R_n \cdot b \cdot h_0}{R_a} = F_{a \max}$$

Gọi $\mu = \frac{F_a}{b \cdot h_0}$ là hàm lượng cốt thép thì hàm lượng cực đại: $\mu_{\max} = \frac{F_{a \max}}{b \cdot h_0} = \alpha_0 \frac{R_n}{R_a}$

Mặt khác nếu cốt thép ít quá cũng bị phá hoại dòn khi BT vùng kéo nứt mà lượng cốt thép không đủ để chịu toàn bộ ứng lực từ BT vùng kéo truyền sang, vậy:

$$\mu_{\min} \leq \mu \leq \mu_{\max}. \text{ Với } \mu_{\min}=0,05\%.$$

d) Các bài toán áp dụng:

Bài toán 1: Biết kích thước TD b, h , mômen M , Mác BT, loại cốt thép (R_n, R_a). Tính cốt thép F_a ?

Giải:

- Căn cứ mác BT và nhóm cốt thép: (tra bảng) R_n, R_a, α_0, A_0 .
- Tính $h_0 = h - a$.

Vì chưa có F_a nên phải giả thuyết trước a : $a = 15-20$ với bản, $a = 30-60$ với dầm.

- Từ phương trình (4 - 5) xác định A : $A = \frac{M}{R_n b h_0^2} \quad (4 - 8)$

- Kiểm tra A theo điều kiện hạn chế:

Nếu $A \leq A_0$ (thỏa mãn ĐK hạn chế) tra bảng có γ

Tính F_a : $F_a = \frac{M}{\gamma \cdot R_n h_0} \quad (4 - 9)$

Kiểm tra hàm lượng thép: $\mu = F_a / (b \cdot h_0) \geq \mu_{\min}$. Phù hợp khi $\mu = 0,3 \div 0,6\%$ đối với bản.
 $\mu = 0,6 \div 1,2\%$ đối với dầm.

Có F_a chọn thép và bố trí trên tiết diện. Chú ý kiểm tra lại h_0 thực tế so với h_0 chọn ban đầu ($h_{\text{chọn}} = h - a_{\text{chọn}}$): Yêu cầu h_0 cấu tạo $\geq h_0$ chọn (thiên về an toàn).

Nếu $A > A_0$ thì hoặc tăng kích thước TD.

tăng Mác BT.

đặt cốt thép vào vùng nén (Đặt cốt kép).

Bài toán 2: Biết M , Mác BT, loại cốt thép. Yêu cầu chọn b, h , và tính cốt thép F_a ?

Giải:

- Căn cứ mác BT và nhóm cốt thép: (tra bảng) R_n, R_a, α_0, A_0 .

Áp dụng các công thức (4 - 4) & (4 - 5) bài toán với 2 phương trình chứa 4 ẩn: b, h, α và F_a . Để giải cần chọn trước 2 ẩn, tiện nhất là chọn trước b & α :

Chọn trước b theo kinh nghiệm, theo yêu cầu cấu tạo, theo kiến trúc..

Chọn α : $\alpha = 0,3 \div 0,4$ đối với dầm.

$$\alpha = 0,1 \div 0,25 \text{ đối với bản.}$$

(α được chọn sao cho lượng thép tính được phù hợp với kích thước TD)

Từ α chọn tra bảng được A . Chiều cao làm việc của TD h_0 :

$$h_0 = \frac{1}{\sqrt{A}} \cdot \sqrt{\frac{M}{R_n b}} \quad (4 - 9)$$

Chiều cao TD: $h = h_0 + a$ (a chọn như BT1) (h nên chọn tròn số và tỉ số $h/b = 2 \div 4$ là hợp lý. Nếu không thỏa mãn phải chọn lại b và tính lại như ban đầu).

Sau khi có bxh hợp lý thì việc tính F_a tiến hành giống như bài toán 1.

Bài toán 3: Biết b, h, F_a , Mác BT, loại cốt thép. Tính khả năng chịu lực của tiết diện M_{td} .

Giải:

- Căn cứ mác BT và nhóm cốt thép: (tra bảng) R_n, R_a, α_0, A_0 .
- Căn cứ vào cách bố trí cốt thép xác định được a rồi tính $h_0 = h - a$.

Bài toán với 2 phương trình chứa 2 ẩn α, M_{td} nên bài toán hoàn toàn xác định.

$$\text{Từ (4 - 4)} \rightarrow \alpha = \frac{R_a F_a}{R_n b h_0}.$$

Nếu $\alpha \leq \alpha_0$: tra bảng có A, thế vào (4 - 5) $\Rightarrow M_{td} = A \cdot R_n \cdot b \cdot h_0^2$.

Nếu $\alpha > \alpha_0$ chứng tỏ F_a quá nhiều, BT vùng nén bị phá hoại trước nên khả năng chịu lực được tính theo khả năng của vùng nén, tức chọn $\alpha = \alpha_0$ hay $A = A_0 \Rightarrow M_{td} = A_0 \cdot R_n \cdot b \cdot h_0^2$.

b. Tính tiết diện chữ nhật có cốt kép:

a) Điều kiện đặt cốt kép:

Khi tính cốt đơn có điều kiện $h/cA = \frac{M}{R_n b h_0^2} \leq A_0$.

Nếu $A = \frac{M}{R_n b h_0^2} > A_0$ thì:
 - Tăng kích thước TD.
 - Hoặc tăng Mác BT.
 - Hoặc **đặt cốt kép**.

Nhưng việc đặt cốt kép không phải lúc nào cũng là kinh tế. Kết quả nghiên cứu cho thấy chỉ nên đặt cốt kép khi $A \leq 0,5$ nếu $A > 0,5$ thì nên tăng kích TD.

Vì vậy điều kiện để tính cốt kép là $A_0 < A = \frac{M}{R_n b h_0^2} \leq 0,5$.

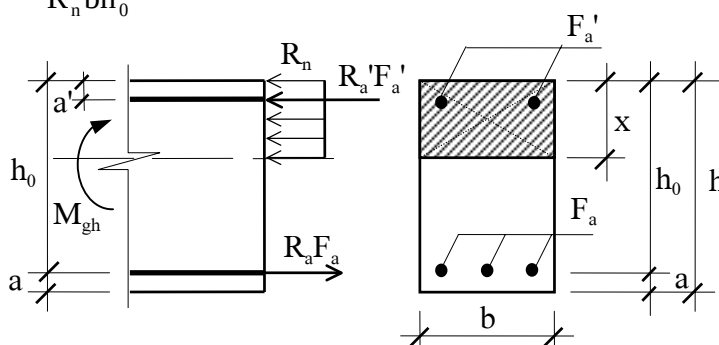
b) Sơ đồ ứng suất:

Đến TTGH ứng suất trong:

- Cốt thép chịu kéo F_a đạt R_a
- Cốt thép chịu nén F_a' đạt R_a'
- Bê tông vùng nén đạt R_n .

Trong đó:

- F_a' : Tổng diện tích cốt thép chịu nén.
- R_a' : Cường độ chịu nén của cốt thép F_a' .
- a' : Khoảng cách từ trọng tâm F_a' đến mép trên chịu nén của TD.



(Cường độ chịu nén tính toán R_a' của cốt thép được xác định có kể đến sự làm việc chung về nén giữa BT & cốt thép: Khi BT bị nén hỏng có biến dạng ϵ_{ch} ($\epsilon_{ch} \approx 2 \cdot 10^{-3}$) nên biến dạng của F_a' cũng không thể vượt quá giá trị này, vậy ứng suất nén trong F_a' không thể vượt quá trị số $\epsilon_{ch} \cdot E_a \approx 3600 \div 4000 \text{ KG/cm}^2$. Qui định lấy $R_a' = R_a$ nếu $R_a \leq 3600 \text{ KG/cm}^2$.

$$R_a' = 3600 \text{ KG/cm}^2 \text{ nếu } R_a > 3600 \text{ KG/cm}^2.)$$

c) Công thức cơ bản:

Phương trình hình chiếu các lực lên phương trục dầm:

$$\Sigma.X = 0 \Rightarrow R_a F_a = R_n b x + R_a' F_a' \quad (4 - 11)$$

Tổng mô men với trục qua trọng tâm cốt thép F_a và vuông góc với mp uốn của dầm:

$$\Sigma.M_{F_a} = 0 \Rightarrow M_{gh} = R_n b x.(h_0 - 0,5x) + R_a' F_a' (h_0 - a'). \quad (4 - 12)$$

Điều kiện cường độ (đảm bảo cho TD không vượt quá TTGH thứ I) là:

$$M \leq M_{gh} \Rightarrow M \leq R_n b x.(h_0 - 0,5x) + R_a' F_a' (h_0 - a'). \quad (4 - 13)$$

Cũng dùng một số ký hiệu như trường hợp cốt đơn:

Đặt $\alpha = x/h_0$, $A = \alpha.(1 - 0,5\alpha)$, Các công thức trên viết lại như sau:

$$\text{Từ (4-11)} \Rightarrow R_a F_a = \alpha.R_n b h_0 + R_a' F_a' \quad (4 - 14)$$

$$\text{Từ (4-13)} \Rightarrow M \leq A.R_n b h_0^2 + R_a' F_a' (h_0 - a'). \quad (4 - 15)$$

(Ta có các công thức tương tự trường hợp đặt cốt đơn, chỉ có thêm thành phần lực $R_a' F_a'$).

d) Điều kiện hạn chế:

Để cấu kiện không bị phá hoại dòn từ phía BT chịu nén phải thỏa mãn điều kiện:

$$x \leq \alpha_0 h_0 \text{ hay } A \leq A_0. \quad (4 - 16)$$

Để ứng suất nén trong F_a' đạt đến R_a' phải thỏa mãn điều kiện:

$$x \geq 2a'. \quad (4 - 17)$$

(Ứng suất nén trong F_a' đạt đến R_a' khi F_a' có biến dạng tương đối lớn. Nếu F_a' quá gần trục TH thì khi BT bị nén hỏng ứng suất trong F_a' vẫn còn $< R_a'$).

Các công thức cơ bản chỉ áp dụng tính toán TD khi các ĐK hạn chế được thỏa mãn.

e) Các bài toán áp dụng:

Bài toán 1: Biết M , b , h , Mác BT, loại cốt thép. Tính F_a , F_a' ?

Giải:

- Căn cứ mác BT và nhóm cốt thép: (tra bảng) R_n , R_a , R_a' , α_0 , A_0 .
- Xác định $h_0 = h - a$ (a và a' được chọn trước như trường hợp cốt đơn).
- Kiểm tra điều kiện cần thiết tính cốt kép: $A_0 \leq A = \frac{M}{R_n b h_0^2} \leq 0.5 \quad (4 - 18)$

Hai phương trình (4 - 14), (4 - 15) chứa 3 ẩn số α , F_a , F_a' nên phải loại bớt ẩn số bằng cách chọn trước $\alpha = \alpha_0$ tức $A = A_0$. (Bằng cách này ta lợi dụng hết khả năng chịu nén của BT nên cốt thép F_a , F_a' tính ra có $(F_a + F_a')$ bé nhất).

$$\text{Thay } A = A_0 \text{ vào (4-15) tìm được: } F_a' = \frac{M - A_0 R_n b h_0^2}{R_a' (h_0 - a')} \quad (4 - 19)$$

$$\text{Thế } F_a' \text{ vào (4-14) được: } F_a = \frac{\alpha_0 R_n b h_0}{R_a} + \frac{R_a'}{R_a} F_a' \quad (4 - 20)$$

Không quên kiểm tra lại a , a' đã giả thuyết!

Bài toán 2: Biết M , b , h , Mác BT, loại cốt thép và F_a' . Tính F_a ?

Giải:

- Căn cứ mác BT và nhóm cốt thép: (tra bảng) R_n , R_a , R_a' , α_0 , A_0 .
- Xác định $h_0 = h - a$ (a được chọn trước như trường hợp cốt đơn).
- Bài toán xác định vì có hai phương trình chứa 2 ẩn số.

$$\text{Từ (4-15) tính } A: A = \frac{M - R_a' F_a' (h_0 - a')}{R_n b h_0^2} \quad (4 - 21)$$

- Kiểm tra A theo điều kiện hạn chế:

Nếu $A \leq A_0$: tra bảng $\alpha \rightarrow x = \alpha \cdot h_0$.

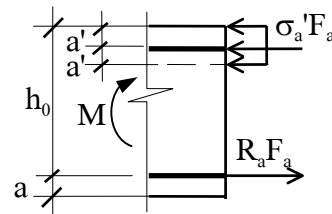
$$\text{Nếu } x \geq 2a': F_a = \frac{\alpha \cdot R_n b h_0}{R_a} + \frac{R_a'}{R_a} F_a' \quad (4 - 22)$$

Nếu $x < 2a'$: F_a' quá gần trục TH, ứng suất trong cốt thép chịu nén F_a' chỉ đạt $\sigma_a' < R_a'$. Để đơn giản và thiên về an toàn xem hợp lực của vùng nén trùng với trọng tâm F_a' (lấy $x = 2a'$).

Sơ đồ ứng suất lúc đó có dạng:

$$\sum M_{F_a'} = 0: M = R_a F_a' (h_0 - a'). \quad (4 - 23)$$

$$\Rightarrow F_a = \frac{M}{R_a (h_0 - a')} \quad (4 - 24)$$



- Nếu $A > A_0$ chứng tỏ cốt thép F_a' đã cho là chưa đủ để TD khỏi bị phá hoại dòn nên ta xem F_a' và chưa biết và tính theo bài toán 1 (Tính F_a, F_a').

Bài toán 3: Biết b, h, Mác BT, loại cốt thép, F_a, F_a' . Kiểm tra khả năng chịu lực của TD $M_{td} = ?$

Giải:

- Căn cứ mác BT và nhóm cốt thép: (tra bảng) $R_n, R_a, R_a', \alpha_0, A_0$.

Bài toán với 2 phương trình chứa 2 ẩn số nên hoàn toàn xác định.

$$\text{Từ (4 - 14)} \rightarrow \alpha = \frac{R_a F_a - R_a' F_a'}{R_n b h_0}. \quad (4 - 25)$$

Kiểm tra điều kiện hạn chế:

- Nếu $\frac{2a'}{h_0} \leq \alpha \leq \alpha_0$. Từ α tra bảng A $\rightarrow M_{td} = A \cdot R_n b h_0^2 + R_a' F_a' (h_0 - a')$. (4 - 26)

- Nếu $\alpha < \frac{2a'}{h_0}$ (tức $x < 2a'$) thì lấy $x = 2a'$ để tính: $M_{td} = R_a F_a (h_0 - a')$.

(Hoặc là không kể đến cốt chịu nén F_a' vì ứng suất trong đó bé và tính như cốt đơn rồi so sánh 2 kết quả tính, lấy M_{td} nào lớn hơn làm khả năng chịu lực của tiết diện).

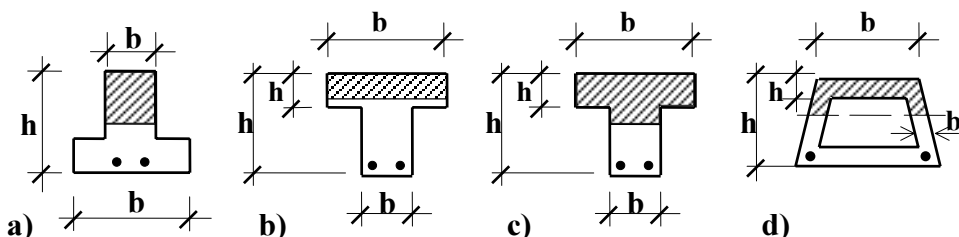
- Nếu $\alpha > \alpha_0$ tức $A > A_0$ chứng tỏ cốt thép chịu kéo quá nhiều, lấy $\alpha = \alpha_0$ tức $A = A_0$:

$$M_{td} = A_0 \cdot R_n b h_0^2 + R_a' F_a' (h_0 - a'). \quad (4 - 27)$$

Thí dụ tính toán: Xem sách.

4.2 Tính toán cấu kiện có TD chữ T:

a. Đặc điểm của TD chữ T:



Tiết diện chữ T gồm cánh và sườn. Nếu cánh chữ T nằm trong vùng nén c) sẽ tăng thêm diện tích BT vùng nén nên tiết kiệm vật liệu hơn TD chữ nhật, khi tiết diện chữ T có cánh nằm trong

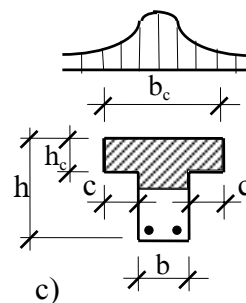
vùng kéo a), lúc đó cánh không góp phần vào khả năng chịu lực của TD nên được tính như TD chữ nhật $b \cdot h$.

Trong thực tế bề rộng cánh b_c tùy thuộc vào cấu tạo kết cấu, có thể lớn hoặc bé, nhưng trong tính toán thì bề rộng đó không thể vượt qua một giới hạn nhất định.

Cánh sẽ dễ chịu lực được là nhờ có ứng suất cắt truyền lực ép từ sườn ra cánh, cho nên cách sườn một quãng nào đó thì ứng suất sẽ khá bé.

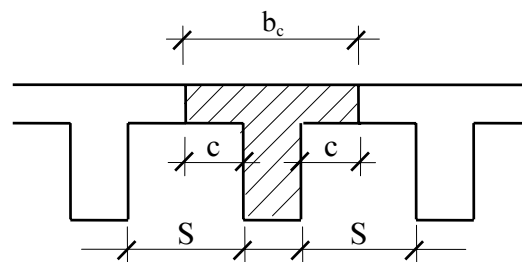
Do vậy bề rộng cánh dùng trong tính toán được xác định theo độ vươn C (phần cánh cùng chịu lực với sườn) quy định lấy như sau:

Trong mọi trường hợp $C \leq 1/6 l$ (l : nhịp tính toán của dầm)



Đối với dầm độc lập:

$$\begin{aligned} \text{Khi } h_c \geq 0,1h : & \quad C \leq 6 h_c \\ 0,05h \leq h_c \leq 0,1h : & \quad C \leq 3 h_c \\ h_c < 0,05h : & \quad C = 0. \end{aligned}$$



Đối với dầm sàn toàn khối:

$$\begin{aligned} \text{Khi } h_c \geq 0,1h : & \quad C \leq 9 h_c \\ h_c \leq 0,1h : & \quad C \leq 6 h_c \end{aligned} \quad \left. \begin{array}{l} \text{Khi không có sườn ngang hoặc} \\ \text{sườn ngang thưa hơn sườn dọc} \end{array} \right\}$$

Khi có các sườn ngang không thưa lắm : $C \leq 12 h_c$

Và tất nhiên $C \leq 1/2 S$ (S là khoảng cách giữa các mép sườn)

Tiết diện chữ T có thể đặt cốt đơn hoặc cốt kép. Nhưng TD chữ T đặt cốt kép (theo tính toán) ít khi dùng vì không kinh tế (rất ít gặp TD chữ T cần đặt cốt kép do đã có vùng chịu nén lớn).

Chiều cao tiết diện dầm có thể chọn sơ bộ theo công thức gần đúng:

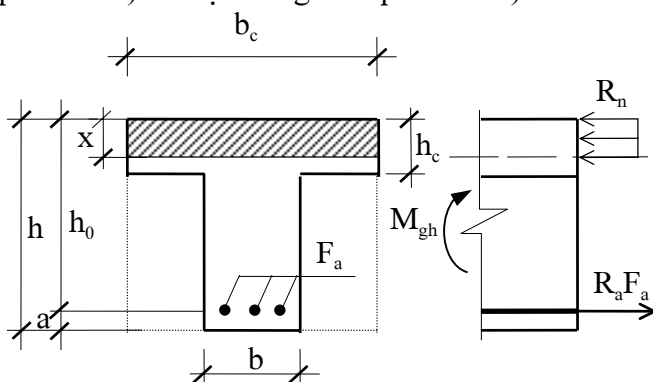
$$h = (15 \div 20) \cdot \sqrt[3]{M} \quad \text{Với } h = \text{cm}, M = \text{Tm.}$$

$$b = (0,4 \div 0,5) \cdot h$$

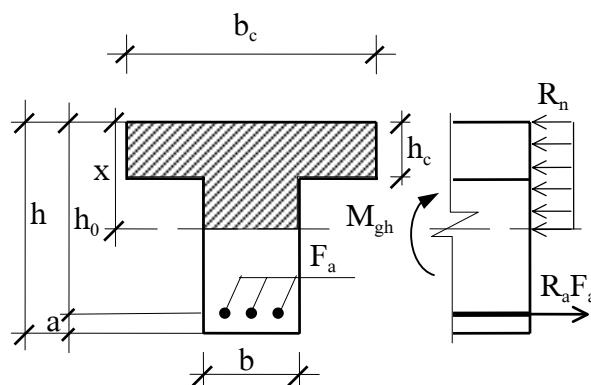
b. Tính toán tiết diện chữ T: (Đặt cốt đơn).

a) Sơ đồ ứng suất:

Khi tính TD chữ T có cánh nằm trong vùng nén cần phân biệt hai trường hợp: trục trung hòa qua cánh a) và trục trung hòa qua sườn b).



a) Trục trung hòa qua cánh



b) Trục trung hòa qua sườn

- Nếu trục TH qua cánh thì TD chữ T được tính như TD chữ nhật $b_c \cdot x$, vì đến trạng thái giới hạn diện tích vùng BT chịu kéo không ảnh hưởng đến khả năng chịu lực của TD mà chỉ có BT chịu nén.

- Nếu trục TH qua sườn thì tính toán theo TD chữ T. Đến TTGH xem khả năng chịu lực của vật liệu được tận dụng hết : $F_a \rightarrow R_a$, BT vùng nén $\rightarrow R_n$.

Để phân biệt trục TH qua cánh hay sườn, ta xác định Mô men uốn trên TD khi trục TH đi qua mép giữa cánh và sườn:

$$\Sigma M_{Fa} = 0 \Rightarrow M_c = R_n \cdot b_c \cdot h_c \cdot (h_0 - 0,5h_c). \quad (4 - 28)$$

Nếu $M_c \geq M$ thì trục TH qua cánh, tính toán theo TD chữ nhật $b_c x h_c$ như mục IV.1.

Nếu $M_c < M$ thì trục TH qua sườn, tính toán theo TD chữ T, sẽ xét dưới đây .

b) Công thức cơ bản:

$$\Sigma X = 0 \Rightarrow R_a F_a = R_n b x + R_n (b_c - b) h_c. \quad (4 - 29)$$

$$\Sigma M_{Fa} = 0 \Rightarrow M_{gh} = R_n b x \cdot (h_0 - 0,5x) + R_n (b_c - b) \cdot h_c \cdot (h_0 - 0,5h_c). \quad (4 - 30)$$

Điều kiện cường độ: $M \leq M_{gh}$

$$\text{Hay } M \leq R_n b x \cdot (h_0 - 0,5x) + R_n (b_c - b) \cdot h_c \cdot (h_0 - 0,5h_c). \quad (4 - 31)$$

Đặt α , A tương tự như TD chữ nhật, ta có:

$$R_a F_a = \alpha \cdot R_n b \cdot h_0 + R_n (b_c - b) h_c \quad (4 - 32)$$

$$M \leq A \cdot R_n b \cdot h_0^2 + R_n (b_c - b) h_c \cdot (h_0 - 0,5h_c) \quad (4 - 33)$$

c) Điều kiện hạn chế:

Điều kiện hạn chế vùng nén để TD không bị phá hoại dòn:

$$\alpha \leq \alpha_0 \text{ hoặc } A \leq A_0.$$

d) Tính toán tiết diện:

*** Bài toán tính cốt thép:** Biết b, b_c, h_c, h, M . Mác BT, loại cốt thép. Tính F_a ?

Giải:

$$\text{Từ (4-33), tính A: } A = \frac{M - R_n (b_c - b) h_c (h_0 - 0,5h_c)}{R_n b h_0^2} \quad (4 - 34)$$

Vì là cốt đơn nên $A \leq A_0$ tra bảng được α

$$\text{Từ (4-32), tính } F_a : F_a = \frac{a \cdot R_n b h_0 + R_n (b_c - b) h_c}{R_a} \quad (4 - 35)$$

Kiểm tra hàm lượng cốt thép của TD chỉ tính cho phần sườn, tức $\mu = [F_a / (b \cdot h_0)] \cdot 100$ phải đảm bảo theo yêu cầu đối với TD chữ nhật đã biết.

Nếu $A > A_0$: thì phải đặt cốt kép.

*** Bài toán kiểm tra cường độ tiết diện:**

Biết b, b_c, h, h_c , Mác BT, loại cốt thép, F_a . Tính M_{td} ?

Giải:

$$\text{Từ (4-32) xác định } \alpha: \alpha = \frac{R_a F_a - R_n (b_c - b) h_c}{R_n b h_0}. \quad (4 - 36)$$

Nếu $\alpha \leq \alpha_0$ tra bảng có A và tính M_{td} theo (4 - 33):

$$M_{td} = A \cdot R_n b \cdot h_0^2 + R_n (b_c - b) \cdot h_c \cdot (h_0 - 0,5h_c) \quad (4 - 37)$$

Nếu $\alpha > \alpha_0$ thì lấy $\alpha = \alpha_0$ tức $A = A_0$, để tính M_{td} theo (4 - 33):

$$M_{td} = A_0 \cdot R_n b \cdot h_0^2 + R_n (b_c - b) \cdot h_c \cdot (h_0 - 0,5h_c) \quad (4 - 38)$$

Thí dụ tính toán: Xem sách.

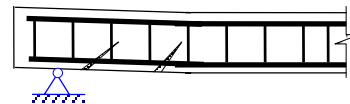
5.

TÍNH TOÁN THEO CƯỜNG ĐỘ TRÊN TIẾT DIỆN NGHIÊNG:

5.1 Đặc điểm phá hoại trên tiết diện nghiêng:

Khi xét sự làm việc của dầm BTCT chịu uốn ta đã biết dầm bị phá hoại hoặc là theo TD thẳng góc (Tại chỗ có M lớn) hoặc là theo TD nghiêng (Tại chỗ có Q lớn). Sự phá hoại theo TD nghiêng thường theo 2 kiểu:

Kiểu 1: Vết nứt nghiêng chia dầm thành 2 phần nối với nhau bằng vùng BT chịu nén ở ngọn khe nứt và bằng cốt dọc, cốt đai, cốt xiên đi ngang qua khe nứt. Hai phần dầm này quay xung quanh vùng nén, vùng nén thu hẹp lại cuối cùng bị phá hủy. Lúc đó cốt thép đạt giới hạn chảy hay bị kéo đứt vì neo lỏng.



Kiểu 2: Khi cốt thép khá nhiều và neo chặt thì sự quay của 2 phần dầm bị cản trở. Dầm bị phá hoại khi miền BT chịu nén bị phá vỡ do tác dụng chung của lực cắt và lực ép. Hai phần dầm có xu hướng trượt lên nhau và tụt xuống so với gối tựa.

Sự phá hoại theo TD nghiêng gắn liền với tác dụng của M và Q mà trong đó vai trò lực cắt Q là đáng kể. Cho nên muốn đảm bảo cho dầm khỏi bị phá hoại trên TD nghiêng thì phải tính toán sao cho TD đủ khả năng chịu được M và Q. Trên thực tế thường người ta tách việc tính toán cường độ trên TD nghiêng chịu lực M và Q riêng ra để tiện tính toán.

5.2 Điều kiện để tính toán tiết diện chịu lực cắt:

Kết quả nghiên cứu cho thấy khi: $Q \leq k_1 \cdot R_k \cdot b \cdot h_0$ (4 - 39)

thì BT đủ chịu lực cắt nên không cần tính toán cường độ trên tiết diện nghiêng (Chỉ cần đặt cốt đai, cốt xiên theo cấu tạo).

Trong đó $k_1 = 0,6$ đối với dầm, $k_1 = 0,8$ đối với bản.

Để BT khỏi bị phá vỡ vì ứng suất nén chính và hạn chế bề rộng khe nứt, cấu kiện cần phải thỏa mãn điều kiện:

$$Q \leq k_0 \cdot R_n \cdot b \cdot h_0 \quad (4 - 40)$$

Trong đó $k_0 = 0,35$ đối với BT mác ≤ 400 .

$$0,30 \leq 500.$$

$$0,25 \leq 600.$$

Điều kiện (4 - 40) nếu không thỏa mãn phải tăng kích thước tiết diện hoặc tăng mác BT.

Vậy điều kiện để tính toán tiết diện nghiêng chịu lực cắt là:

$$k_1 \cdot R_a \cdot b \cdot h_0 \leq Q \leq k_0 \cdot R_n \cdot b \cdot h_0.$$

Trong đó Q là lực cắt tính toán tại tiết diện đi qua điểm đầu khe nứt nghiêng (Tùy thuộc vị trí đặt tải trên dầm ...)

5.3 Điều kiện cường độ trên tiết diện nghiêng:

a. Sơ đồ ứng lực trên tiết diện nghiêng:

Giả thuyết: Nội lực trong các cốt thép là lực kéo dọc theo trục của nó.

Do ứng suất trong cốt ngang không đều nên lấy bằng giá trị trung bình: $R_{ad} = 0.8R_a$.

b. Điều kiện cường độ:

$$\Sigma Y = 0: Q \leq Q_b + \Sigma R_{ad} \cdot F_d + \Sigma R_{ad} \cdot F_x \cdot \sin \alpha. \quad (4 - 41)$$

$$\Sigma M_D = 0: M \leq R_a F_a \cdot Z_a + \Sigma R_{ad} F_d \cdot Z_d + \Sigma R_{ad} F_x \cdot Z_x. \quad (4 - 42)$$

Trong đó:

Q: Lực cắt tính toán tại TD đi qua điểm đầu khe nứt nghiêng.

M: Mômen tính toán tại TD đi qua điểm cuối khe nứt nghiêng.

R_{ad} : Cường độ tính toán của cốt đai và cốt xiên khi tính cường độ trên TD nghiêng. $R_{ad} = 0,8R_a$.

Z_a, Z_d, Z_x : Cánh tay đòn của các hợp lực các lớp cốt thép dọc, cốt đai, cốt xiên.

F_d, F_x : Diện tích tiết diện 1 lớp cốt đai, 1 lớp cốt xiên.

Z_a, Z_d, Z_x : Cánh tay đòn của các hợp lực các lớp cốt thép dọc, cốt đai, cốt xiên.

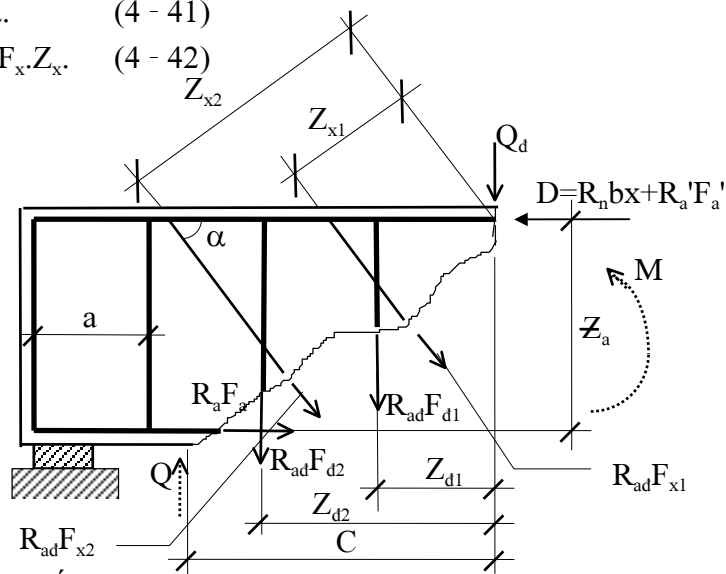
F_d, F_x : Diện tích tiết diện 1 lớp cốt đai, 1 lớp cốt xiên.

Q_b : Khả năng chịu lực cắt của BT vùng nén được xác định theo công thức thực nghiệm:

$$Q_b = \frac{2R_k b \cdot h_0^2}{C} \quad (4 - 43)$$

C: Hình chiếu của TD nghiêng lên phương trục dầm.

Dùng điều kiện cường độ (4 - 41) để tính toán cốt đai và cốt xiên. Điều kiện (4 - 42) sẽ được thỏa mãn bằng một số biện pháp cấu tạo và khi cần thiết có thể dùng để tính toán (M lớn).



5.4 Tính toán cốt đai khi không dùng cốt xiên:

a. Điều kiện cường độ khi không dùng cốt xiên:

Khi không dùng cốt xiên, điều kiện (4-41) trở thành:

$$Q \leq Q_b + \Sigma R_{ad} \cdot F_d \quad (4 - 44)$$

Vì đai tương đối dày và đều trên TD đang xét nên:

$$q_d = \frac{R_{ad} F_d}{u} = \frac{R_{ad} \cdot n \cdot f_d}{u} \quad (4 - 45)$$

$$\text{Vậy: } Q \leq \frac{2R_k b \cdot h_0^2}{C} + q_d \cdot C \quad (4 - 46)$$

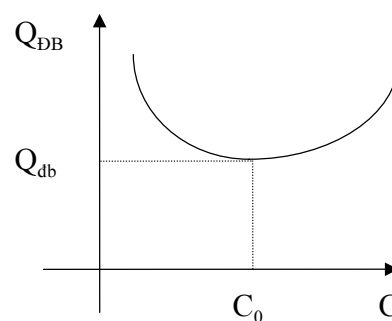
Gọi $Q_{DB} = \frac{2R_k b \cdot h_0^2}{C} + q_d \cdot C$ là khả năng chịu cắt trên TD nghiêng C.

Trong đó u: Khoảng cách giữa các lớp cốt đai.

n: Số nhánh của một lớp cốt đai.

f_d : Diện tích tiết diện 1 nhánh cốt đai.

Vậy $Q \leq Q_{DB}$.



b. Tiết diện nghiêng nguy hiểm nhất:

Ta biết $Q_{DB} = f(c)$, quan hệ giữa Q_{DB} và C có dạng như hình vẽ.

Trị số C_0 tương ứng với Q_{DB} nhỏ nhất (Q_{db}) chứng tỏ C_0 tương ứng với TD nghiêng nguy hiểm nhất.

Để tìm C_0 ta đạo hàm Q_{DB} theo C và cho đạo hàm đó = 0.

$$\frac{dQ_{DB}}{dC} = -\frac{2R_k b h_0^2}{C^2} + q_d = 0$$

$$\text{Rút ra } C_0 = \sqrt{\frac{2R_k b h_0^2}{q_d}} \quad (4 - 47)$$

Thay C_0 vào Q_{DB} ta có được khả năng chịu lực trên TD nghiêng nguy hiểm nhất C_0 là Q_{db} :

$$Q_{db} = \sqrt{8R_k b h_0^2 \cdot q_d} \approx 2,8 h_0 \sqrt{R_k b \cdot q_d} \quad (4 - 48)$$

c. Tính khoảng cách cốt đai:

Việc tính toán cốt đai thực chất là đi xác định n , f_d , u . Chọn trước n , f_d rồi tính toán xác định u . Tức xác định bước cốt đai thỏa mãn các yêu cầu tính toán và cấu tạo.

Xác định u_{tt} theo điều kiện cường độ trên TD nghiêng nguy hiểm nhất:

$$Q \leq Q_{db} = \sqrt{8R_k b h_0^2 \cdot q_d}$$

$$\Rightarrow q_d \geq \frac{Q^2}{8R_k b h_0^2}; \quad (4 - 49)$$

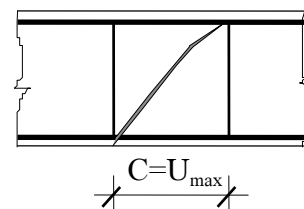
$$\text{Mặt khác theo (4-45): } q_d = \frac{R_{ad} \cdot n \cdot f_d}{u}$$

$$\text{Nên } u \leq R_{ad} \cdot n \cdot f_d \cdot \frac{8R_k b h_0^2}{Q^2} = u_{tt}. \quad (4 - 50)$$

Xác định u_{max} :

Có thể xảy ra trường hợp phá hoại theo TD nghiêng nằm giữa 2 cốt đai như hình vẽ.

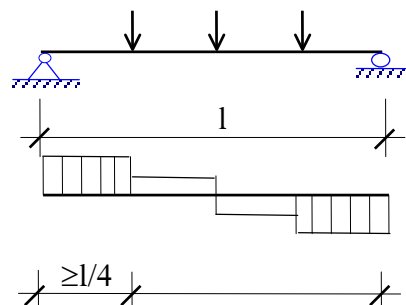
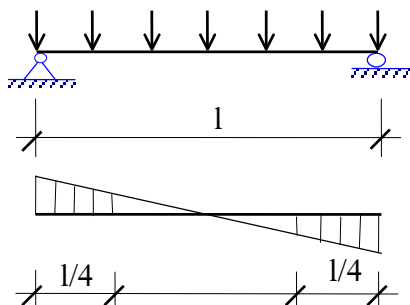
$$\text{Lúc đó } Q \leq Q_b = \frac{2R_k b \cdot h_0^2}{u} \Rightarrow u \leq \frac{2R_k b \cdot h_0^2}{Q} = u_{max}.$$



$$\text{Để an toàn, qui phạm qui định: } u_{max} = \frac{1.5R_k b \cdot h_0^2}{Q}. \quad (4 - 51)$$

Khoảng cách cấu tạo của cốt đai u_{ct} : Theo qui phạm u_{ct} đối với dầm

khi $h \leq 45 \text{ cm} \rightarrow u_{ct} \leq \begin{cases} h/2 \\ 15 \text{ cm.} \end{cases}$
 Đối với khu vực có Q lớn.
 khi $h > 45 \text{ cm} \rightarrow u_{ct} \leq \begin{cases} h/3 \\ 30 \text{ cm.} \end{cases}$



Ngoài khu vực có Q lớn thì không cần phải tính cốt đai nhưng phải hạn chế.

$$\left. \begin{array}{l} u_{ct} \leq 3/4h. \\ \leq 50 \text{ cm.} \end{array} \right| \text{ Với dầm có } h \geq 300$$

Sau khi tính được các khoảng cách cốt đai u_{tt} , u_{max} , u_{ct} thì khoảng cách thiết kế của cốt đai

$$u \leq \left. \begin{array}{l} u_{tt}. \\ u_{max}. \\ u_{ct}. \end{array} \right| (4 - 52)$$

Và lấy u chẵn đến cm để dễ thi công.

* Tóm tắt trình tự tính cốt đai khi không dùng cốt xiên:

- Chọn đai theo kinh nghiệm: $h \leq 800$ chọn $d \geq 6$.
- $h > 800$ chọn $d \geq 8$.

Tức chọn f_d , n.

- Xác định u_{tt} .
- Xác định u_{max} .
- Xác định u_{ct} .

Xác định khoảng cách thiết kế: $u \leq \left| \begin{array}{l} u_{tt}. \\ u_{max}. \\ u_{ct}. \end{array} \right|$

5.5 Tính toán cấu kiện có cốt đai và cốt xiên:

Để tăng khả năng chịu cắt trên TD nghiêng người ta còn đặt thêm cốt xiên (Nhất là trong các cấu kiện dùng khung cốt thép buộc). Cốt xiên thường là những cốt dọc uốn lên với góc nghiêng α . Thường $\alpha = 45^\circ$ khi dầm có $h \leq 800$.

$\alpha = 60^\circ$ khi dầm có $h > 800$.

$\alpha = 30^\circ$ khi dầm có h thấp và bản.

Cốt xiên có nhiệm vụ chịu phần lực cắt vượt quá khả năng của đai và BT.

* Điều kiện cường độ trên tiết diện nghiêng C bất kỳ: $Q \leq Q_{db} + \Sigma R_{ad} \cdot F_x \cdot \sin \alpha$. (4 - 53)

* Điều kiện cường độ trên tiết diện nguy hiểm nhất C_0 : $Q \leq Q_{db} + \Sigma R_{ad} \cdot F_x \cdot \sin \alpha$.

* Tính cốt xiên:

Mục đích xác định cốt đai và cốt xiên để cùng BT chịu lực cắt trên tiết diện nghiêng nhưng ta chỉ có một phương trình mà chứa rất nhiều ẩn vì vậy phải loại bớt ẩn bằng cách chọn trước đai (Tức biết n, f_d , u thỏa các yêu cầu cấu tạo) để tính cốt xiên (F_x).

- Tính $q_d = \frac{R_{ad} \cdot n \cdot f_d}{u}$.

- Tính $C_0 = \sqrt{\frac{2R_k b h_0^2}{q_d}}$ (Giống như chỉ có cốt đai).

- Tính $Q_{db} = \sqrt{8R_k b h_0^2 \cdot q_d}$

- Tính diện tích các lớp cốt xiên F_{xi} .

Từ các phương trình cân bằng lực cắt trên C và C_0 ta có:

Trên tiết diện nghiêng C bất kỳ $\Sigma F_x = \frac{Q_i - Q_{DB}}{R_{ad} \sin \alpha}$

Trên tiết diện nghiêng C_0 $\Sigma F_x = \frac{Q_i - Q_{ab}}{R_{ad} \sin \alpha}$

Xét một số trường hợp cụ thể của C_0 và C.

- C_0 cắt qua một lớp cốt xiên, điều kiện cường độ:

$$Q \leq Q_{db} + R_{ad} \cdot F_{x1} \cdot \sin \alpha \Rightarrow F_{x1} = \frac{Q_i - Q_{ab}}{R_{ad} \sin \alpha}$$

- C_0 cắt qua 2 lớp cốt xiên, điều kiện cường độ:

$$Q \leq Q_{db} + R_{ad} \cdot (F_{x1} + F_{x2}) \cdot \sin \alpha \Rightarrow F_{x1} + F_{x2} = \frac{Q_i - Q_{ab}}{R_{ad} \sin \alpha}$$

C_0 cắt qua nhiều lớp cốt xiên ta cũng tính tương tự.

- Ngoài ra TD nghiêng C_1 chỉ cắt 1 lớp cốt xiên nhưng rất gần tiết diện nguy hiểm C_0 nên cũng phải xét, điều kiện cường độ:

$$Q \leq Q_{DB}^{C1} + R_{ad} \cdot F_{x1} \cdot \sin \alpha \Rightarrow F_{x1} = \frac{Q_i - Q_{DB}^{C1}}{R_{ad} \sin \alpha}$$

- Mặt khác có thể xuất hiện TD nghiêng $C_2 = C_0$ chỉ cắt qua F_{x2} :

$$\Rightarrow F_{x1} = \frac{Q_2 - Q_{ab}}{R_{ad} \sin \alpha}$$

Tuy vậy qui phạm cho phép tính toán một cách đơn giản và an toàn hơn bằng cách chỉ xem C_0 chỉ cắt qua 1 lớp cốt xiên. Khi đó điều kiện cường độ sẽ là:

$$Q_1 \leq Q_{db} + R_{ad} \cdot F_{x1} \cdot \sin \alpha.$$

$$Q_2 \leq Q_{db} + R_{ad} \cdot F_{x2} \cdot \sin \alpha.$$

....

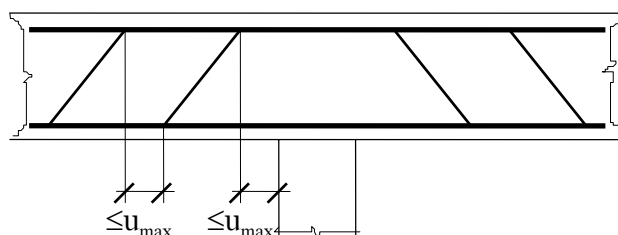
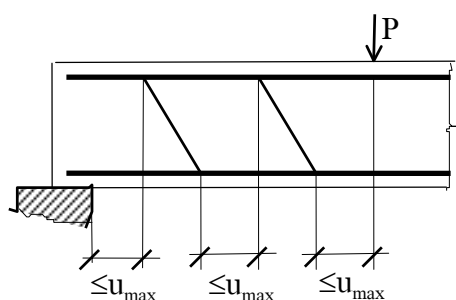
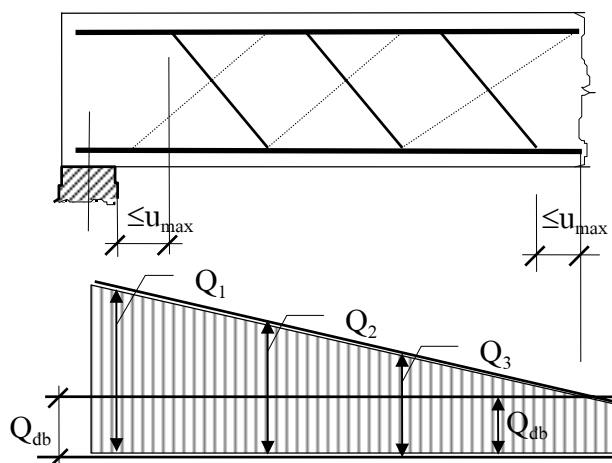
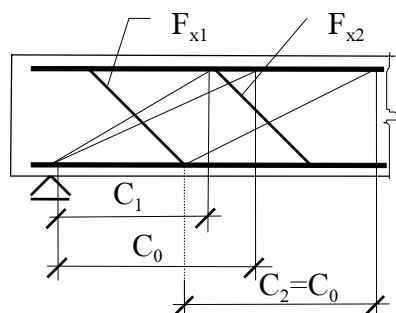
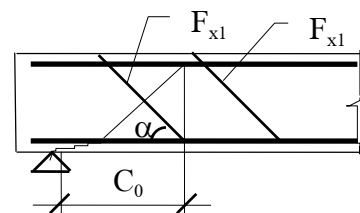
Trong đó $Q_1, Q_2, \dots$

tương ứng tại đầu từng mặt cắt C_0 , ta tính được:

$$F_{xi} = \frac{Q_i - Q_{ab}}{R_{ad} \sin \alpha} \quad (4 - 54)$$

Yêu cầu bố trí cốt xiên:

Trên đoạn dầm có $Q > Q_{db}$ phải bố trí cốt xiên.



5.6 Những yêu cầu cấu tạo để đảm bảo cường độ trên tiết diện nghiêng chịu mô men :

Điều kiện cường độ (4 - 42) có thể thỏa mãn bằng một số yêu cầu cấu tạo. Sau đây ta xét các yêu cầu cấu tạo để đảm bảo điều kiện tăng chịu mômen đó.

a. Neo cốt dọc chịu kéo tại các gối tựa tự do:

Cốt thép chịu kéo được neo tốt thì mới phát huy được khả năng chịu lực, nếu neo kém thì cốt thép dễ bị tuột khi chưa đạt được cường độ giới hạn và dầm sẽ bị phá hoại theo hướng đi qua mép gối do mômen.

Khi $Q \leq k_1 \cdot R_k \cdot b \cdot h_0$.

Đoạn neo $l_a \geq 5d$ thường là $l_a \geq 10d$.

Nếu lưới hàn có cốt đơn thì trên đoạn l_a ít nhất phải có 1 cốt ngang neo cách nút cốt dọc 1 đoạn C: $C \leq 15$ khi $d \leq 10$.

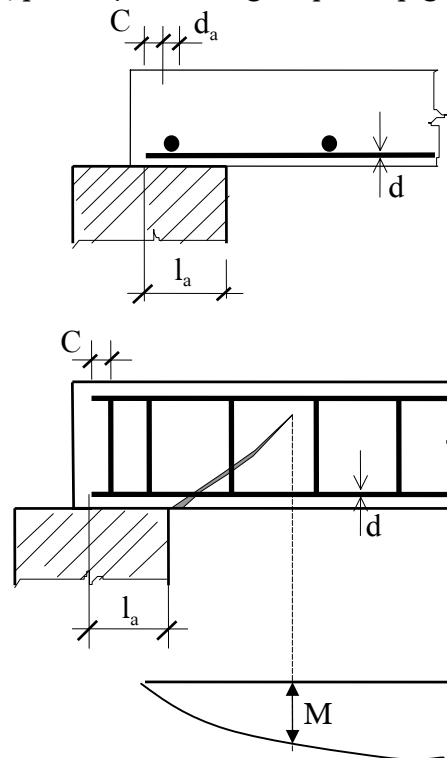
$C \leq 1,5d$ khi $d > 10$.

Khi $Q > k_1 \cdot R_k \cdot b \cdot h_0$.

Đoạn neo $l_a \geq 1,5d$.

$l_a \geq 10d$ khi $M_{bt} \geq 200$ và thép có gờ.

Nếu khung hay lưới cốt hàn với cốt dọc chịu lực tròn trơn thì trên đoạn l_a phải có ít nhất hai thanh neo với C và d_a quy định như trên.



b. Uốn cốt dọc chịu kéo:

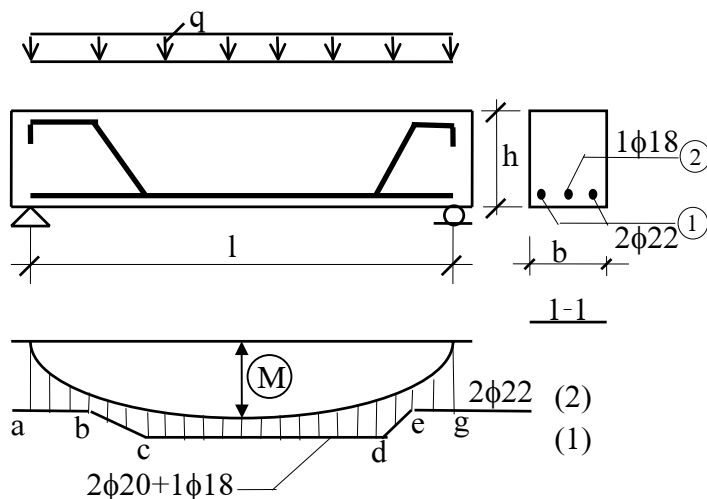
1. Biểu đồ bao vật liệu: (BĐBV).

Biểu đồ bao vật liệu của dầm là đường biểu diễn khả năng chịu lực của dầm đó. BĐBV của dầm BT cốt thép (đặt cốt đơn) được xây dựng bằng cách:

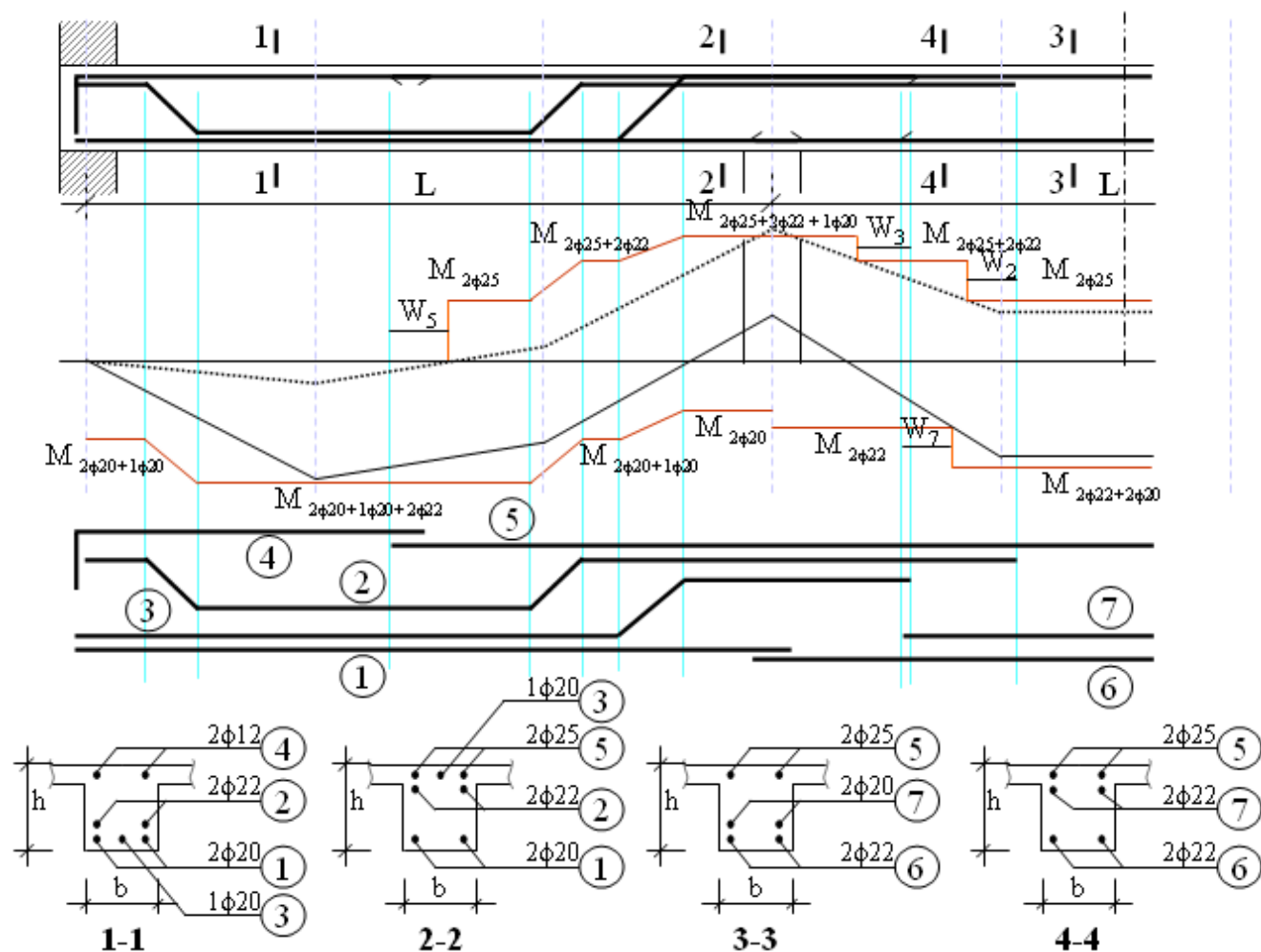
Dầm đã biết $b, h, F_a \rightarrow$ Tính $\alpha = \frac{R_a F_a}{R_n b h_0^2} \rightarrow A \rightarrow$ Tính $M_{VL} = A \cdot R_n \cdot b \cdot h_0^2 \rightarrow$ Vẽ M_{VL} trên trục

cùng tỉ lệ với biểu đồ bao Mômen (BĐBM). BĐBV phải bao ngoài BĐBM.

Giả sử có dầm như hình vẽ. Biểu đồ bao M lớn nhất tại giữa nhịp. Với M_{max} tính được $F_a = 2\phi 22 + 1\phi 18 \rightarrow$ vẽ đường biểu diễn khả năng chịu lực của dầm có $2\phi 22 + 1\phi 18$ như trên (đường 1). Nhưng tại gần 2 đầu dầm M giảm nhưng Q lớn nên ta dự định uốn $1\phi 18$ lên thành cốt xiên. Sau khi uốn cốt thép chịu kéo chỉ còn $2\phi 22$, ta lại vẽ đường biểu diễn M_{VL} chỉ với $2\phi 22$ (đường 2).



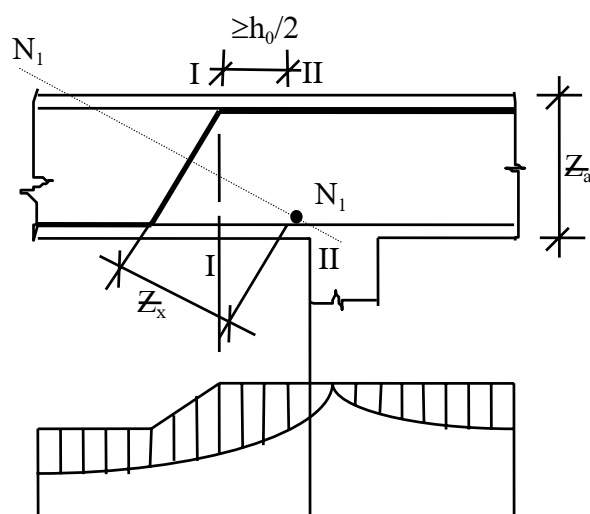
Đường (1) và (2) được nối với nhau bằng đoạn xiên tương ứng với vị trí các điểm uốn của cốt xiên. Đường gấp khúc bao ngoài BDBM là BDBVL.



2. Uốn cốt dọc:

Khoảng cách từ khởi điểm của cốt xiên trong vùng kéo (Tiết diện I-I) đến TD mà tại đó cốt dọc được tận dụng hết khả năng chịu lực (Tiết diện II-II) phải $\geq (h_0/2)$. Nếu điều kiện này không đảm bảo thì điều kiện cường độ trên TD nghiêng chịu M sẽ không được đảm bảo.

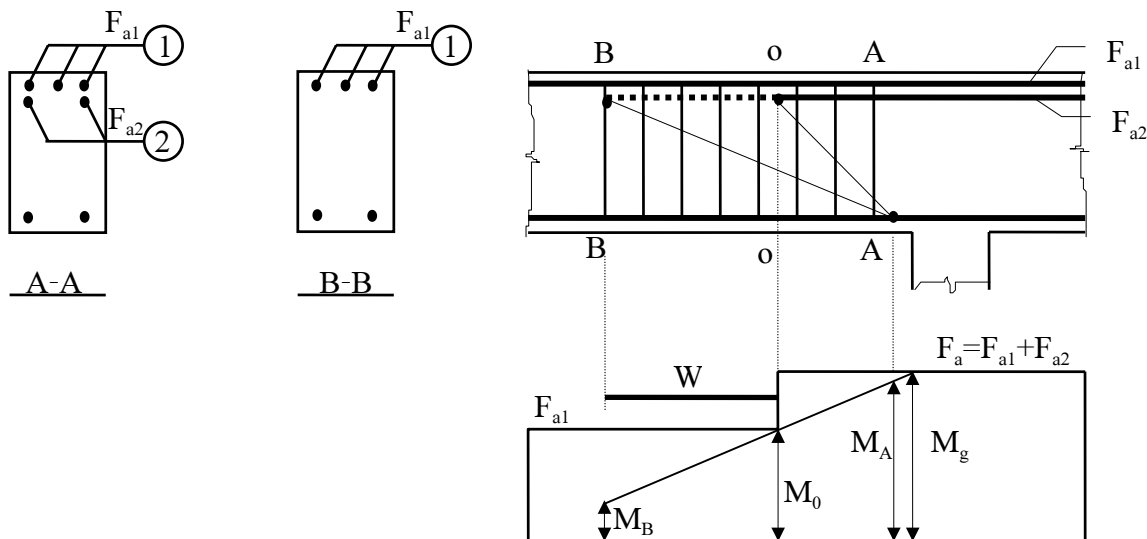
Thực vậy, để đảm bảo cường độ trên trục N_1-N , thì cánh tay đòn Z_x phải không nhỏ hơn cánh tay đòn Z_a . Điều này xảy ra khi khoảng cách từ (I-I) đến (II-II) $\geq h_0/2$.



c. Cắt cốt dọc chịu kéo:

Để tiết kiệm thép, người ta thường cắt bớt một số cốt thép chịu kéo ở ngoài phạm vi gối tựa (của dầm liên tục) mà theo tính toán thì không cần thiết nữa (do M giảm nhiều).

Giả sử ta có dầm BT cốt thép liên tục như hình vẽ. Tại gối diện tích cốt thép chịu kéo yêu cầu là $F_a = F_{a1} + F_{a2}$. Nhưng khi ra xa gối M giảm đi nhiều, tại tiết diện o-o theo tính toán ta có thể cắt bỏ cốt thép F_{a2} , TD o-o gọi là mặt cắt lý thuyết.



Nhưng nếu cắt ngay tại đó thì khả năng chịu uốn trên TD nghiêng (Chẳng hạn oA) sẽ không được đảm bảo, vì thực tế M tác dụng lên tdng đó là $M_A > M_0$ nhưng cốt chịu kéo vẫn là $F_{a1} = F_a - F_{a2}$ và có thêm một số ít cốt đai chịu mô men uốn mà thôi. Số cốt đai mà tdng oA cắt qua không đủ để chịu phần mômen $M_A - M_0$. Để không bị phá hoại trên TD nghiêng do mô men ta phải kéo cốt thép F_{a2} ra ngoài mặt cắt lý thuyết o-o một đoạn W nữa (đến điểm B). Xét TD nghiêng AB thì tuy $M_0 < M_A$ nhưng lượng cốt đai đi qua mặt cắt nghiêng AB đủ lớn để chịu được phần mômen $M_A - M_0$ đó.

Người ta đã chứng minh được rằng:

$$W = \frac{0,8.Q}{2.q_d} + 5d \text{ và } W \geq 20d;$$

Trong đó Q: Lực cắt tại điểm cắt lý thuyết, lấy bằng độ dốc của biểu đồ mômen.

d: Đường kính cốt dọc bị cắt.

$$q_d = \frac{R_{ad} \cdot n \cdot f_d}{u}$$

5d: Đoạn cần thiết để cốt dọc bắt đầu chịu lực.

Khi trong vùng cắt thép có cốt xiên thì:

$$W = \frac{0,8.Q - Q_x}{2.q_d} + 5d \text{ và } W \geq 20d;$$

Trong đó $Q_x = \Sigma R_{ad} \cdot F_x \cdot \sin \alpha$ với ΣF_x diện tích những lớp cốt xiên trong vùng cắt thép. Để đơn giản và an toàn ΣF_x là diện tích lớp cốt xiên cắt qua TD cắt lý thuyết, là diện tích lớp cốt xiên nằm phía trước mặt cắt lý thuyết.

Thí dụ: Xem sách.

SÀN PHẪNG.

1. GIỚI THIỆU CHUNG:

Sàn BTCT được sử dụng khá rộng rãi trong xây dựng và dưới nhiều dạng khác nhau: sàn nhà dân dụng, công nghiệp, các dạng mái bằng, mái nghiêng, bản cầu thang, các dạng móng, đáy bể, tường chắn..

Sàn BTCT có ưu điểm là khả năng chịu lực lớn, đa năng, thiết kế và thi công đơn giản.

1.1 Phân loại:

a. Theo PP thi công:

Có sàn toàn khối, sàn lắp ghép và sàn nửa lắp ghép.

b. Theo sơ đồ kết cấu:

Có sàn sườn và sàn không sườn (sàn nầm).

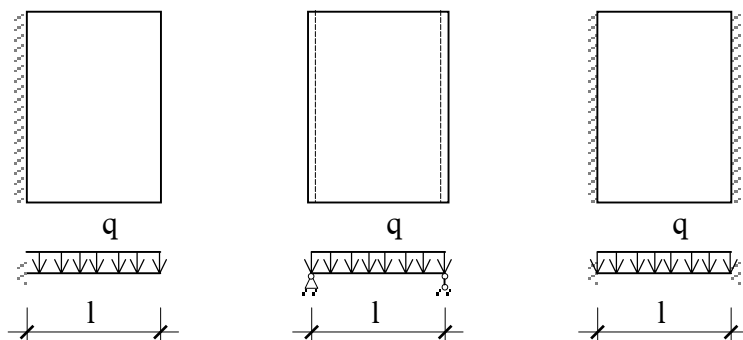
Dạng sàn sườn được sử dụng phổ biến, nó còn được phân thành nhiều loại (kết hợp với PP thi công và tính chất làm việc của bản sàn):

- Sàn sườn toàn khối có bản loại dầm (bản sàn làm việc 1 phương).
- Sàn sườn toàn khối có bản kê 4 cạnh (bản sàn làm việc 2 phương).
- Sàn sườn ô cò.
- Sàn sườn pa nen lắp ghép.

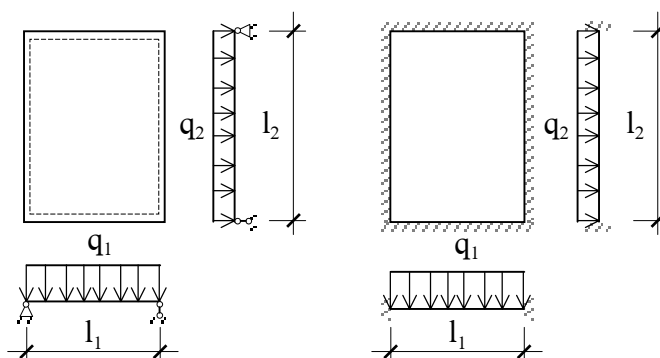
1.2 Phân biệt bản loại dầm và bản kê 4 cạnh:

Tính chất làm việc của bản chủ yếu phụ thuộc vào liên kết và kích thước các cạnh của bản. Xét một số dạng cơ bản sau:

- Khi bản chỉ có liên kết ở 1 cạnh hoặc 2 cạnh đối diện, tải trọng tác dụng lên bản chỉ được truyền theo phương có liên kết, hay bản chỉ làm việc theo 1 phương. Ta gọi là bản loại dầm.



- Khi bản có liên kết ở cả 4 cạnh (hoặc ở 2, 3 cạnh không chỉ đối diện), tải trọng được truyền vào liên kết theo cả 2 phương. Ta gọi loại này là bản kê 4 cạnh (làm việc 2 phương).



Với bản làm việc 1 phương ta dễ dàng xác định được nội lực trong bản (như tính nội lực dầm), nhưng với bản kê 4 cạnh thì không đơn giản:

- Xét bản kê tự do ở 4 cạnh chịu tải trọng phân bố đều;
Gọi tải trọng truyền theo phương cạnh bé l_1 là q_1 ,
tải trọng truyền theo phương cạnh lớn l_2 là q_2 .

Ta có: $q = q_1 + q_2$. (5 - 1)

Cắt 2 dải bản có bề rộng bằng đơn vị tại chính giữa bản theo 2 phương.

Độ võng tại điểm giữa của mỗi dải:

$$+ \text{ Theo phương } l_1: f_1 = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_1 \cdot l_1^4}{E \cdot J};$$

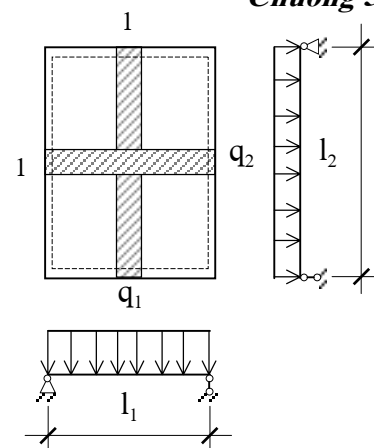
$$+ \text{ Theo phương } l_2: f_2 = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_2 \cdot l_2^4}{E \cdot J};$$

Điểm giữa của 2 dải bản đang xét trùng nhau, tức

$$f_1 = f_2 \Rightarrow q_1 \cdot l_1^4 = q_2 \cdot l_2^4. \quad (5 - 2)$$

$$\text{Từ (5 - 1) và (5 - 2): } q_1 = \frac{l_2^4}{l_1^4 + l_2^4} \cdot q \quad \text{và} \quad q_2 = \frac{l_1^4}{l_1^4 + l_2^4} \cdot q; \quad (5 - 3)$$

$$q_1 = \frac{l_2^4}{l_1^4} \cdot q_2; \quad (5 - 4)$$



Khi $l_2 > l_1$ thì $q_1 > q_2$. Nếu tỷ số $\frac{l_2}{l_1} > 3$ thì $\frac{q_1}{q_2} > 81$, như vậy phần lớn tải trọng tác dụng trên bản được truyền theo phương cạnh ngắn l_1 , và có thể bỏ qua phần tải truyền theo phương cạnh dài l_2 (tức xem bản như loại dầm).

1.3 Khái niệm về khớp dẻo-Sự phân bố lại nội lực do xuất hiện khớp dẻo:

a Khái niệm khớp dẻo:

Xét 1 dầm chịu uốn cho đến khi bị phá hoại. Giả sử dầm được cấu tạo thép sao cho khi bị phá hoại có:

- Ứng suất trong cốt thép chịu kéo đạt giới hạn chảy;
- Ứng suất trong BT vùng nén đạt giới hạn chịu nén và có biến dạng dẻo lớn;

Lúc này tại TD đang xét có biến dạng tăng nhưng nội lực không tăng và có giá trị là giới hạn chịu uốn M_{gh} .

Ta nói rằng tại TD đã xuất hiện 1 khớp dẻo (khớp dẻo khác với khớp bình thường là tại khớp dẻo có 1 mô men không đổi gọi là mô men khớp dẻo $M_{kd} = M_{gh}$).

Với kết cấu tĩnh định, sự xuất hiện khớp dẻo đồng thời với kết cấu bị phá hoại.

Với kết cấu siêu tĩnh xuất hiện khớp dẻo làm giảm 1 bậc siêu tĩnh của hệ. Sự phá hoại của kết cấu khi số khớp dẻo đủ để hệ bị biến hình.

- **Trạng thái khi xuất hiện khớp dẻo cuối cùng trước khi kết cấu bị phá hoại gọi là trạng thái cân bằng giới hạn.**

- **Phương pháp tính theo sơ đồ dẻo (xét đến sự hình thành các khớp dẻo cho đến khi hệ sắp bị phá hoại) gọi là tính theo trạng thái cân bằng giới hạn.**

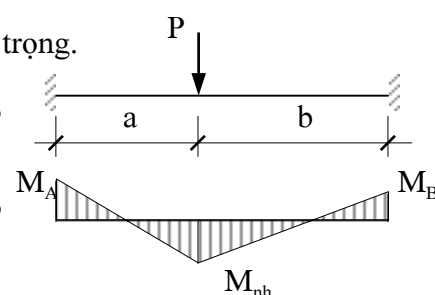
b Sự phân bố lại nội lực:

Khi xuất hiện khớp dẻo, trong dầm có sự phân bố lại nội lực. Xét dầm chịu tải có sơ đồ như sau:

- Nếu tính theo sơ đồ đàn hồi, tỷ số $\frac{M_A}{M_{nh}}, \frac{M_B}{M_{nh}}$ là không đổi với 1 dạng tải trọng.

Khi P tăng đến P_1 giả sử tại gối A xuất hiện khớp dẻo trước. Lúc này nếu P tăng thì mô men tại gối A không tăng, còn tại các TD vẫn tăng.

Khi P tăng đến P_2 giả sử tại gối B xuất hiện khớp dẻo. Nếu P tăng thì mô men tại các gối A và B không tăng, còn tại các TD vẫn tăng.



Khi P tăng đến P_3 giữa nhịp hình thành khớp dẻo, kết cấu bị phá hoại: đây là TT cân bằng giới hạn.

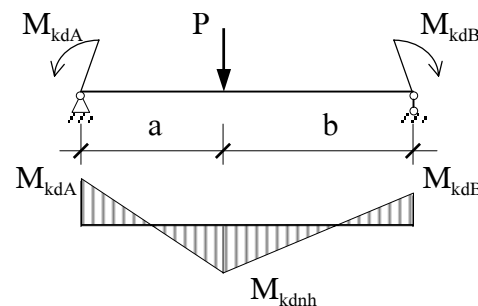
Như vậy khi hình thành khớp dẻo, trong kết cấu có sự phân bố lại nội lực, đây là yếu tố có lợi tránh sự phá hoại cục bộ.

Khi tại các gối hình thành khớp dẻo, từ sơ đồ trên có thể thay ngàm bằng các liên kết khớp và một mô men khớp dẻo.

Gọi M_0 là mô men của dầm đơn giản tương ứng với P_3 , ta có:

$$M_0 = M_{kd-nh} + \frac{b}{l} \cdot M_{kdA} + \frac{a}{l} \cdot M_{kdB}$$

Kết hợp với quan hệ $M_0 = M(P_3)$ xác định được tải trọng ở TT cân bằng giới hạn.



c Điều kiện để tính theo sơ đồ dẻo:

Để hình thành khớp dẻo, vật liệu và hệ phải có các tính chất sau:

- Cốt thép có thêm chảy rõ rệt (dùng thép dẻo, dây thép kéo nguội, không dùng thép dập nguội..)
- Tránh sự phá hoại do BT vùng nén bị hỏng do ép vỡ hoặc cắt đứt (chiều cao vùng nén không quá lớn $\alpha \leq \alpha_d$; BT mác ≤ 300 $\alpha_d = 0.31$; BT mác ≥ 400 $\alpha_d = 0.295$; $\Rightarrow$ lấy $\alpha_d = 0.30$).
- Để hạn chế bề rộng khe nứt tại TD có khớp dẻo đầu tiên: $M_{kd} \geq 0,7M_{dh}$.

2. SÀN SƯỜN TOÀN KHỐI CÓ BẢN LOẠI DẦM:

2.1 Sơ đồ kết cấu:

Sàn có thể có dầm chính đặt theo phương dọc hoặc theo phương ngang (tùy thuộc sự bố trí chung của công trình, yêu cầu thông gió, chiếu sáng..).

Các bộ phận chính của sàn:

1. Bản,
2. Dầm phụ,
3. Dầm chính,
4. Cột,
5. Tường.

Sàn gồm bản sàn và hệ dầm (sườn) đúc liền khối: bản kê lên dầm phụ, dầm phụ gối lên dầm chính, dầm chính gối lên cột và tường, Khoảng cách dầm phụ $l_1 = (1-4)m$, thường $l_1 = (1,7-2,8)m$.

Khoảng cách dầm chính $l_2 = (4-10)m$, thường $l_2 = (5-8)m$.

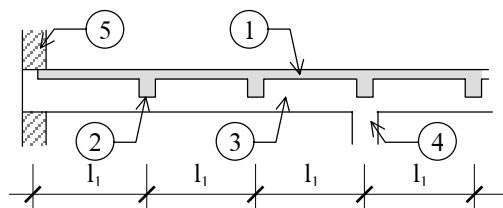
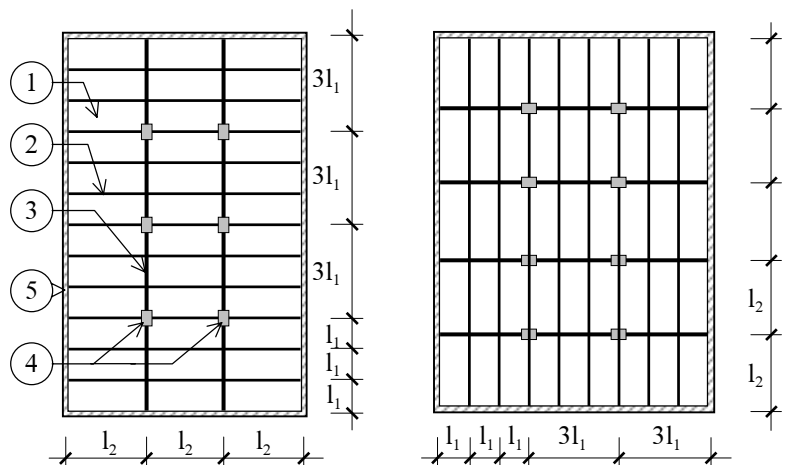
Chiều dày bản $h_b = \left(\frac{1}{35} - \frac{1}{25} \right) l_1$. (trong mọi trường hợp $h_b \geq 6cm$)

- $\geq 5cm$ với sàn mái;
- $\geq 6cm$ với sàn nhà dân dụng;
- $\geq 7cm$ với sàn nhà CN;

Chiều cao dầm phụ $h_{dp} = \left(\frac{1}{20} - \frac{1}{12} \right) \text{nhịp}$; Chiều cao dầm chính $h_{dc} = \left(\frac{1}{12} - \frac{1}{8} \right) \text{nhịp}$;

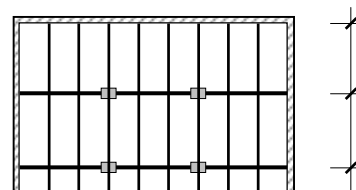
Bề rộng dầm $b_d = (0,3 - 0,5)h_d$;

Nếu chu vi sàn được kê lên tường gạch, đoạn kê: $\geq (12cm \text{ và } h_b)$ với bản;
 $\geq 22cm$ với dầm phụ;
 $\geq 34cm$ với dầm chính;



2.2 Tính nội lực sàn:

KHOA XÂY DỰNG DÂN DỤNG & CÔNG NGHIỆP



a Tính bản theo sơ đồ dể:

- **Sơ đồ tính:** Cắt dài bản rộng = đơn vị (1m) theo phương cạnh ngắn, bỏ qua ảnh hưởng qua lại giữa các dãi; Xem các dãi bản làm việc độc lập như dầm liên tục tựa lên dầm phụ và tường.

- Tải trọng:

Tĩnh tải g (trọng lượng bản thân bản BTCT và các lớp cấu tạo..)

Hoạt tải p (tải trọng sử dụng trên sàn) phân bố đều trên mặt sàn được quy về phân bố đều trên dãi bản.

- Nhịp tính toán:

Nhịp giữa lấy bằng khoảng cách giữa 2 mép dầm phụ

$$l = l_1 - b_{dp};$$

Nhịp biên lấy bằng khoảng cách từ mép dầm phụ đến cách

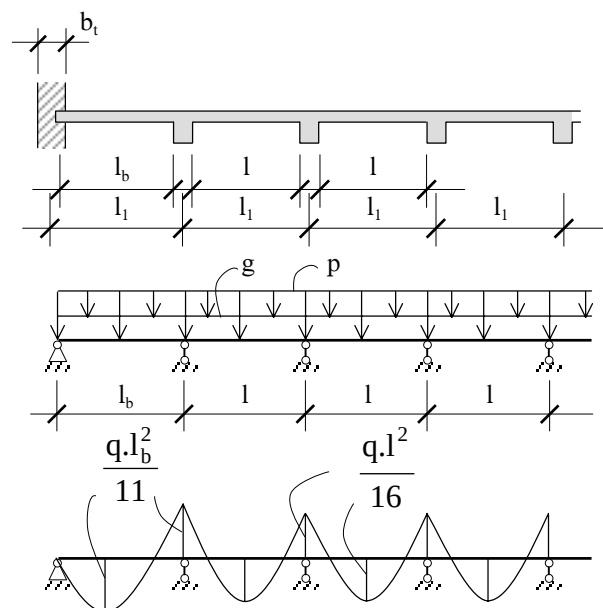
$$\text{mép tường nửa lần chiều dày bản } l_b = l_1 - \frac{b_{dp}}{2} - \frac{b_t}{2} + \frac{h_b}{2};$$

- **Nội lực:** Theo sơ đồ dể ta có:

$$\text{Nhịp biên và gối thứ 2: } M = \pm \frac{q \cdot l_b^2}{11}; \quad (5-5)$$

$$\text{Nhịp giữa và gối giữa: } M = \pm \frac{q \cdot l^2}{16}; \quad (5-6)$$

Trong đó $q = g + p$;



b Tính dầm phụ theo sơ đồ dể:

- **Sơ đồ tính:** như dầm liên tục gối lên dầm chính và tường.

- **Tải trọng:** phân bố đều gồm

Tĩnh tải: $g_d = g \cdot l_1 + g_0$ (bản truyền vào và trọng lượng bản thân phần sườn dầm phụ).

$$\text{Hoạt tải } p_d = p \cdot l_1.$$

- Nhịp tính toán:

Nhịp giữa lấy bằng khoảng cách giữa 2 mép dầm chính

$$l = l_2 - b_{dc};$$

Nhịp biên lấy bằng khoảng cách từ mép dầm chính đến tâm

$$\text{gối tường } l_b = l_2 - \frac{b_{dc}}{2} - \frac{b_t}{2} + \frac{a}{2};$$

- **Nội lực:** Có thể dùng PP tổ hợp tải trọng (với các dầm bất kỳ) hoặc dùng các công thức và bảng lập sẵn (dầm đều nhịp chịu tải trong các nhịp giống nhau) để vẽ BDB mô men, lực cắt.

$$\text{Tung độ nhánh dương BDB mô men: } M = \beta_1 \cdot q \cdot l^2; \quad (5-7)$$

$$\text{Tung độ nhánh âm BDB mô men: } M = \beta_2 \cdot q \cdot l^2; \quad (5-8)$$

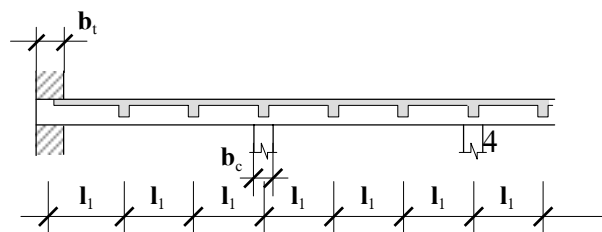
Các giá trị β_1, β_2 tra bảng.

$$\text{Lực cắt xác định như sau: Tại gối A } Q_A = 0,4 \cdot q \cdot l; \quad (5-9)$$

$$\text{Tại mép trái gối B } Q_B^{\text{tr}} = 0,6 \cdot q \cdot l; \quad (5-10)$$

$$\text{Tại mép phải gối B và các gối giữa } Q_B^{\text{ph}} = Q_C^{\text{tr}} = Q_C^{\text{ph}} = \dots = 0,5 \cdot q \cdot l; \quad (5-11)$$

Trong đó $q = g + p$; l là nhịp tính toán.



c Tính dầm chính theo sơ đồ đàn hồi:

- **Sơ đồ tính:** như dầm liên tục gối tựa là cột và tường. (là kết cấu chịu lực chính, để hạn chế biến dạng của hệ, tính theo sơ đồ dầm hồi)

- **Tải trọng:** gồm tải trọng dầm phụ truyền vào là tập trung, và trọng lượng bản thân phần sườn dầm chính cũng được quy về thành tập trung.

Tĩnh tải: $G = g_d \cdot l_2 + G_0$.

Hoạt tải $P = p_d \cdot l_2$.

- **Nhịp tính toán:** lấy bằng khoảng cách trọng tâm các gối 1;

- **Nội lực:** Nội lực dầm chính được xác định theo trình tự sau:

+ Xác định và vẽ BĐ nội lực do tĩnh tải G được: M_G , Q_G và do các trường hợp bất lợi của hoạt tải: M_{P1} , Q_{P1} , M_{P2} , Q_{P2} ,...

+ Cộng BĐ nội lực do tĩnh tải M_G , Q_G với từng trường hợp hoạt tải: M_{Pi} , Q_{Pi} được: M_i , Q_i .

+ Tại mỗi TD chọn trong các BĐ tổng cộng một giá trị dương lớn nhất và một giá trị âm có trị tuyệt đối lớn nhất để vẽ BDB nội lực (có thể xác định BDB nội lực bằng cách vẽ các BĐ tổng cộng lên cùng một trục và cùng tỉ lệ, hình bao sẽ là các đoạn ngoài cùng).

Cần chú ý đến tính đối xứng và có những nhận xét về ảnh hưởng của các trường hợp hoạt tải để bỏ qua các trường hợp không cần thiết, giảm khối lượng tính toán.

Với dầm đều nhịp chịu tải trong các nhịp giống nhau có thể dùng các công thức và bảng lập sẵn để vẽ BDB nội lực:

Tung độ nhánh dương BDB mô men: $M = (\alpha_0 \cdot G + \alpha_1 \cdot P) \cdot l$; (5 - 12)

Tung độ nhánh âm BDB mô men: $M = (\alpha_0 \cdot G - \alpha_2 \cdot P) \cdot l$; (5 - 13)

Tung độ nhánh dương BDB lực cắt: $Q = \beta_0 \cdot G + \beta_1 \cdot P$; (5 - 14)

Tung độ nhánh âm BDB lực cắt: $Q = \beta_0 \cdot G - \beta_2 \cdot P$; (5 - 15)

Các giá trị α_0 , α_1 , α_2 , β_0 , β_1 , β_2 tra bảng.

2.3 Tính cốt thép:

a Tính cốt thép bản:

Tính như cấu kiện chịu uốn TD chữ nhật đặt cốt đơn có: $b = 1m$; $h = h_b$;

TD giữa nhịp biên và nhịp giữa với mô men dương lớn nhất. TD gối thứ 2 và gối giữa với mô men âm.

Đối với các ô bản mà cả 4 cạnh đều đúc liền khối với sườn được phép giảm 20% lượng thép tính toán (do xét ảnh hưởng của hiệu ứng vòm trong bản).

Vì trong bản không cấu tạo cốt ngang nên phải kiểm tra khả năng chịu cắt của BT vùng nén:

$$Q \leq 0,8 \cdot R_k \cdot b \cdot h_0;$$

b Tính cốt thép dầm:

Tính như cấu kiện chịu uốn TD chữ T, cánh là phần bản ở phía trên (hoặc phía dưới nếu sườn nổi), bề rộng cánh lấy theo qui định TD chữ T.

TD giữa nhịp tính với mô men dương, cánh nằm trong vùng nén: tính TD chữ T.

TD ở gối tính với mô men âm, cánh nằm trong vùng kéo: tính TD chữ nhật. Cốt thép bố trí tại gối được tính với mô men mép gối: $M_{mg} = M_g - 0,5 \cdot b_c \cdot i$ (b_c là bề rộng cột, i là độ dốc của BDB mô men).

Tính nội lực dầm phụ theo sơ đồ dầm nên khi tính cốt dọc ĐKch là: $\alpha \leq \alpha_d = 0,3$; Hay điều kiện để đặt cốt

$$\text{đơn là } h_0 \geq \frac{1}{\sqrt{A_d}} \sqrt{\frac{M}{R_n \cdot b}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{M}{R_n \cdot b}};$$

Tính cốt ngang chịu cắt: Đối với dầm chính thường lực cắt lớn nên phải bố trí cốt xiên.

Tính cốt treo: Tại vị trí dầm phụ gối lên dầm chính cần bố trí cốt treo trong dầm chính để tránh phá hoại cục bộ do tải trọng tập trung. Cốt treo có thể là cốt đai đặt dày hơn hoặc là các thanh thép uốn chữ V.

Diện tích cốt treo cần thiết: $F_{tr} = \frac{P}{R_a}$;

Và được bố trí 2 bên dầm phụ trên đoạn: $s = 2.h_1 + b_{dp}$;

Bố trí cốt thép sàn:

c Bố trí cốt thép bản:

Cốt thép trong bản tốt nhất là dùng lưới hàn:

- Khi đường kính không lớn có thể dùng các lưới liên tục, ở nhịp biên và gối thứ 2 cần nhiều thép hơn có thể bổ sung các lưới phụ hoặc buộc thêm các thanh rời.
- Khi đường kính lớn ($d \geq 6$) nên dùng các lưới thép riêng, ở gối đặt phía trên, ở nhịp đặt phía dưới.

Nếu dùng lưới buộc từ các thanh rời:

- Khi $h_b \leq 8\text{cm}$ có thể dùng các thanh thép đặt ở mép dưới kéo dài qua các nhịp (tại nhịp biên lượng thép lớn hơn có thể dùng lưới thép riêng), tại gối đặt cốt mũ.
- Khi $h_b > 8\text{cm}$ nên uốn bớt thép (khoảng $1/3$ đến $2/3$ lượng thép, còn lại không ít hơn 3 thanh/1m dài) ở nhịp lên gối.
 $p/g \leq 3: \alpha = 1/4$
 $p/g > 3: \alpha = 1/3$

Cốt phân bố bố trí vuông góc với cốt chịu lực để tạo thành lưới. Với lưới thép giữa nhịp, lượng cốt thép phân bố phải

$\geq 10\%$ lượng thép chịu lực lớn nhất khi $l_2/l_1 \geq 3$;

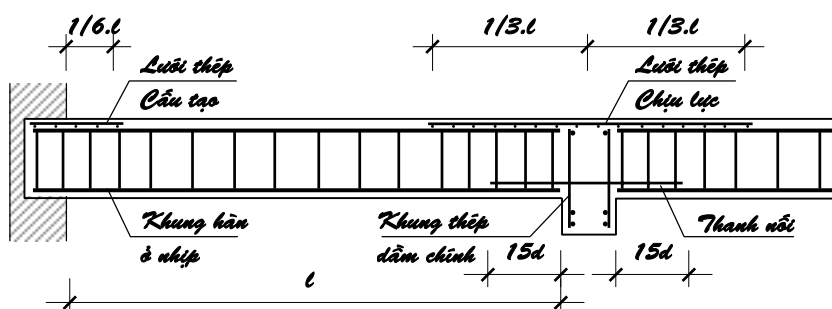
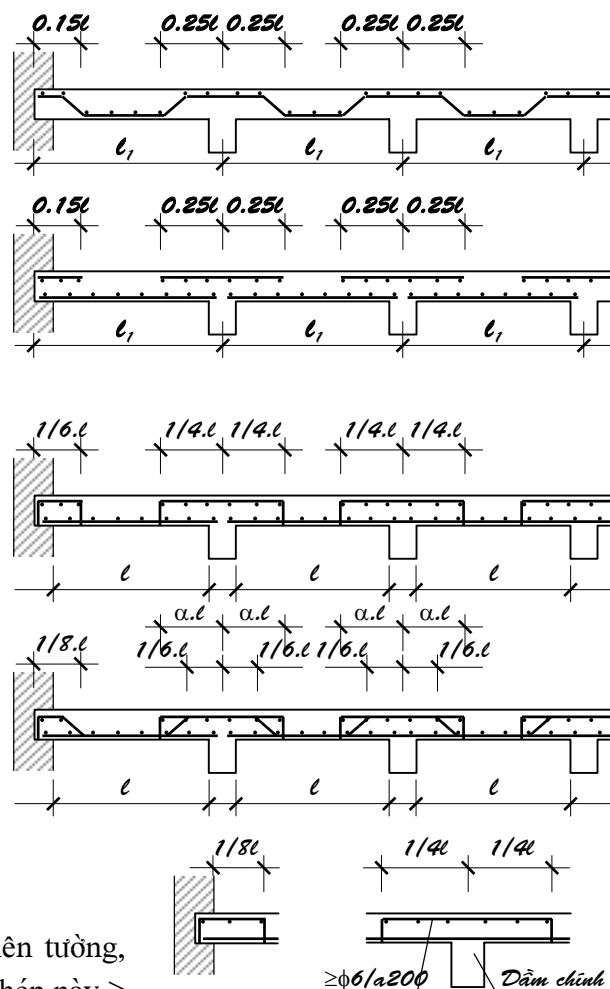
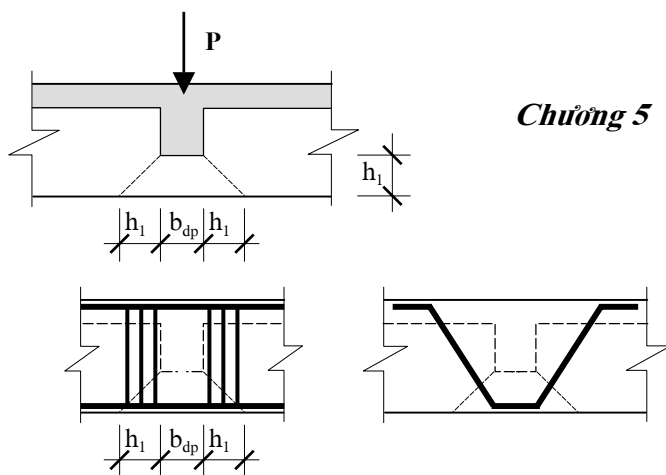
$\geq 20\%$ lượng thép chịu lực lớn nhất khi $l_2/l_1 < 3$;

Cốt thép mũ cấu tạo: tại vị trí bản gối lên dầm chính, gối lên tường, được bố trí vuông góc với gối theo suốt chiều dài gối. Lượng thép này $\geq 1/3$ lượng thép chịu lực và $\geq 5\phi 6/1\text{m}$ dài, được kéo dài qua mép gối $\geq 1/4$ nhịp bản.

d Bố trí cốt thép dầm:

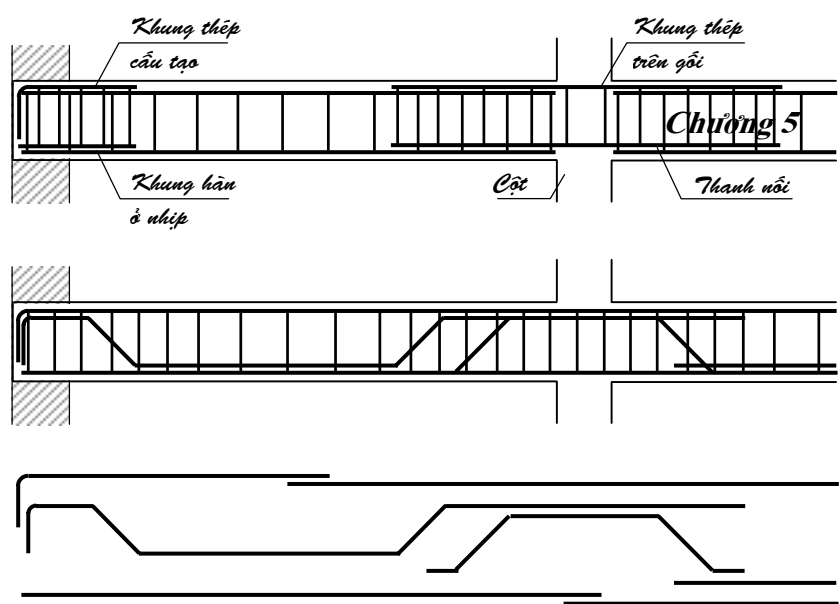
Cốt thép dầm tốt nhất là dùng khung hàn:

- + Giữa nhịp dùng các khung phẳng được kéo dài đến mép gối.
- + Trên gối dầm phụ có thể đặt các lưới thép để chịu mô men âm (do vướng khung thép chịu lực ở nhịp của dầm chính), còn với dầm chính để chịu mô men âm có thể bố trí các khung hàn (xuyên qua các khung thép của cột).



Nếu dùng khung buộc:

- + Giữa nhịp bố trí cốt dọc chịu mô men dương ở mép dưới, vào gần gối có thể uốn 1 phần thép lên để chịu mô men âm, thép còn lại kéo vào gối ≥ 2 thanh.
- + Trên gối, ngoài các thanh uốn từ nhịp lên, phải đặt thêm một số thanh đủ theo yêu cầu, ra xa gối tiến hành cắt bớt cốt thép theo BDB mô men.



3. SÀN SƯỜN TOÀN KHỐI CÓ BẢN KÊ 4 CẠNH:

3.1 Sơ đồ kết cấu:

Sàn gồm bản sàn và hệ sườn đúc liền khối,

Tỉ lệ các cạnh của ô bản $\frac{l_2}{l_1} \leq 2$ (thường lấy 1-1.5),

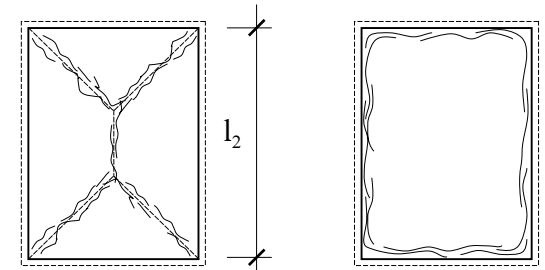
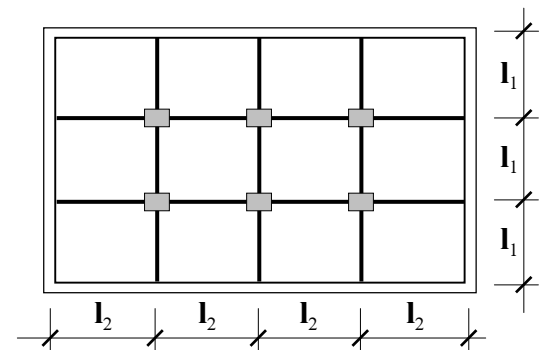
kích thước các cạnh $l_1, l_2 = 4 - 6\text{m}$.

Chiều dày bản $h_b \geq \frac{1}{50} l_1$;

Xét một ô bản kê 4 cạnh chịu tải trọng phân bố đều tăng dần, biến dạng của bản:

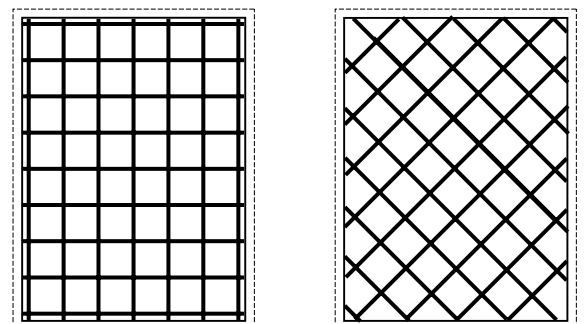
+ Mặt dưới của bản: Xuất hiện các vết nứt theo phương đường phân giác các góc, còn ở giữa bản có các vết nứt theo phương cạnh dài.

+ Mặt trên: Nếu các cạnh là ngàm cứng thì có các vết nứt chạy vòng theo chu vi, nếu kê tự do thì các góc bản sẽ bị vênh lên.



Mặt dưới

Mặt trên



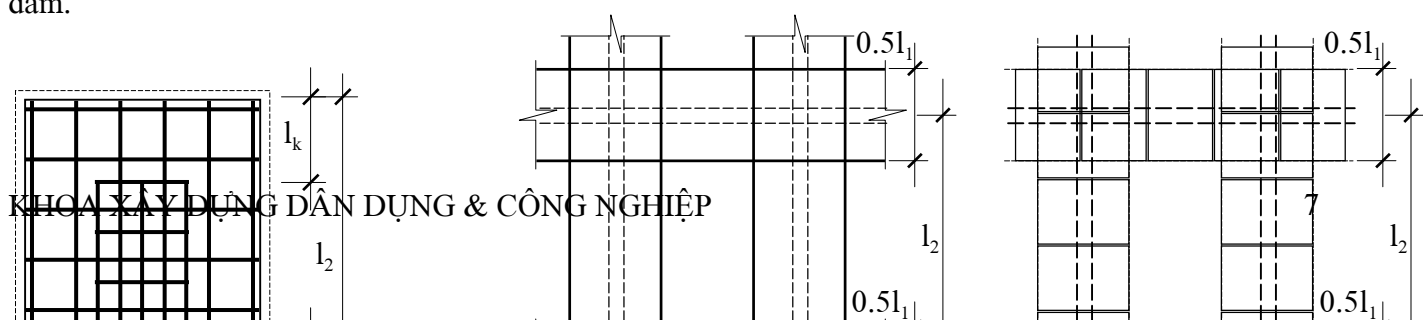
3.2 Bố trí thép bản:

Bố trí các lưới thép, cốt thép có thể song song với các cạnh hoặc theo phương xiên (chéo vuông góc với các vết nứt), hiệu quả chịu lực như nhau, tuy nhiên với lưới có cốt thép song song với các cạnh thì công đơn giản hơn.

Nên dùng các lưới hàn:

+ Giữa nhịp sử dụng các lưới có cốt chịu lực theo 2 phương. Có 2 cách bố trí thép này: Đặt thép đều (dùng 1 lưới thép) và đặt thép không đều (dùng 1 lưới chính cho toàn ô bản và 1 lưới phụ đặt giữa ô bản).

+ Trên gối: dùng lưới thép có cốt chịu lực theo phương vuông góc với các sườn, bề rộng của lưới lấy bằng $0.5l_1$. (có thể dùng lưới hẹp với cốt ngang chịu lực, nếu lưới rộng có cốt dọc chịu lực được trải vuông góc với dầm).



Nếu dùng lưới buộc: + Giữa nhịp đặt theo tính toán, vào gần gối (dày biên l_k) có thể giảm.
+ Trên gối: có thể uốn 1/2 $\rightarrow$ 2/3 lượng thép ở nhịp lên, và đặt thêm cốt mũ xen kẽ đủ yêu cầu.

3.3 Tính bản kê 4 cạnh theo sơ đồ dẻo:

Sơ đồ tính:

Theo kết quả quan sát sự làm việc của kê 4 cạnh, khi ở trạng thái CBGH theo các khe nứt sẽ hình thành khớp dẻo, chia bản thành các miếng cứng (như vậy có thể xem bản như gồm các miếng cứng nối với nhau bởi các khớp dẻo).

- Mô men khớp dẻo: $M_{kd} = R_a \cdot F_a \cdot Z$;

M_{kd} là mô men khớp dẻo trên 1 đơn vị dài,

F_a diện tích cốt thép trên 1 đơn vị dài,

Z là cánh tay đòn nội lực ($Z \approx 0.9h_0$).

Nếu cạnh kê tự do thì mô men trên cạnh đó = 0.

Tính bản theo PP động lực học dựa trên nguyên lý cân bằng công khả dĩ của nội và ngoại lực:

$$W_q = W_M. \quad (5 - 16)$$

Công khả dĩ của ngoại lực:

$$W_q = \int_F y \cdot q \cdot dF = q \cdot \int_F y \cdot dF = q \cdot V; \quad (5 - 17)$$

Với V là thể tích của hình khối tạo bởi mặt phẳng bản ban đầu và

các miếng cứng ở trạng thái CBGH, $V = f \cdot l_1 \cdot \frac{3 \cdot l_2 - l_1}{6}$;

Công khả dĩ của nội lực: $W_M = \sum \varphi_i \cdot M_i \cdot l_i$; $(5 - 18)$

Theo cấu tạo ta có 2 cách bố trí thép ở nhịp, do đó mô men khớp dẻo cũng khác nhau:

Khi bố trí thép đều:

$$W_M = \sum \varphi_i \cdot M_i \cdot l_i = (2\varphi \cdot M_1 + \varphi \cdot M_1 + \varphi \cdot M_1') \cdot l_2 + (2\varphi \cdot M_2 + \varphi \cdot M_{II} + \varphi \cdot M_{II}') \cdot l_1;$$

$$\text{Vì } \varphi \text{ khá bé nên: } \varphi \approx \tan \varphi = \frac{2f}{l_1} \Rightarrow W_M = \frac{2f}{l_1} \cdot [(2M_1 + M_1 + M_1') \cdot l_2 + (2M_2 + M_{II} + M_{II}') \cdot l_1];$$

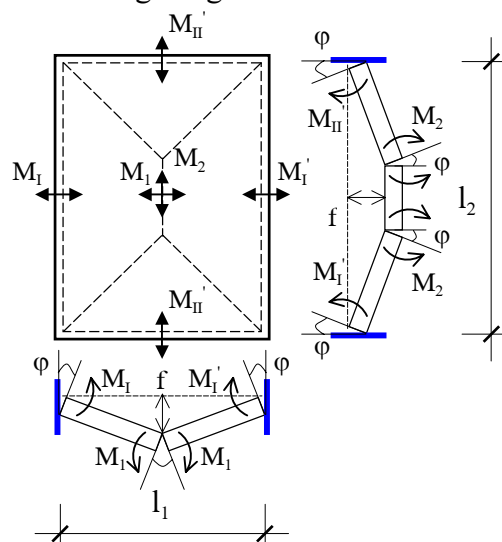
$$\text{Từ (5 - 16)} \Rightarrow q \cdot l_1^2 \cdot \frac{3 \cdot l_2 - l_1}{12} = (2M_1 + M_1 + M_1') \cdot l_2 + (2M_2 + M_{II} + M_{II}') \cdot l_1; \quad (5 - 19)$$

Khi bố trí thép không đều: cốt thép chịu mô men dương giữa nhịp gấp đôi dày biên nên:

$$W_M = 2\varphi \cdot M_1 \cdot (l_2 - 2l_k) + 2\varphi \cdot \frac{M_1}{2} \cdot 2 \cdot l_k + (M_1 + M_1') \cdot \varphi \cdot l_2 + 2\varphi \cdot M_2 \cdot (l_1 - 2l_k) + 2\varphi \cdot \frac{M_2}{2} \cdot 2 \cdot l_k + (M_{II} + M_{II}') \cdot \varphi \cdot l_1;$$

$$\text{Từ (5 - 16)} \Rightarrow q \cdot l_1^2 \cdot \frac{3 \cdot l_2 - l_1}{12} = (2M_1 + M_1 + M_1') \cdot l_2 + (2M_2 + M_{II} + M_{II}') \cdot l_1 - 2 \cdot (M_1 + M_2) \cdot l_k; \quad (5 - 20)$$

Trong các phương trình (5 - 19) & (5 - 20) có chứa 6 mô men cần tìm, có thể lấy M_1 làm ẩn số, còn các mô



men còn lại được biểu diễn qua M_I với các hệ số được chọn theo điều kiện để hình thành khớp dẻo:

$\alpha = \frac{l_2}{l_1}$	$a_2 = \frac{M_2}{M_1}$	$a_I = \frac{M_I}{M_1}; a'_I = \frac{M'_I}{M_1}$	$a_{II} = \frac{M_{II}}{M_1}; a'_{II} = \frac{M'_{II}}{M_1}$
1,0 - 1,5	1,0 - 0,3	2,5 - 1,5	2,5 - 0,8
1,5 - 2,0	0,5 - 0,15	2,0 - 1,0	1,3 - 0,3

3.4 Tên vai cấu tạo dầm:

Tải trọng từ bản truyền vào dầm như sau:

- Theo phương cạnh ngắn dạng tam giác, giá trị lớn nhất là $q.l_1$;
- Theo phương cạnh dài dạng hình thang, giá trị lớn nhất là $q.l_1$;
- Trọng lượng bản thân dầm là g ;

Có thể tính nội lực theo sơ đồ dầm hồi hoặc dẻo:

Theo sơ đồ dẻo:

+ Mô men ở nhịp biên và gối thứ 2:

$$M = \pm (0,7.M_0 + \frac{g.l^2}{11}); \quad (5 - 21)$$

+ Mô men ở nhịp giữa và gối giữa:

$$M = \pm (0,5.M_0 + \frac{g.l^2}{16}); \quad (5 - 21)$$

M_0 là mô men lớn nhất trong dầm đơn giản tương ứng.

Với tải trọng phân bố tam giác: $M_0 = \frac{q.l_1.l^2}{12};$

Với tải trọng phân bố hình thang: $M_0 = \frac{q.l_1.l^2}{24} \cdot (3 - 4.\beta^2);$

Trong đó: $\beta = \frac{l_1}{2.l_2};$

+ Lực cắt trong dầm:

Tại gối thứ nhất: $Q_A = Q_0 - \frac{M_B}{l};$ Tại bên trái gối thứ 2: $Q_B^r = Q_0 + \frac{M_B}{l};$

Tại các gối giữa: $Q_B^{ph} = Q_C^r = Q_C^{ph} = .. = Q_0;$

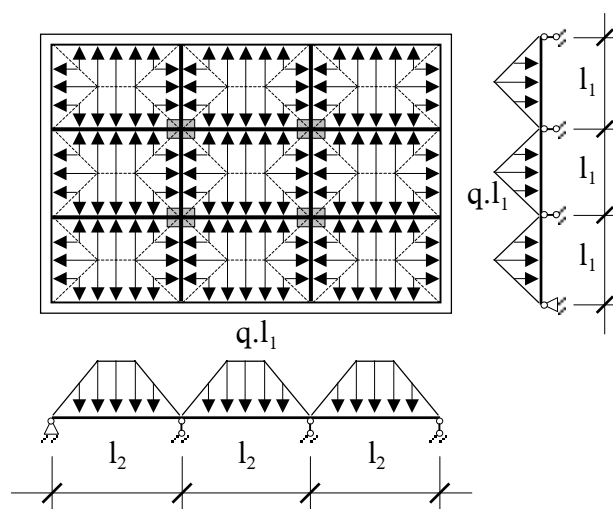
Trong đó Q_0 là lực cắt của dầm đơn giản, M_B là mô men tại gối B (thứ 2);

Theo sơ đồ đàn hồi:

Tính như dầm đàn hồi với các PP của CKC. Có thể qui đổi tải trọng thành phân bố đều để đơn giản tính toán:

Với dạng tam giác: $q_{td} = 5/8.q_d;$

Với dạng hình thang: $q_{td} = (1 - 2.\beta^2 + \beta^3)q_d;$



4. SÀN SƯỜN PANEN LẮP GHÉP:

4.1 Sơ đồ kết cấu:

Sàn gồm:

- Pa nen kê lên dầm hoặc tường;
- Khoảng cách giữa các dầm (nhịp của panen) $l_p = (2,8 \rightarrow 6,8)m$;
- Nhịp dầm $l_d = (4 \rightarrow 7,2)m$;

4.2 Cấu tạo panen:

a Panen đặc:

Có thể 1 lớp hoặc nhiều lớp (gồm 1 lớp BTCT chịu lực và lớp cách âm, nhiệt).

Chiều dày $h = 80 \rightarrow 150$.

Ưu điểm: Dễ sản xuất, nhanh, liên kết đơn giản, chiều dày sàn thấp.

Nhược điểm: Tốn VL, cách âm kém.

b Panen có lỗ:

Có thể 1 hoặc nhiều lỗ, mặt cắt các lỗ có thể hình thang, chữ nhật, tròn, bầu dục..

Chiều cao tùy thuộc chiều dài (nhịp).

Chiều dài (nhịp) $= (2,5 \rightarrow 4,5)m$.

Bề rộng $= (45 \rightarrow 60)cm$ loại 1 lỗ; $(90 \rightarrow 120)cm$ loại nhiều lỗ;

Bề dày cánh $= (2 \rightarrow 3)cm$ tùy thuộc vùng nén hay kéo.

Bề dày sườn $= (2,5 \rightarrow 5)cm$.

Ưu điểm: Tạo được trần và sàn phẳng. Cách âm, cách nhiệt tốt, ít tốn VL.

Nhược điểm: Khó chế tạo.

c Panen sườn:

Gồm bản và sườn. Thường có 2 sườn dọc và các sườn ngang cách nhau $(1,5 \rightarrow 2,5)m$.

Sườn ngang có kích thước bé hơn sườn dọc, sườn có thể phía trên hoặc phía dưới (*sườn phía dưới bản nằm trong vùng nén sẽ hợp lý về mặt chịu lực, sườn phía trên sẽ có được trần phẳng..*)

Chiều dày cánh $50 \rightarrow 60$ khi sườn phía dưới;

$30 \rightarrow 35$ khi sườn phía trên;

4.3 Tính toán panen:

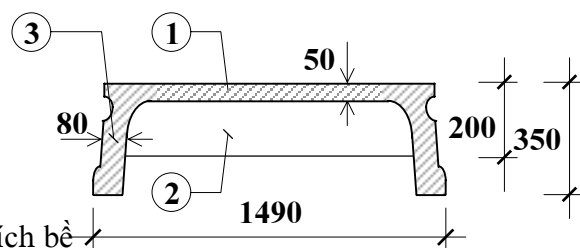
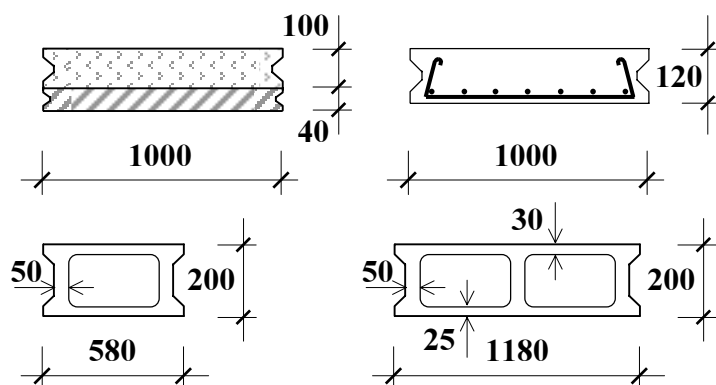
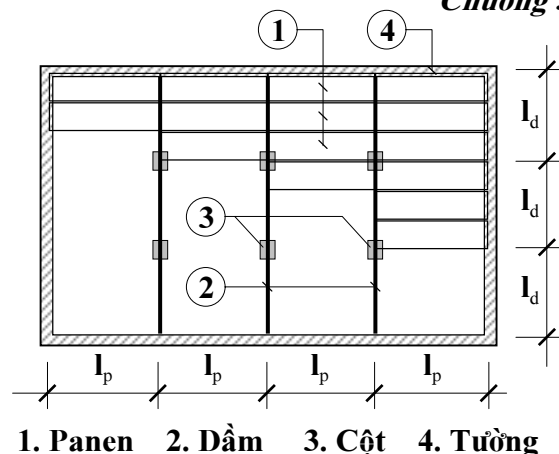
a Tính uốn tổng thể:

Sơ đồ tính: Coi panen như 1 dầm đơn giản kê tự do lên dầm.

Nhịp tính toán: Lấy bằng khoảng cách trọng tâm các gối.

Tải trọng: Gồm tĩnh tải và hoạt tải phân bố của sàn trên diện tích bề mặt panen đang xét (*đưa về thành tải trọng phân bố trên dầm bằng tải trọng sàn nhân bề rộng panen*).

Tiết diện tính toán: Để tính khả năng chịu uốn của panen, qui đổi TD panen về các dạng đơn giản như chữ I, chữ T.



Tính toán cốt thép:

- Cốt dọc chịu mô men bố trí trong vùng kéo.
- Cốt đai chịu cắt bố trí trong sườn (với panen đặc tính theo khả năng chịu cắt của BT).

b Tính uốn cục bộ:

(với panen sườn hoặc panen có lỗ)

Tính bản chịu uốn: Xem bản liên kết đàn hồi với sườn, tính như bản kê 4 cạnh hoặc loại dầm.

Tính sườn ngang: Như dầm đơn giản kê tự do lên các sườn dọc.

Khi thiết kế panen, có thể chọn chiều cao panen theo công thức sau:

$$h = \frac{c \cdot l_0 \cdot R_a}{E_a} \cdot \frac{g^c \cdot \theta + p^c}{q^c};$$

Trong đó: g^c là tải trọng tiêu chuẩn tác dụng dài hạn (trên $1m^2$ sàn).

p^c là tải trọng tiêu chuẩn tác dụng ngắn hạn. Tải trọng toàn phần $q^c = g^c + p^c$;

θ là hệ số xét đến sự giảm độ cứng do tải trọng dài hạn;

($\theta = 2$ với panen có lỗ, $\theta = 1,5$ với panen sườn có cánh trong vùng nén).

c là hệ số thực nghiệm $c = 18 \rightarrow 20$ với panen có lỗ, $c = 30 \rightarrow 34$ với panen sườn.

(với thép AII trở lại chọn c lớn, với thép mác cao chọn c bé)

c Kiểm tra độ võng:

Tính như cầu kiện chịu uốn (sẽ được xét đến trong phần tính theo TTGH thứ 2).

Tính với TD qui đổi thành dạng chữ T, chữ I tương đương, qui đổi theo qui tắc sau: Các lỗ tròn đổi thành lỗ vuông lỗ bầu dọc đổi thành lỗ chữ nhật. Giữ nguyên vị trí trọng tâm, diện tích và mô men quán tính của TD.

4.4 Cấu tạo cốt thép của panen:

Dùng khung và lưới hàn:

- Cốt thép chịu lực theo tính uốn tổng thể là các khung phẳng bố trí trong sườn.
- Trong bản (cánh) đặt các lưới thép.

Khi chiều dày lớn đặt 2 lớp, chiều dày bé đặt 1 lớp ở giữa.

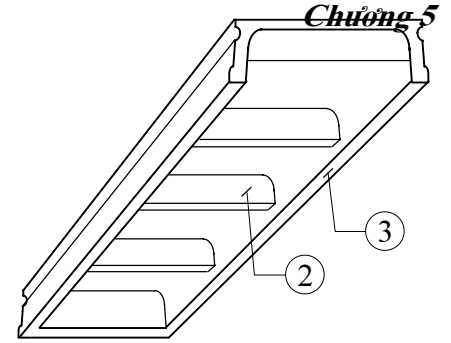
4.5 Cấu tạo và tính toán dầm:

Tuỳ yêu cầu chịu lực, cách gác panen mà chọn TD dầm: chữ nhật, chữ T cánh ở dưới hay ở trên,...

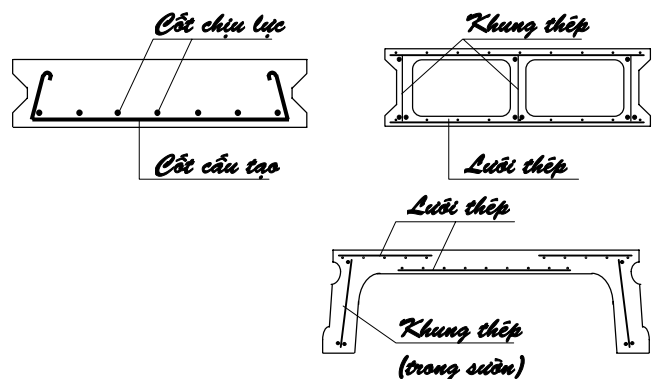
Tải trọng gồm tải từ panen truyền xuống (với panen đặc, panen hộp là tải phân bố, panen sườn là tải trọng tập trung tại vị trí các sườn dọc), trọng lượng bản thân dầm.

Cấu tạo và tính toán cốt thép như dầm của sàn toàn khối.

Với dầm lắp ghép cần kiểm tra khả năng chịu lực khi vận chuyển, cấu lắp.



1. Bản 2. Sườn ngang 2. Sườn dọc

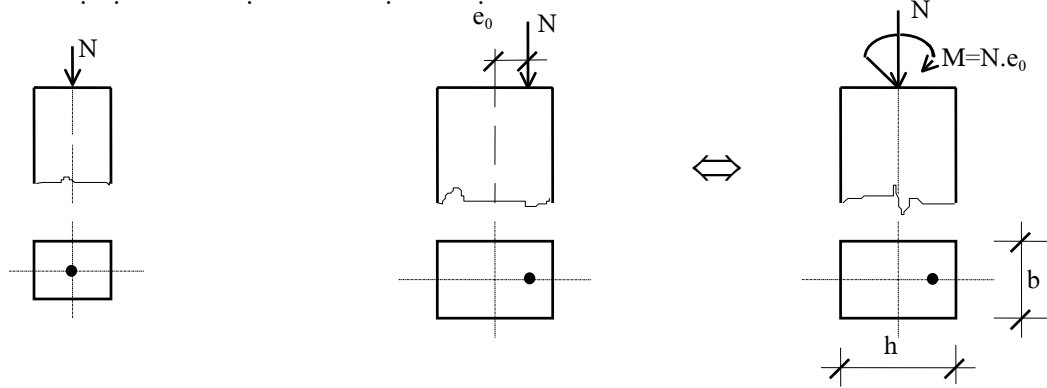


CẤU KIỆN CHỊU NÉN.

1. CẤU TẠO:

Cấu kiện chịu nén thường gặp trong cột của khung nhà, trong thân vòm, thanh dầm, v.v.. Lực nén N tác dụng theo phương trục dọc của cấu kiện.

- Khi lực nén trùng với trọng tâm TD ngang cấu kiện: nén trung tâm.
- Khi lực nén đặt lệch so với trục của cấu kiện: nén lệch tâm.



1.1. Tiết diện ngang :

Đối với cấu kiện chịu nén trung tâm thường dùng tiết diện vuông, chữ nhật, tròn, hay đa giác đều..

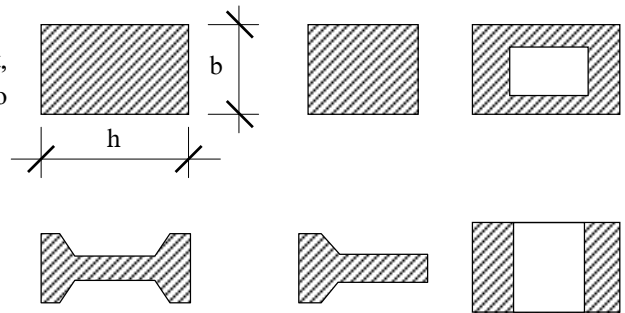
Cấu kiện chịu nén lệch tâm thường dùng tiết diện chữ nhật, chữ T, chữ I, cột rỗng hai nhánh, vành khuyên... (Chiều cao TD là cạnh // mặt phẳng uốn).

Tỉ số $h/b = 1.5 - 3$;

Diện tích TD có thể chọn sơ bộ: $F_b = \frac{k \cdot N}{R_n}$

Trong đó:

- N : lực dọc tính toán.
- $k=0,9 \div 1,1$ khi nén trung tâm.
- $k=1,2 \div 1,5$ khi nén lệch tâm.



Khi chọn kích thước TD nên chú ý đến điều kiện ổn định của cấu kiện. Độ ổn định được đặc trưng qua độ mảnh λ :

Với TD bất kỳ: $\lambda = \frac{l_0}{r} \leq \lambda_0$

Với TD chữ nhật: $\lambda = \frac{l_0}{b} \leq \lambda_{0b}$ (b là cạnh bé của TD)

λ_0, λ_{0b} : độ mảnh giới hạn.

Đối với cột nhà $\lambda_0 = 120, \lambda_{0b} = 31$

Đối với cấu kiện khác $\lambda_0 = 200, \lambda_{0b} = 52$

Trong đó: l_0 là chiều dài tính toán của cấu kiện tùy thuộc vào điều kiện liên kết hai đầu cấu kiện ...

1.2. Cấu tạo cốt thép :

Cốt thép dọc chịu lực có $\phi 12 \div 40$. Khi $b > 200$ thì nên dùng $\phi \geq 16$.

Hàm lượng cốt thép trên tiết diện của cấu kiện nén trung tâm:

$$\mu_{\min} \leq \mu_t = \frac{F_a}{F} 100\% \leq 3\% ;$$

Cấu kiện chịu nén lệch tâm: $F_a \neq F_a'$ và $F_a = F_a'$ (Đối xứng).

$$\mu = \frac{F_a}{F_b} 100\%; \quad \mu' = \frac{F'_a}{F_b} 100\%;$$

$$\mu_{\min} \leq \mu + \mu' \leq 3,5\%$$

Thường $\mu_t = \mu + \mu' = 0,5\% \div 1,5\%$.

$\mu_{\min}$ đối với cấu kiện chịu nén lệch tâm:

$$\mu_{\min} = 0,05 \text{ khi độ mảnh } \lambda \leq 17 \text{ hoặc } \lambda_h \leq 5.$$

$$= 0,1 \quad 17 < \lambda \leq 35 \text{ hoặc } \lambda_h \leq 10.$$

$$= 0,2 \quad 35 < \lambda \leq 83 \text{ hoặc } \lambda_h \leq 24.$$

$$= 0,25 \quad \lambda > 83.$$

Đối với cấu kiện chịu nén trung tâm thì tính λ theo cạnh bé và $\mu_{\min}$ lấy giá trị gấp đôi giá trị trên.

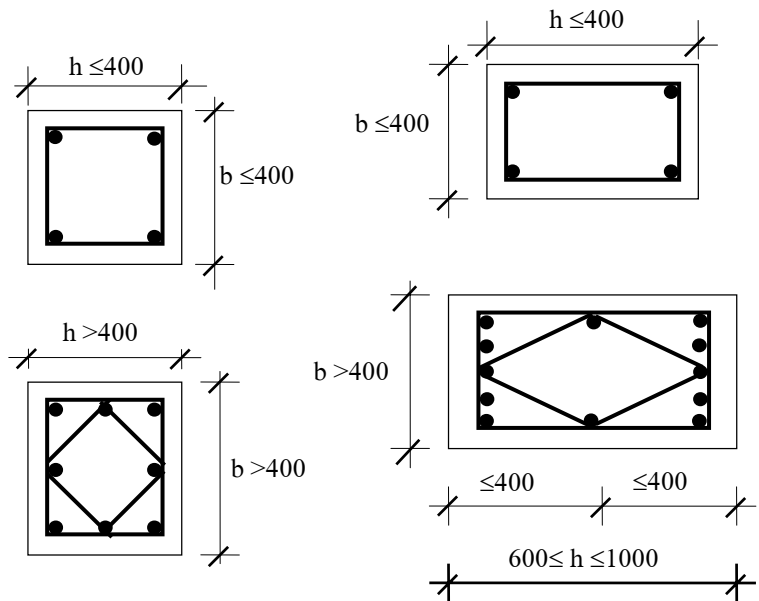
* Bố trí cốt thép dọc:

Khi chiều cao $h > 500$ thì với cấu kiện chịu nén lệch tâm cần bố trí cốt dọc cấu tạo trên cạnh h : $d \geq 12$ và khoảng cách giữa chúng ≤ 400 .

Cốt đai: Vai trò của cốt đai rất quan trọng: ổn định cho cốt dọc chịu nén, định vị cốt dọc khi thi công, chịu lực cắt, chịu các ứng suất do co ngót và thay đổi nhiệt độ. Ngoài ra cốt đai còn có tác dụng tăng khả năng chịu nén của BT (hạn chế biến dạng nở ngang của BT).

Đường kính cốt đai $\geq \phi 5$, $\geq 0,25d$ cốt dọc max, khoảng cách các cốt đai $\leq 15d$ cốt dọc chịu nén min. Trong đoạn nối buộc cốt dọc thì khoảng cách cốt đai $\leq 10d$ dọc min. Thường cốt đai không tính toán mà chỉ đặt theo cấu tạo, chỉ khi nào lực cắt lớn mới tính.

Khi có yêu cầu độ bền cao hoặc tính dẻo cao, các thanh cốt dọc chịu lực được bố trí trong một đường tròn và cốt đai vuông góc được thay bằng cốt đai uốn thành hình xoắn ốc với độ nghiêng khoảng $35-85^\circ$. Các cột có cốt đai xoắn thường có TD tròn, cũng có thể vuông hoặc đa giác đều cạnh.



2. TÍNH TOÁN CẤU KIỆN CHỊU NÉN TRUNG TÂM

2.1. Sơ đồ ứng suất:

Xét 1 thanh BTCT chịu nén trung tâm cho đến khi bị phá hoại:

- Ứng suất trong BT đạt R_n ;
- Ứng suất trong cốt thép đạt R'_a ;

2.2. Căng thảõ cẩ bẩn:

$$\text{Điêu kiện cẩng độ: } N \leq \varphi \cdot (R_n \cdot F_b + R'_a \cdot F_{at}). \quad (6-1)$$

Trong đó:

N : Lực dọc tính toán.

F_b : Diện tích làm việc BT, khi $\mu_1 \leq 3\%$ thì $F_b = F$.

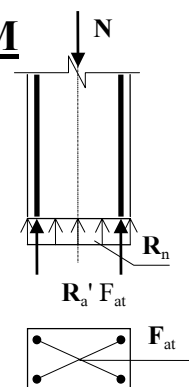
$\mu_1 > 3\%$ thì $F_b = F - F_{at}$.

R_n : cường độ chịu nén bê tông.

Chú ý hệ số điều kiện làm việc m_b của BT khi xác định R_n $m_b = 0,85$: Đổ BT theo phương đứng.

$m_b = 0,85$ khi cạnh lớn TD < 300 .

φ : Hệ số uốn dọc tra bảng phụ thuộc $\lambda = l_0/r$, $\lambda_b = l_0/b$.



2.3. Tính toán tiết diện:

Bài toán 1: Biết kích thước tiết diện F , chiều dài tính toán l_0 , lực dọc N , mác bê tông loại cốt thép. Tính F_{at} ?

Giải: - Tính $\lambda = l_0/r$ (Hay $\lambda_b = l_0/b$) $\xrightarrow{\text{tra bảng}}$ φ .

$$\text{- Tính } F_{at} = \frac{\frac{N}{\varphi} - R_n F}{R_a} \quad (6-2)$$

- Kiểm tra hàm lượng cốt thép: $\mu_{\min} \leq \mu_t = \frac{F_{at}}{F} 100 \leq 3\%$

+ Nếu $\mu_t < \mu_{\min}$ thì nên giảm kích thước tiết diện, hoặc lấy $F_{at} = \mu_{\min} \cdot F$ để bố trí cho TD.

+ Nếu $\mu_t > 3\%$ thì tăng kích thước tiết diện hoặc tăng mác BT. Nếu không tăng được thì lấy $F_b = F - F_{at}$ để tính lại F_{at} và khi $\mu_t > 3\%$ thì phải đặt cốt đai dày hơn.

Bài toán 2: Kiểm tra khả năng chịu lực tiết diện. Biết kích thước TD, F_{at} , l_0 , mác bê tông, loại thép. Tính $[N]$?

Giải: - Tính $\lambda \rightarrow \varphi$ thay vào công thức cơ bản (6-1) để tính $[N]$.

- So sánh khả năng chịu lực của tiết diện với nội lực tính toán $N \leq [N]$.

3. CẤU KIỆN CHỊU NÉN LỆCH TÂM

3.1. Độ lệch tâm ngẫu nhiên:

Độ lệch tâm ban đầu $e_{o1} = M/N$.

Độ lệch tâm ngẫu nhiên e_{ng} do sai lệch kích thước, vị trí khi thi công, do cốt thép bố trí không đối xứng, do BT không đồng nhất ...

Độ lệch tâm tính toán $e_0 = e_{o1} + e_{ng}$.

Độ lệch tâm ngẫu nhiên e_{ng} lấy theo thực tế, nếu chưa có số liệu thực tế thì lấy:

- $e_{ng} < 1/25h$ (chiều cao TD).
- < 2 cm đối với cột và tấm có chiều dày ≥ 25 cm.
- $< 1,5$ cm đối với cột và tấm có chiều dày $15 \div 25$ cm.
- < 1 cm đối với cột và tấm có chiều dày ≤ 15 cm.

3.2. Các trường hợp lệch tâm:

Trường hợp lệch tâm lớn: Khi M lớn, N nhỏ $\rightarrow e_{o1} = M/N$ tương đối lớn. Tiết diện ngang phân ra hai vùng kéo nén rõ rệt. Sự phá hoại bắt đầu từ vùng kéo giống cấu kiện chịu uốn có cốt kép (nếu cốt thép hợp lý). Trường hợp này xảy ra khi $x \leq \alpha_0 h_0$.

Thực tế lấy lệch tâm lớn khi $e_0 \geq e_{onh}$ (Độ lệch tâm giới hạn)

Trường hợp lệch tâm bé: Khi N lớn, M bé $\rightarrow e_{o1}$ tương đối bé, tiết diện ngang cấu kiện chịu nén toàn bộ hoặc có một phần nhỏ chịu kéo. Sự phá hoại thường xảy ra từ miền chịu nén lớn. Khi bị phá hoại: $x > \alpha_0 h_0$.

Thực tế $e_0 < e_{ogh}$.

Độ lệch tâm giới hạn: $e_{ogh} = 0,4 (1,25h - \alpha_0 h_0)$. (6-3)

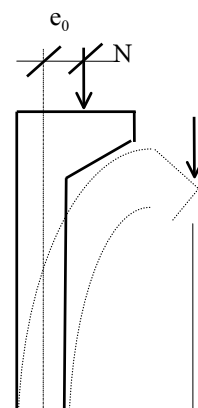
3.3. Ảnh hưởng của hiện tượng uốn dọc:

Xét 1 cấu kiện chịu nén lệch tâm: lực N lệch tâm e_0 làm cho cấu kiện bị võng, do độ võng mà độ lệch tâm e_0 tăng lên thành ηe_0 .

Độ lệch tâm ban đầu e_0 .

Độ lệch tâm cuối cùng ηe_0 .

Hệ số η xét đến ảnh hưởng của uốn dọc, theo tính toán ổn định:



$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{th}}} \quad (6 - 4)$$

Trong đó N_{th} : Lực dọc tối hạn của cấu kiện xác định theo công thức thực nghiệm:

$$N_{th} = \frac{6.4}{l^2} \left(\frac{S}{k_{dh}} E_b J_b + E_a J_a \right) \quad (6 - 5)$$

J_a, J_b : Mô men quán tính của toàn bộ diện tích cốt thép dọc, và của tiết diện BT đối với trục qua trọng tâm TD và vuông góc với mp uốn.

S: Hệ số kể đến ảnh hưởng độ lệch tâm ban đầu.

- $e_0 < 0.05 h$ lấy $S=0.84$.

- $e_0 > 5 h$ lấy $S=0.122$.

$$- 0.05h < e_0 < 5h \text{ lấy } S = \frac{0.11}{0.1 + \frac{e_0}{h}} + 0.1 \quad (6 - 6)$$

k_{dh} : Hệ số kể đến ảnh hưởng của tải trọng dài hạn theo công thức thực nghiệm:

$$k_{dh} = 1 + \frac{M_{dh} + N_{dh} \cdot y}{M + N \cdot y} \quad (6 - 7)$$

y: kh/cách từ trọng tâm TD đến mép chịu kéo hay chịu nén bé khi chịu tải trọng toàn phần.

M, N: Nội lực do toàn bộ tải trọng gây ra.

M_{dh}, N_{dh} : Phần nội lực do tải trọng dài hạn gây ra.

Nếu M_{dh} ngược chiều với M thì M_{dh} mang dấu (-).

Khi tính ra $k_{dh} < 1$ thì lấy $k_{dh}=1$ để tính.

Khi $l_0/r \leq 28$ (hoặc $l_0/h \leq 8$) thì bỏ qua ảnh hưởng uốn dọc.

3.4. Tính toán cấu kiện có tiết diện chữ nhật:

a. Trường hợp lệch tâm lớn:

a) Sơ đồ ứng suất:

Gọi e là khoảng cách từ điểm đặt N đến trọng tâm cốt thép F_a ;

Gọi e' là khoảng cách từ điểm đặt N đến trọng tâm cốt thép F_a' ;

Theo sơ đồ bên thì:

$$e = \eta e_0 + 0.5h - a \quad (6 - 8)$$

- Ứng suất trong BT vùng nén đạt R_n phân bố dạng CN.

- Ứng suất trong cốt thép chịu nén F_a' là R_a' .

- Ứng suất trong cốt thép chịu kéo F_a là R_a .

(Ta thấy rằng sơ đồ ứng suất giống như cấu kiện chịu uốn đặt cốt kép).

b) Công thức cơ bản:

$$\sum X = 0: N = R_n b \cdot x + R_a' F_a' - R_a F_a \quad (6 - 9)$$

$$\sum M_{F_a} = 0: N e \leq R_n b \cdot x (h_0 - 0.5x) + R_a' F_a' (h_0 - a'). \quad (6 - 10)$$

Hay

$$N = \alpha R_n b \cdot h_0 + R_a' F_a' - R_a F_a.$$

$$N e \leq A R_n b \cdot h_0^2 + R_a' F_a' (h_0 - a').$$

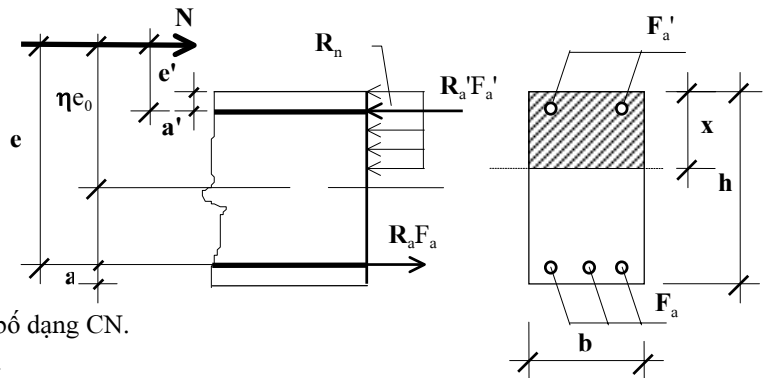
c) Điều kiện hạn chế:

- Để đến TTGH ứng suất trong cốt thép chịu kéo $F_a \rightarrow R_a$: thì $\alpha \leq \alpha_0$ hay $A \leq A_0$.

- Để ứng suất trong cốt thép chịu nén F_a' đạt đến R_a' : $x \geq 2a'$.

d) Các bài toán áp dụng:

Bài toán 1: Biết b, h, M, N, R_n , R_a , R_a' , l_0 . Tính F_a , F_a' ?



Giải:

Để xác định hệ số uốn dọc η phải giả thiết hàm lượng cốt thép μ_t :

$$\mu_t \% = \frac{F_a + F_a'}{F} 100 = (0,8 \div 1,2) \%$$

Tính η theo (6-4) $\rightarrow$ Tính e theo (6-8).

Bài toán với 2 ptinh (6-9) & (6-10) chứa 3 ẩn: F_a , F_a' và x . Tương tự trường hợp cấu kiện chịu uốn đặt cốt kép loại bớt ẩn bằng cách chọn trước $x = \alpha_0 h_0$. (Tức là đã tận dụng hết khả năng chịu lực vùng nén).

$$F_a' = \frac{N.e - A_0 R_n b.h_0^2}{R_a'(h_0 - a')} \quad (6-11)$$

$$F_a = \frac{\alpha_0 R_n b.h_0 - N}{R_a} + \frac{R_a'}{R_a} F_a' \quad (6-12)$$

Sau khi tính được cốt thép phải kiểm tra lại so với cốt thép giả thiết ban đầu có xấp xỉ không nếu sai lệch nhiều phải giả thiết lại để tính lại và phải so sánh $> \mu_{min}$.

Bài toán 2: Biết $b, h, M, N, R_n, R_a, R_a', l_0$ và F_a' . Tính F_a ?

Giải:

Cũng giả thiết μ_t để tính η và e .

$$\text{Theo (6-10) tính } A = \frac{N.e - R_a' F_a'(h_0 - a')}{R_n b.h_0^2} \quad (6-13)$$

Nếu: $A > A_0$ Tức F_a' quá ít, xem F_a' chưa biết, tính lại như bài toán 1.

Nếu: $A \leq A_0 \xrightarrow{\text{tra bảng}} \alpha$

$$\text{Nếu: } \frac{2.a'}{h_0} \leq \alpha \leq \alpha_0 \text{ thì } F_a = \frac{\alpha.R_n b.h_0 - N}{R_a} + \frac{R_a'}{R_a} F_a' \quad (6-14)$$

Nếu: $\alpha < \frac{2.a'}{h_0}$ Tức ứng suất trong F_a' chưa đạt R_a' , xem trọng tâm vùng nén trùng với trọng tâm F_a' :

$$\sum M_{F_a'} = 0: \quad N.e' \leq R_n F_a (h_0 - a'). \quad (6-15)$$

$$\Rightarrow F_a = \frac{N.e'}{R_n (h_0 - a')}; \quad (6-16)$$

$$\text{Trong đó } e' = \eta e_0 - 0.5h + a'. \quad (6-17)$$

Bài toán 3: Khi đặt cốt thép đối xứng ($F_a = F_a'$). Biết $b, h, l_0, M, N, R_n, R_a, R_a'$. Tính $F_a = F_a'$?

Giải:

Giả thiết μ_t để tính η và e như bài toán 1.

Khi đặt cốt thép đối xứng $F_a = F_a'$ và với loại cốt thép thường $R_a = R_a'$ thì (6-9) trở thành:

$$N = R_n b.x \quad \text{Suy ra} \quad x = \frac{N}{R_n b} \quad (6-18)$$

$$\text{Nếu: } 2a' \leq x \leq \alpha_0 h_0 \text{ từ (6-10): } F_a = F_a' = \frac{N.(e - h_0 + 0.5x)}{R_a'(h_0 - a')} \quad (6-19)$$

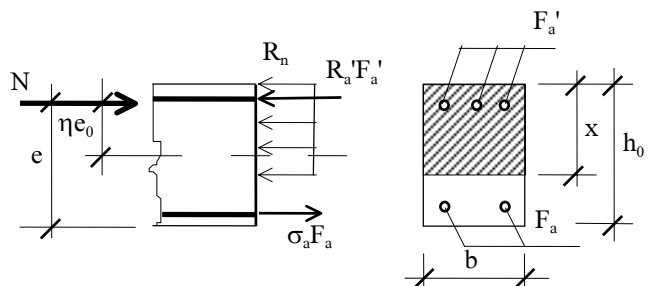
Nếu: $x < 2a'$ tính $F_a = F_a'$ theo (6-16).

Nếu: $x > \alpha_0 h_0$ tính theo lệch tâm bé.

b. Trường hợp lệch tâm bé:

a) Sơ đồ ứng suất:

Tùy theo độ lệch tâm e_0 và cấu tạo cốt thép mà trên tiết diện hoặc có một vùng chịu kéo bé hoặc toàn bộ tiết diện chịu nén.

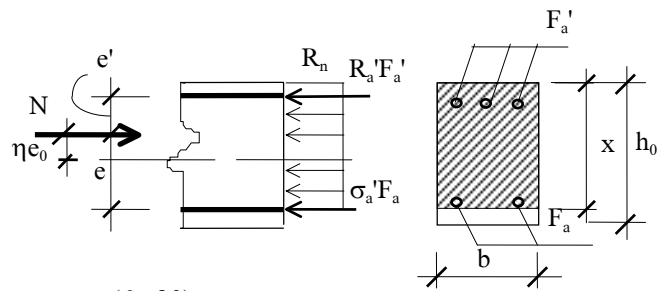


Biểu đồ ứng suất trong BT có dạng đường cong nhưng để đơn giản tính toán người ta đổi thành hình chữ nhật có chiều cao vùng nén x .

Ứng suất trong F_a' đạt R_a'

Ứng suất trong F_a chỉ đạt σ_a kéo hoặc nén.

Khi e_0 khá bé thì F_a chịu nén, nếu F_a khá bé thì $\sigma_a' \rightarrow R_a'$.



b) Công thức cơ bản:

$$\sum M_{Fa} = 0: Ne \leq R_n b x (h_0 - 0.5x) + R_a' F_a' (h_0 - a'). \quad (6-20)$$

(Hình thức thì giống trên nhưng $x > \alpha_0 h_0$).

$$\sum M_{Fa'} = 0: Ne' \leq R_n b x (0.5x - a') \pm \sigma_a F_a (h_0 - a'). \quad (6-21)$$

$$\sum X = 0: N = R_n b x + R_a F_a \pm \sigma_a F_a. \quad (6-22)$$

Dấu (+) khi F_a chịu nén, dấu (-) khi F_a chịu kéo.

$$e' = 0.5h - \eta e_0 - a'. \quad (6-23)$$

Khi tính e' có thể không kể đến e_{ng} hoặc nếu có thì lấy e_{ng} theo hướng làm $\uparrow e'$.

Từ sơ đồ ứng suất ta thấy rằng việc xác định σ_a và x cho các công thức trên cần phải lập thêm điều kiện về quan hệ giữa biến dạng và ứng suất. Với BTCT quan hệ này rất phức tạp, vì vậy để đơn giản có thể dùng một số công thức gần đúng sau:

$$\text{Khi } \eta e_0 \leq 0.2h_0 \text{ thì } x = h - \left(\frac{0.5h}{h_0} + 1.8 - 1.4\alpha_0 \right) \eta e_0. \quad (6-24)$$

$$\text{Khi } \eta e_0 > 0.2h_0 \text{ thì } x = 1.8(e_{0gh} - \eta e_0) + \alpha_0 h_0. \quad (6-25)$$

Nhưng không bé hơn $\alpha_0 h_0$ (nếu tính được $x < \alpha_0 h_0$ thì lấy $x = \alpha_0 h_0$).

c) Điều kiện hạn chế: $x > \alpha_0 h_0$.

d) Các bài toán áp dụng:

Bài toán 1: Biết $b, h, l_0, M, N, R_a, R_a', R_n$. Tính F_a, F_a' ?

Giải:

Giả thiết μ_t để tính η, e , và e' .

Tùy theo giá trị của ηe_0 mà xác định x theo (6-24) hoặc (6-25)

Biết x sẽ tính được F_a' theo (6-20):

$$F_a' = \frac{N \cdot e - R_n b x (h_0 - 0.5x)}{R_a' (h_0 - a')} \quad (6-26)$$

Khi $e_0 \geq 0.15h_0$ cốt thép F_a được đặt theo cấu tạo (F_a chịu kéo với ứng suất σ_a khá bé).

Khi $e_0 < 0.15h_0$ cốt thép F_a chịu nén với ứng suất đáng kể và phải được tính toán theo điều kiện (6-21):

$$F_a = \frac{N \cdot e' - R_n b x (0.5x - a')}{\sigma_a (h_0 - a')} \quad (6-27)$$

$$\text{Trong đó: } \sigma_0 = \left(1 - \frac{\eta \cdot e_0}{h_0} \right) \cdot R_a' \quad (6-28)$$

Kiểm tra lại $\mu_t \approx \mu_{gt}$.

Bài toán 2: Biết $b, h, l_0, M, N, R_a, R_n$. Tính cốt thép đối xứng $F_a = F_a'$?

Giải:

Giả thiết μ_t để tính η, e , e' .

$$\text{Tính chiều cao vùng nén } x = \frac{N}{R_n b}. \quad (\text{Giả sử rằng lệch tâm lớn})$$

Nếu $x \leq \alpha_0 h_0$: Trường hợp lệch tâm lớn (đã xét ở trên)

Nếu $x > \alpha_0 h_0$ thì tính lại x theo (6-24) hoặc (6-25) rồi tính $F_a = F_a'$ theo (6-26).

Kiểm tra hàm lượng cốt thép μ_t có phù hợp với giả thiết không và kiểm tra $\mu_t > \mu_{min}$.

c. Kiểm tra cường độ của cấu kiện:

Biết $b, h, l_0, R_a', R_a, R_n, F_a, F_a'$. Kiểm tra xem tiết diện có chịu được M, N không ?

Giải:

- Tính η theo (6-4).
- Xác định chiều cao vùng nén theo (6 - 9): (Giả sử rằng lệch tâm lớn)

$$x = \frac{N + R_a' F_a - R_a F_a'}{R_n \cdot b} \quad (6 - 29)$$

Nếu: $2a' \leq x \leq \alpha_0 h_0$ Lệch tâm lớn. Tính e theo (6 - 8) rồi kiểm tra theo điều kiện (6 - 10):

$$Ne \leq R_n b \cdot x (h_0 - 0.5x) + R_a' F_a' (h_0 - a').$$

Nếu $x < 2a'$ thì xác định e' theo (6 - 17) rồi kiểm tra theo (6 - 15):

$$Ne' \leq R_a F_a (h_0 - a').$$

Nếu $x > \alpha_0 h_0$: Lệch tâm bé. Tính lại x theo (6-24) hoặc (6-25), tính e theo (6 - 8), e' theo (6 - 23). Rồi kiểm tra theo điều kiện (6 - 20):

$$Ne \leq R_n b \cdot x (h_0 - 0.5x) + R_a' F_a' (h_0 - a').$$

Khi $x > 0,9 h_0$ thì kiểm tra thêm theo điều kiện (6 - 21):

$$Ne' \leq R_n b \cdot x (0,5x - a) \pm \sigma_a F_a (h_0 - a).$$

Với σ_a xác định theo (6 - 28)

$$\sigma_0 = \left(1 - \frac{\eta \cdot e_0}{h_0} \right) \cdot R_a'.$$

CẤU KIỆN CHỊU KÉO.

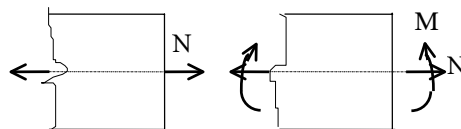
1. ĐẶC ĐIỂM CẤU TẠO

Cấu kiện chịu kéo thường gặp ở các thanh dầm chịu kéo, thanh treo và thanh căng của vòm thành bể chứa chất lỏng, thành bun ke, si lô, ống dẫn có áp, ...

Có hai trường hợp chịu kéo:

Kéo trung tâm: lực kéo trùng trục cấu kiện.

Kéo lệch tâm: lực kéo dọc trục và M.



- Cấu kiện chịu kéo trung tâm thường có tiết diện vuông hay chữ nhật. Cốt thép dọc được bố trí đối xứng theo chu vi tiết diện và $\mu_t = F_{at} / F \geq 0,4 \%$. Việc nối và neo cốt thép dọc chịu lực cần được chú ý: Phải nối hàn và neo vào vùng nén các bộ phận khác của cấu kiện. Cốt đai có $a < 50$ cm.

- Cấu kiện chịu kéo lệch tâm có F_a đặt ở vùng kéo nhiều, F_a' đặt ở vùng nén hoặc kéo ít.

Nếu lực kéo đặt trong phạm vi 2 cốt thép F_a & F_a' là trường hợp kéo lệch tâm bé. Cả 2 cốt thép F_a & F_a' đều chịu kéo, vì vậy cấu tạo thép giống như cấu kiện chịu kéo trung tâm.

Nếu lực kéo đặt ngoài phạm vi 2 cốt thép F_a & F_a' là lệch tâm lớn. Tiết diện sẽ có một vùng nén và một vùng chịu kéo rõ rệt giống như cấu kiện chịu uốn. Cấu kiện được cấu tạo như cấu kiện chịu uốn.

2. TÍNH TOÁN CẤU KIỆN CHỊU KÉO TRUNG TÂM

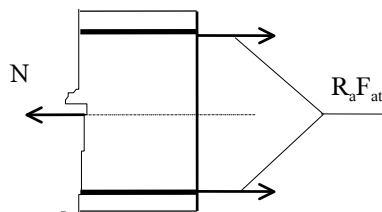
Sơ đồ ứng suất: Bê tông bị nứt, trên tiết diện toàn bộ lực kéo do cốt thép chịu.

Ở TTGH ứng suất trong $F_{at} \rightarrow R_a$.

Điều kiện cường độ: $N \leq R_a \cdot F_{at} \cdot (7 - 1)$

Suy ra lượng cốt thép cho TD: $F_{at} = \frac{N}{R_a}$.

Phải tính toán hạn chế bề rộng khe nứt.



3. TÍNH TOÁN CẤU KIỆN CHỊU KÉO LỆCH TÂM CÓ TIẾT DIỆN CHỮ NHẬT:

3.1. Trường hợp lệch tâm bé:

$$e_0 = \frac{M}{N} \leq 0.5h - a.$$

Sơ đồ ứng suất:

Bỏ qua khả năng chịu kéo của BT, toàn bộ lực kéo do cốt thép chịu.

Công thức cơ bản:

$$\sum M_{F_a} = 0: Ne \leq R_a \cdot F_a' (h_0 - a'). \quad (7 - 2)$$

$$\sum M_{F_a'} = 0: Ne' \leq R_a F_a (h_0 - a'). \quad (7 - 3)$$

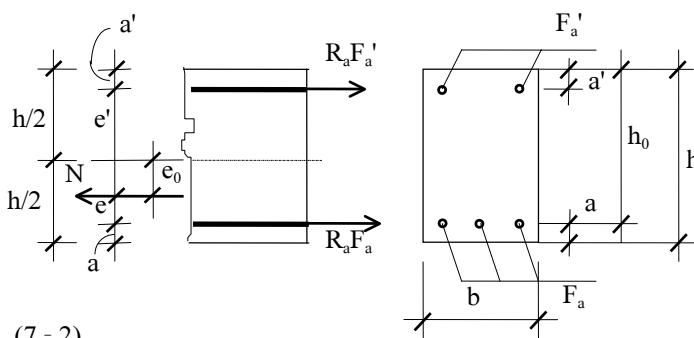
Trong đó: $e = 0.5h - e_0 - a$.

$$e' = 0.5h + e_0 - a'.$$

Từ hai công thức trên tính được F_a & F_a' .

$$F_a' = \frac{N \cdot e}{R_a \cdot (h_0 - a')} ; \quad F_a = \frac{N \cdot e'}{R_a \cdot (h_0 - a')} ;$$

Hàm lượng cốt thép μ & μ' phải $\geq \mu_{\min} = 0,1\%$.



3.2. Trường hợp lệch tâm lớn:

$$e_0 = \frac{M}{N} > 0.5h - a.$$

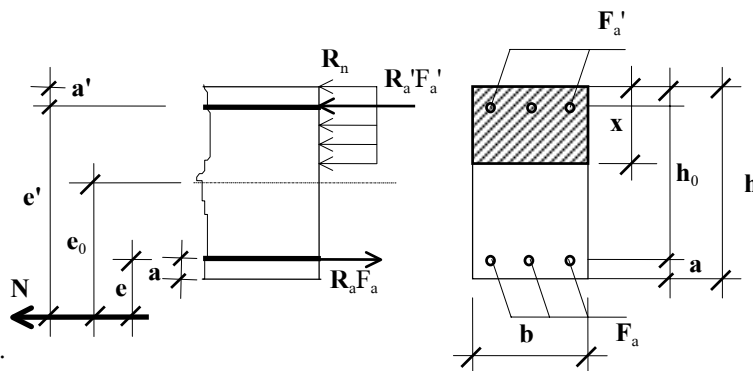
a. Sơ đồ ứng suất:

Phần TD gần phía lực dọc N sẽ chịu kéo. Ứng suất trong cốt chịu kéo F_a đạt R_a .

Phần TD phía kia sẽ chịu nén. Ứng suất trong BT vùng nén đạt R_n .

Ứng suất trong cốt chịu nén F_a' đạt R_a' .

Theo sơ đồ: $e = e_0 - 0.5h + a$ và $e' = e_0 + 0.5h - a'$.



b. Công thức cơ bản:

$$\sum M_{Fa} = 0 : N \cdot e \leq R_n \cdot b \cdot x (h_0 - 0.5x) + R_a' F_a' (h_0 - a'). \quad (7-4)$$

$$\sum X = 0 : N = R_a F_a - R_n b \cdot x - R_a' F_a'. \quad (7-5)$$

Biến đổi công thức cơ bản: đặt $\alpha = x/h_0$; $A = \alpha (1 - 0.5\alpha)$.

$$N = R_a F_a - \alpha R_n b \cdot h_0 - R_a' F_a'.$$

$$N \cdot e \leq \alpha R_n b \cdot h_0^2 + R_a' F_a' (h_0 - a').$$

c. Điều kiện hạn chế:

Tương tự cấu kiện chịu uốn, để xảy ra phá hoại dẻo: $x \leq \alpha_0 h_0$

để ứng suất trong F_a' đạt R_a' : $x \geq 2a'$.

d. Các bài toán áp dụng:

Bài toán 1: Biết $M, N, b, h, R_n, R_a, R_a'$. Tính F_a, F_a' ?

Giải: Bài toán có 3 ẩn: x, F_a, F_a' . Chọn trước $x = \alpha_0 h_0$ (Tận dụng hết khả năng vùng bê tông chịu nén). Tức $A = A_0$, từ (7-4) tính được:

$$F_a' = \frac{N \cdot e - A_0 R_n b \cdot h_0^2}{R_a' \cdot (h_0 - a')}; \quad (7-6)$$

Từ (7-5) tính được:
$$F_a = \frac{N + \alpha_0 R_n b \cdot h_0 + R_a' \cdot F_a'}{R_a}; \quad (7-7)$$

Bài toán 2: Biết $M, N, b, h, R_n, R_a, R_a', F_a'$. Tính F_a ?

Giải:

Từ (7-5) tính:
$$A = \frac{N \cdot e - R_a' \cdot F_a' (h_0 - a')}{R_n b \cdot h_0^2}; \quad (7-8)$$

Có $A \xrightarrow{\text{Tra bảng}} \alpha$.

Nếu $\frac{2a'}{h_0} < \alpha \leq \alpha_0$ tính F_a theo (7-5):

$$F_a = \frac{N + \alpha \cdot R_n b \cdot h_0 + R_a' \cdot F_a'}{R_a}; \quad (7-9)$$

Nếu $\alpha \leq \frac{2a'}{h_0}$ thì lấy $x = 2a'$ để tính. (Xem gần đúng rằng hợp lực vùng nén trùng với trọng tâm F_a'). Từ $\sum$

$$M_{Fa'} = 0 : N \cdot e' = F_a \cdot R_a (h_0 - a'); \quad (7-10)$$

$$\Rightarrow F_a = \frac{N \cdot e'}{R_a \cdot (h_0 - a')}. \quad (7-11)$$

Nếu $\alpha > \alpha_0$ chứng tỏ F_a' đã có là quá nhỏ, không đủ nên xem F_a' là chưa biết tính cả F_a & F_a' như bài toán 1.

- Bài toán 3:**
- Bài toán kiểm tra khả năng chịu lực.
 - Biết $b, h, F_a, F_a', R_n, R_a, R_a'$. Kiểm tra khả năng chịu lực tiết diện.

Giải:

Xác định chiều cao vùng BT chịu nén từ (7 - 5):

$$x = \frac{R_a \cdot F_a - R_a' \cdot F_a' - N}{R_n \cdot b} \quad (7 - 12)$$

Nếu $2a' \leq x \leq \alpha_0 h_0$: Thay x tính được vào kiểm tra cường độ theo điều kiện (7 - 4)

$$N \cdot e \leq R_n \cdot b \cdot x (h_0 - 0.5x) + R_a' F_a' (h_0 - a')$$

Nếu $x < 2a'$ thì kiểm tra cường độ theo điều kiện (7 - 10): $N \cdot e' \leq R_a \cdot F_a (h_0 - a')$.

Nếu $x > \alpha_0 h_0$ thì lấy $x = \alpha_0 h_0$ (Lượng thép F_a quá nhiều, sự phá hoại từ vùng nén nên kiểm tra theo khả năng của vùng nén), thay $x = \alpha_0 h_0$ hay $A = A_0$ vào (7 - 4):

$$N \cdot e \leq A_0 R_n \cdot b \cdot h_0^2 + R_a' F_a' (h_0 - a').$$

3.3. Tính cấu kiện chịu kéo lệch tâm theo lực cắt:

Dưới tác dụng của lực cắt và lực kéo sẽ làm BT dễ bị nứt nghiêng.

Để đảm bảo cường độ trên tiết diện nghiêng (theo ứng suất nén chính) cần phải đảm bảo điều kiện:

$$Q \leq k_0 R_n b \cdot h_0 \quad ; \quad (\text{Giống cấu kiện chịu uốn}).$$

Và nếu thỏa mãn điều kiện: $Q \leq k_1 R_k b \cdot h_0 - 0.2N \quad (7 - 13)$

$$k_1 = 0.6 \text{ Cấu kiện dạng thanh.}$$

$$k_1 = 0.8 \text{ Cấu kiện dạng bản.}$$

Thì không phải tính toán theo lực cắt mà cốt đai chỉ cần đặt theo cấu tạo.

Khi điều kiện (7 - 13) không thỏa mãn phải tính toán cốt đai.

$$\text{Điều kiện cường độ:} \quad Q \leq 2.8 \sqrt{(R_k \cdot b \cdot h_0 - 0.2N) \cdot h_0 \cdot q_d} \quad (7 - 14)$$

q_d : Tính như cấu kiện chịu uốn.

CẦU KIẾN CHỊU XOẮN.

1. KHÁI NIỆM CHUNG:

Trong thực tế thường gặp các cầu kiện chịu xoắn cùng với uốn: Cột chịu lực ngang đặt cách trục 1 đoạn, dầm có liên kết với bản một phía, các xà ngang của khung biên đỡ các dầm theo phương vuông góc với liên kết cứng..

Khả năng chịu xoắn của BTCT kém nên tuy mô men xoắn không lớn lắm vẫn có thể gây nguy hiểm.

Trong cầu kiện chịu xoắn sẽ xuất hiện các ứng suất kéo chính và ứng suất nén chính nghiêng góc 45° so với trục. Kết quả thí nghiệm cho thấy các vết nứt nghiêng xuất hiện khá sớm, sau khi bị nứt các ứng suất kéo chính do cốt thép chịu còn ứng suất nén chính do BT chịu.

Cầu kiện bắt đầu bị phá hoại khi ứng suất trong cốt thép đạt giới hạn chảy. Cầu kiện bị phá trên TD vành (TD không gian) gồm 3 phía chịu kéo và 1 phía chịu nén.

2. ĐẶC ĐIỂM CẤU TẠO:

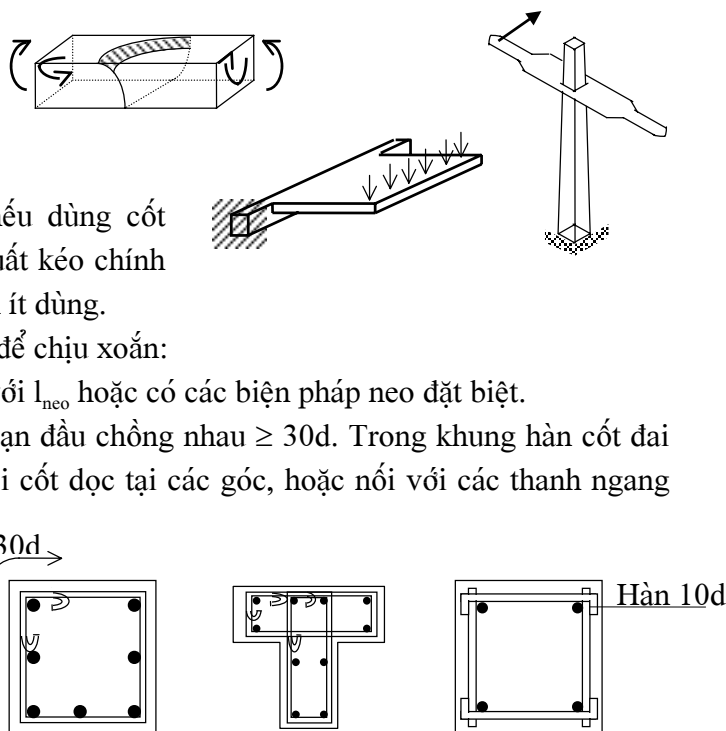
Trong cầu kiện chịu xoắn, cốt thép có tác dụng: chịu Mô men uốn, lực cắt và mô men xoắn.

Vì ứng suất kéo chính nghiêng 45° , nếu dùng cốt dạng lò xo đặt nghiêng 45° theo phương ứng suất kéo chính sẽ hiệu quả cao, nhưng do thi công phức tạp nên ít dùng.

Thường dùng cốt dọc đặt theo chu vi và cốt đai để chịu xoắn:

- Cốt dọc chịu xoắn cần được neo chắc với l_{neo} hoặc có các biện pháp neo đặt biệt.
- Cốt đai: Trong khung buộc phải có đoạn đầu chồng nhau $\geq 30d$. Trong khung hàn cốt đai tạo thành vòng kín, đầu mút được hàn điểm với cốt dọc tại các góc, hoặc nối với các thanh ngang thành vòng kín với chiều dài đoạn hàn $\geq 10d$.

Trong cầu kiện có TD chữ T.
I cần bố trí đai thành vòng kín trong sườn và cánh.



3. TÍNH CẦU KIẾN CÓ TIẾT DIỆN CHỮ NHẬT:

3.1. Đại cương và điều kiện hạn chế:

Trong cầu kiện chịu uốn xoắn có đồng thời 3 thành phần nội lực: Mô men uốn, lực cắt và mô men xoắn. Việc tính toán với cả đồng thời 3 thành phần nội lực nói trên là rất phức tạp, và cho đến nay vẫn chưa có phương pháp tính hoàn hảo.

Để tính toán thực tế, người ta xét cầu kiện trên làm việc dưới dạng một trong 2 sơ đồ sau:

- **Cầu kiện chịu mô men xoắn-Mô men uốn:** $M_x + M$.
- **Cầu kiện chịu mô men xoắn-Lực cắt:** $M_x + Q$.

Để đảm bảo cho cầu kiện chịu xoắn không bị phá hoại do BT giữa các khe nứt bị ép vỡ (khi cốt thép nhiều) do tác dụng của ứng suất nén chính, mọi cầu kiện chịu uốn xoắn phải thỏa điều kiện:

$$M_x \leq 0.1 R_n \cdot b^2 \cdot h ; \quad (8 - 1)$$

Trong đó b là cạnh bé của TD.

3.2. Tính toán theo sơ đồ $M_x + M$:

Xét 1 cấu kiện chịu uốn xoắn với M_x & M cho đến khi bị phá hoại:

a. Sơ đồ ứng suất:

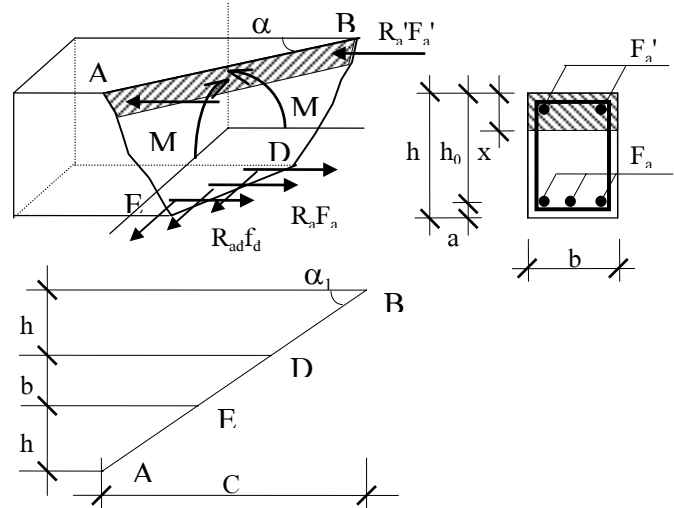
- TD vênh ABDE có cạnh chịu nén AB nghiêng với trục góc α , hình chiếu lên phương trục cấu kiện là C. Cạnh DE nghiêng với trục góc α_1 .

- Ứng suất trong BT vùng nén đạt R_n , theo phương vuông góc với cạnh AB.

- Ứng suất trong cốt dọc chịu kéo (trên cạnh DE) đạt R_a .

- Ứng suất trong cốt dọc chịu nén (trên cạnh AB) đạt R_a' .

- Ứng lực trong mỗi nhánh cốt đai là $R_{ad}f_d$ (chỉ xét trên cạnh DE, ảnh hưởng của các đai trên BD và AE không đáng kể).



(Sơ đồ ứng suất trên TD vênh gồm 2 vùng kéo và nén như cấu kiện chịu uốn).

b. Công thức cơ bản:

- Phương trình hình chiếu các lực lên phương trục cấu kiện:

$$R_a F_a - R_a' F_a' - R_n \cdot AB \cdot x \cdot \sin \alpha = 0$$

Mà $AB \cdot \sin \alpha = b$, Suy ra $R_a F_a - R_a' F_a' - R_n \cdot b \cdot x = 0 ; \quad (8 - 2)$

- Phương trình cân bằng mô men đối với trục đi qua trọng tâm vùng BT chịu nén và theo phương AB:

$$M \cdot \sin \alpha + M_x \cdot \cos \alpha = R_a F_a \cdot (h_0 - 0.5x) \cdot \sin \alpha + \sum R_{ad} f_d \cdot (h_0 - 0.5x) \cdot \cos \alpha ; \quad (8 - 2a)$$

Ta có: $\sum f_d = f_d \cdot \frac{b \cdot \cotg \alpha_1}{u} = f_d \cdot \frac{b}{u} \cdot \frac{C}{(2 \cdot h + b)}$; Đặt $\frac{R_{ad} \cdot f_d}{u} = q_d$; $(8 - 3)$

Từ (8 - 2a) & (8 - 3): $M_x \cdot \left(1 + \frac{M}{M_x} \tg \alpha \right) = R_a F_a \tg \alpha \cdot (h_0 - 0.5x) + q_d \cdot \frac{b \cdot C}{(2 \cdot h + b)} (h_0 - 0.5x)$

Với $\tg \alpha = \frac{b}{C}$;

Đặt $v = \frac{M}{M_x}$; $m_d = \frac{q_d}{R_a \cdot F_a (2 \cdot h + b)}$; $\left(= \frac{R_{ad} f_d}{R_a \cdot F_a (2 \cdot h + b) \cdot u} \right)$

Ta có điều kiện cường độ: $M_x \leq \frac{R_a F_a (h_0 - 0.5x) \cdot (1 + m_d \cdot C^2) \cdot b}{C + v \cdot b}$; $(8 - 4)$

Kết quả nguyên cứu cho thấy rằng giá trị m_d trong phạm vi: $m_0 \leq m_d \leq 3m_0$ $(8 - 5)$

Với $m_0 \leq \frac{1}{\left(2 + 4 \cdot v \sqrt{\frac{b}{2h + b}} \right) \cdot (2h + b) \cdot b}$ $(8 - 6)$

Nếu $m_d < m_0$ thì nhân $R_a F_a$ trong (8 - 2) & (8 - 4) với tỉ số m_d / m_0 ;

Trong công thức (8 - 4) giá trị C được xác định để về phải là nhỏ nhất (là điểm ứng với cực tiểu của về phải, có thể xác định theo giải tích hoặc bằng cách đúng dần), và $C \leq 2h + b$;

3.3. Tính toán theo sơ đồ $M_x + Q$:

Xét đoạn dầm chịu M_x & Q như hình vẽ.

a. Sơ đồ ứng suất:

Phá hoại trên TD vênh, vùng nén nằm theo cạnh bên AE tạo với trục góc α .

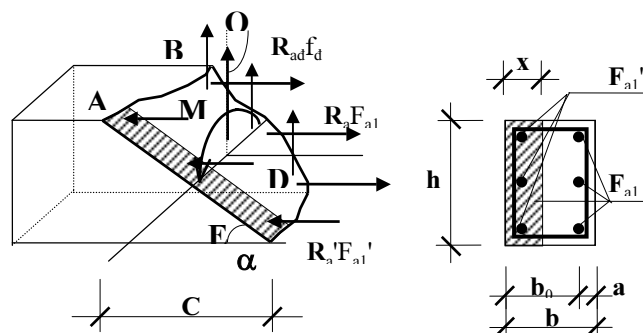
Hình chiếu cạnh chịu nén AE lên trục cầu kiện là C .

- Ứng suất trong BT vùng nén đạt R_n , theo phương vuông góc với cạnh AE.

- Ứng suất trong cốt dọc chịu kéo F_{a1} (trên cạnh BD) đạt R_a .

- Ứng suất trong cốt dọc chịu nén F_{a1}' (trên cạnh AE) đạt R_a' .

- Ứng lực trong mỗi nhánh cốt đai là $R_{ad} f_d$ (chỉ xét trên cạnh BD, ảnh hưởng của các đai trên AB và ED không đáng kể).



b. Công thức cơ bản:

Lập luận tương tự như trường hợp tính với sơ đồ M_x & M , từ các phương trình cân bằng ta có:

$$R_n \cdot AE \cdot x \cdot \sin \alpha = R_a F_{a1} - R_a' F_{a1}';$$

Mà $AE \cdot \sin \alpha = h$, Suy ra $R_n \cdot h \cdot x = R_a F_{a1} - R_a' F_{a1}';$ (8 - 7)

Và điều kiện cường độ:
$$M_x \leq \frac{R_a F_{a1} (b_0 - 0.5x) \cdot (1 + m_{d1} \cdot C^2) \cdot h}{\left(1 + \frac{Q \cdot b}{2 \cdot M_x}\right) \cdot C};$$
 (8 - 8)

Trong đó:
$$m_{d1} = \frac{R_{ad} f_d}{R_a \cdot F_{a1} (2 \cdot b + h) \cdot u}$$
 (8 - 9)

Với m_{d1} thỏa điều kiện: $m_0 \leq m_d \leq 3m_0$;

Xác định m_0 theo (8 - 6) nhưng hoán đổi vai trò của h & b .

Giá trị C được xác định để về phải của (8 - 8) cực tiểu. Và $C \leq 2b + h$;

Ngoài ra nếu thỏa mãn điều kiện: $M_x \leq 0.5 Q \cdot b$ (8 - 10)

thì có thể không cần kiểm tra điều kiện (8 - 8), mà kiểm tra theo điều kiện sau:

$$Q + \frac{3 \cdot M_x}{h} \leq Q_{db}$$
 (8 - 11)

Trong đó Q_{db} : Khả năng chịu cắt của cốt đai và BT (xác định như cấu kiện chịu uốn).

3.4. Vận dụng tính toán:

Tính toán cấu kiện chịu uốn-xoắn tương đối phức tạp, nên thường chỉ thực hiện với dạng bài toán kiểm tra.

Trình tự một bài toán kiểm tra:

- Kiểm tra điều kiện (8 - 1). Nếu không thỏa mãn phải tăng TD hoặc tăng mức BT.
- Tính sơ bộ cốt chịu kéo F_a theo mô men uốn M , rồi chọn thép tăng lên một ít.
- Theo lực cắt Q tính cốt đai, chọn cốt đai với khoảng cách bé hơn tính toán một ít.

- Sơ bộ bố trí cốt dọc, cốt đai. Bố trí thêm cốt dọc trên cạnh h (theo yêu cầu cấu tạo chịu xoắn).
- Tính m_d hoặc m_{d1} , kiểm tra với m_0 theo (8 - 5);
- Xác định chiều cao vùng BT chịu nén x theo (8 - 2) hoặc (8 - 7). Kiểm tra x theo các điều kiện hạn chế như cấu kiện chịu uốn. (Khi xác định x để đơn giản và an toàn có thể bỏ qua cốt thép chịu nén).
- Xác định giá trị C để vẽ phải (8 - 4) hoặc (8 - 8) bé nhất, so sánh giá trị bé nhất đó với M_x .

TÍNH TOÁN CẦU KIẾN BTCT THEO TRẠNG THÁI GIỚI HẠN THỨ II.

1. TÍNH ĐỘ VÔNG CẦU KIẾN CHIU UỐN

1.1. Khái niệm chung:

Đối với cầu kiến chịu uốn khi chịu tác dụng của tải trọng thì bị võng xuống. Kết cấu có độ võng lớn sẽ không thuận lợi cho việc sử dụng mặc dù nó chưa bị phá hoại. Đối các cầu kiến lắp ghép và những kết cấu sử dụng vật liệu cường độ cao, việc tính độ võng của cầu kiến càng cần được chú ý hơn để đảm bảo điều kiện sử dụng của kết cấu. (Về mặt vận hành máy móc, về mặt cấu tạo, về yêu cầu mỹ quan,...).

Các dầm có độ võng lớn hơn 1/250 nhịp thường có thể nhận thấy bằng mắt thường, nhất là độ võng của các dầm chĩa ra ngoài. Độ võng quá mức sẽ:

- Gây hư hỏng các thành phần phi kết cấu của công trình: nứt các tường ngăn, hư hỏng các cửa..
- Ảnh hưởng đến khả năng sử dụng bình thường của kết cấu: như khi phải dỡ các thiết bị có yêu cầu phải thẳng hàng, gây trở ngại cho sự thoát nước sàn..
- Hư hỏng các kết cấu: cầu kiến có độ võng quá mức có thể tiếp xúc với các cầu kiến khác thì quỹ đạo tải trọng (sự phân bố tải trọng vào các cầu kiến) sẽ thay đổi gây phá hoại.

Qui phạm quy định độ võng của cầu kiến khi làm việc bình thường phải nhỏ hơn độ võng cho phép đối với loại kết cấu đó.

	$f \leq [f].$	(9 - 1)
Trong đó:	- f: Độ võng lớn nhất của cầu kiến trong điều kiện làm việc bình thường.	
	- [f]: Độ võng cho phép của loại kết cấu đó. (Theo qui phạm).	
Thí dụ:	- Dầm cầu trục chạy điện.	$[f] = (1/600) L$
	- Sàn có trần phẳng, cầu kiến của mái.	
Khi	Nhịp $L \leq 6m.$	$[f] = (1/200) L.$
	$6m < L \leq 7,5m$	$[f] = 3cm.$
	$L > 7,5m$	$[f] = (1/250).L.$

* Chú ý:

- Khi tính độ võng thì dùng tải trọng tiêu chuẩn vì đó là tải trọng tác dụng lên kết cấu trong điều kiện làm việc bình thường. Khi nào có tải trọng vượt quá trị số tiêu chuẩn thì chỉ là nhất thời và khi tải trọng trở về trị số tiêu chuẩn thì độ võng cũng giảm đi.

- Vì bê tông có tính từ biến nên tải tác dụng dài hạn sẽ làm tăng độ võng của cầu kiến lên. Do đó cần phân biệt tải trọng tác dụng dài hạn và tải trọng tác dụng ngắn hạn. Tải trọng tác dụng dài hạn gồm trọng lượng bản thân và một phần tải trọng sử dụng. Theo tiêu chuẩn nhà nước về "Tải trọng và tác động TCVN 2737-95) đã đưa ra những qui định cụ thể.

Cầu kiến cần tính võng thường có khe nứt trong vùng kéo nên cơ sở tính toán là giai đoạn II của trạng thái ứng suất và biến dạng.

1.2. Độ cong trục dầm và độ cứng của dầm:

a. Khái niệm độ cong và độ cứng của dầm:

Việc tính độ võng của cầu kiến bằng vật liệu đàn hồi chúng ta đã gặp trong môn Sức bền Vật liệu (Như các phương pháp tính phân định hạn, phương pháp thông số ban đầu, phương pháp đồ toán, v.v..) hay trong cơ học kết cấu (Phương pháp đặt lực đơn vị, v.v..).

Xét dầm chịu uốn với tải trọng tăng dần: lúc đầu dầm cứng và không bị nứt, toàn bộ tiết diện bê tông chịu ứng suất (đường biến dạng là đoạn OA). Khi tải trọng tăng vết nứt xuất hiện, tại tiết diện bị nứt mô men quán tính giảm làm giảm rõ rệt độ cứng của dầm. Các đoạn dầm có xuất hiện vết nứt các nhiều, số vết nứt càng nhiều càng làm giảm độ cứng, độ võng của dầm tăng nhanh hơn.

Như vậy bắt đầu từ điểm A dầm có độ võng phi tuyến rõ rệt do sự giảm độ cứng khi tăng dần các vết nứt. Theo thời gian, độ võng tăng do tính từ biến của bê tông.

Theo Sức bền Vật liệu thì độ cong trực dầm được xác định theo phương trình vi phân đường đàn hồi:

$$\frac{1}{\rho} = \frac{M}{EJ}$$

Trong đó: $\frac{1}{\rho}$: Gọi là độ cong trực dầm.

- EJ: Độ cứng của dầm bằng vật liệu đàn hồi, đồng chất, đẳng hướng.

(Giải pt trình vi phân với các điều kiện biên ta được độ võng y).

Nhưng BTCT là vật liệu đàn hồi dẻo, không đồng chất, trong miền chịu kéo lại có khe nứt nên không thể biểu thị độ cứng của dầm bằng EJ được.

Với dầm BTCT cần xét đến sự thay đổi độ cứng do biến dạng dẻo và nứt. Mô men quán tính của dầm thay đổi từ tiết diện không nứt lớn hơn tiết diện bị nứt. Do sự thay đổi này mà việc tính toán độ võng của dầm BTCT trở nên không đơn giản.

Thường độ cứng của dầm BTCT được kí hiệu bằng chữ B và độ cong trực dầm được biểu thị bằng quan hệ sau:

$$\frac{1}{\rho} = \frac{M}{B} \quad (9 - 2)$$

b. Trạng thái ứng suất biến dạng của dầm sau khi xuất hiện khe nứt:

Xét một đoạn dầm chịu uốn. Sau khi xuất hiện khe nứt trạng thái US - BD thể hiện trên hình vẽ.

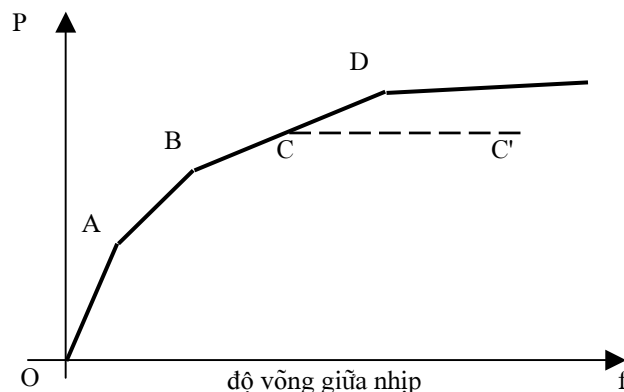
- Ứng suất trong cốt thép chịu kéo: Tại tiết diện có khe nứt toàn bộ lực kéo do cốt thép chịu. Ứng suất kéo trong cốt thép tại tiết diện có khe nứt là σ_a , ứng suất giảm dần vào khoảng giữa hai khe nứt vì có BT cùng tham gia chịu kéo.

- Ứng suất trong BT chịu kéo: Tại khe nứt ứng suất trong BT bằng không. Càng xa vết nứt, ứng suất trong BT tăng dần và lớn nhất tại khoảng giữa hai khe nứt và bằng σ_{bk} .

Do đó sau khi xuất hiện khe nứt thì trục trung hòa của dầm có dạng lượn sóng (Tức x biến thiên). Để tính toán người ta thay trục trung hòa thực tế bằng trục trung hoà trung bình với chiều cao vùng nén trung bình $\bar{x}$.

Bằng thực nghiệm người ta đã xác lập được quan hệ giữa x và $\bar{x}$.

$$x = \bar{x} \left(1 - \frac{0.7}{100\mu + 1} \right)$$

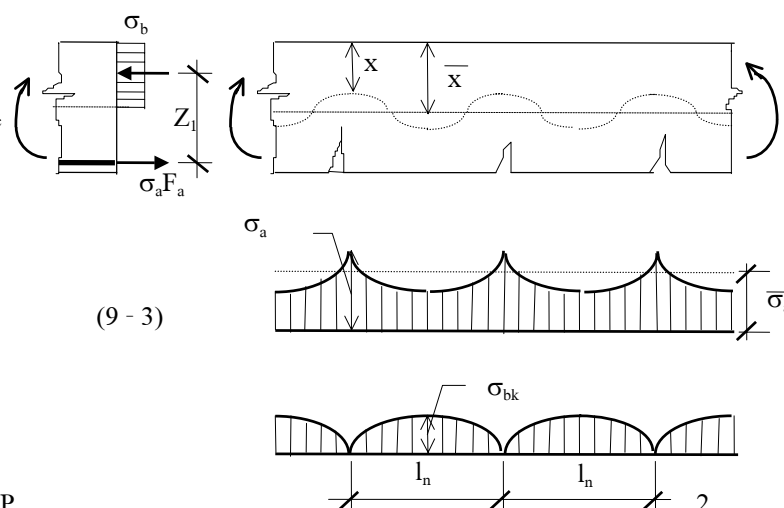


A: Thời điểm các đầu dầm bắt đầu bị nứt.

B: Bắt đầu có các vết nứt giữa nhịp.

D: Bắt đầu sự chảy dẻo tại các TD có mô men lớn.

C → C' độ võng tăng do từ biến với tải trọng dài hạn



$$\text{và } \overline{\sigma_b} = \psi_b \cdot \sigma_b \quad \text{Với } \psi_b \leq 1. (pxi) \quad (9 - 4)$$

$$\overline{\sigma_a} = \psi_a \cdot \sigma_a \quad \text{Với } \psi_a \leq 1. \quad (9 - 5)$$

Trong đó:

- ψ_b : Hệ số xét đến sự biến dạng không đồng đều của thớ BT chịu nén ngoài cùng dọc theo đoạn dầm đang xét (với BT nặng $\psi_b = 0.9$, khi chịu tải trọng rung động $\psi_b = 1$).

- ψ_a : Hệ số xét đến sự làm việc chịu kéo của BT nằm giữa hai khe nứt. Xác định bằng tính toán.

Mặt khác khi chấp nhận giả thiết tiết diện phẳng đối với dầm có chiều cao vùng nén $\bar{X}$ thì biến dạng tỉ đối trung bình của BT chịu nén ε_b và của cốt thép chịu kéo ε_a có quan hệ:

$$\left. \begin{aligned} \varepsilon_a &= \frac{\overline{\sigma_a}}{E_a} = \psi_a \frac{\sigma_a}{E_a} ; \\ \varepsilon_b &= \frac{\overline{\sigma_b}}{E_b} = \psi_b \frac{\sigma_b}{\nu \cdot E_b} \end{aligned} \right\} (9 - 6)$$

ν : là hệ số đàn hồi của BT vùng nén. Với BT nặng: $\nu = 0,45$ khi tải trọng tác dụng ngắn hạn, $\nu = 0,15$ khi tải trọng tác dụng dài hạn.

Tại tiết diện có khe nứt, biểu đồ ứng suất trong BT vùng nén được xem là hình chữ nhật. Xét cân bằng nội - ngoại lực ta có:

$$\sigma_a = \frac{M^c}{F_a Z_1} ; \quad \sigma_b = \frac{M^c}{F_b Z_1} \quad (9 - 7)$$

Trong đó:

- F_a : là diện tích cốt thép chịu kéo.

- F_b : là diện tích vùng bê tông chịu nén.

- Z_1 : Cánh tay đòn nội lực ngẫu lực tại tiết diện có khe nứt.

Nếu tiết diện có cốt thép chịu nén F_a' thì qui đổi F_a' thành diện tích BT tương đương.

$$\text{Khi đó: } \sigma_b = \frac{M^c}{F_{bqđ} Z_1} \quad (9 - 8)$$

$$\text{Với } F_{bqđ} = F_b + \frac{E_a}{E_b'} F_a' = F_b + \frac{n}{\nu} F_a'$$

c. Độ cong trực dầm và độ cứng của dầm:

Xét 1 đoạn dầm nằm giữa 2 khe nứt :

Khoảng cách 2 khe nứt bằng l_n , chiều cao vùng nén x , chiều cao làm việc h_0 , bán kính cong ρ .

Qua B kẻ $DC \parallel OA$; qua E kẻ $EF \parallel DC$:

$$ED = \varepsilon_b \cdot l_n; FG = (\varepsilon_b + \varepsilon_a) \cdot l_n.$$

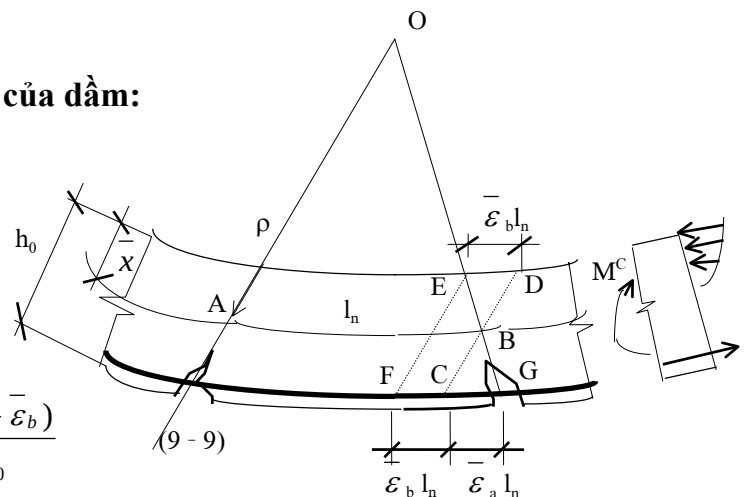
Xét 2 tam giác đồng dạng OAB và EFG:

$$\frac{l_n}{\rho} = \frac{(\varepsilon_a + \varepsilon_b) \cdot l_n}{h_0} \Rightarrow \frac{1}{\rho} = \frac{(\varepsilon_a + \varepsilon_b)}{h_0} \quad (9 - 9)$$

Thay (9 - 6), (9 - 7) vào (9 - 9) ta được:

$$\frac{1}{\rho} = \frac{M^c}{h_0 Z_1} \left(\frac{\psi_a}{E_a F_a} + \frac{\psi_b}{\nu \cdot E_b F_{bqđ}} \right) \quad (9 - 10)$$

So sánh (9 - 10) với (9 - 2), ta có:



$$B = \frac{h_0 Z_1}{\left(\frac{\psi_a}{E_a F_a} + \frac{\psi_b}{\nu \cdot E_b F_{bq\hat{a}}} \right)} \quad (9 - 11)$$

Nhìn vào công thức xác định B ta thấy độ cứng của dầm BTCT khác dầm bằng vật liệu đàn hồi, nó không những phụ thuộc vào đặc trưng hình học của TD mà còn phụ thuộc vào tải trọng (F_b có $x, \dots$) vào tính chất đàn hồi dẻo của BT. Muốn tăng B thì tăng h_0 là hiệu quả nhất. (Ngoài ra có thể tăng mác BT hay bề rộng tiết diện nhưng kém hiệu quả).

d. Tính các đặc trưng trong B:

a) Tính $F_{bq\hat{a}}$:

Diện tích miền BT chịu nén có kể đến cốt thép chịu nén trong TD chữ T (tổng quát):

$$F_{bq\hat{a}} = (b_c' - b) \cdot h_c' + \frac{n}{\nu} \cdot F_a' + b \cdot x. \quad (9 - 12)$$

$$F_{bq\hat{a}} = (\gamma' + \xi) \cdot b \cdot h_0.$$

$$\text{Với} \quad \gamma' = \frac{(b_c' - b)h_c' + \frac{n}{\nu} F_a'}{b \cdot h_0}; \quad \xi = \frac{x}{h_0}$$

ξ : Chiều cao tương đối của vùng BT chịu nén $\xi = \frac{x}{h_0}$ xác định theo công thức

$$\text{thực nghiệm:} \quad \xi = \frac{1}{1.8 + \frac{1 + 5(L + T)}{10\mu \cdot n}} \quad (9 - 13)$$

$$\text{Trong đó} \quad L = \frac{M^c}{R_n \cdot b \cdot h_0^2}; \quad T = \gamma' \left(1 - \frac{\delta'}{2} \right); \quad \delta' = \frac{h_c'}{h_0};$$

$$\mu = \frac{F_a}{b \cdot h_0}; \quad n = \frac{E_a}{E_b};$$

b) Tính Z_1 :

Cánh tay đòn nội ngẫu lực tại tiết diện có khe nứt. Nếu giả thiết sơ đồ ứng suất của miền BT chịu nén là hình chữ nhật thì dễ dàng tìm được Z_1 từ điều kiện:

$$Z_1 = \frac{S_{bq\hat{a}}}{F_{bq\hat{a}}} = \frac{S_b + \frac{n}{\nu} F_a' (h_0 - a')}{(\gamma' + \xi) \cdot b \cdot h_0} = \frac{(b_c' - b)h_c' \cdot \left(h_0 - \frac{h_c'}{2} \right) + b \cdot x \cdot \left(h_0 - \frac{x}{2} \right) + \frac{n}{\nu} F_a' (h_0 - a')}{(\gamma' + \xi) \cdot b \cdot h_0}$$

Viết lại theo các kí hiệu trên và $2a' \approx h_c'$ nên

$$Z_1 = \left[1 - \frac{\delta' \cdot \gamma' + \xi^2}{2 \cdot (\gamma' + \xi)} \right] h_0 \quad (9 - 14)$$

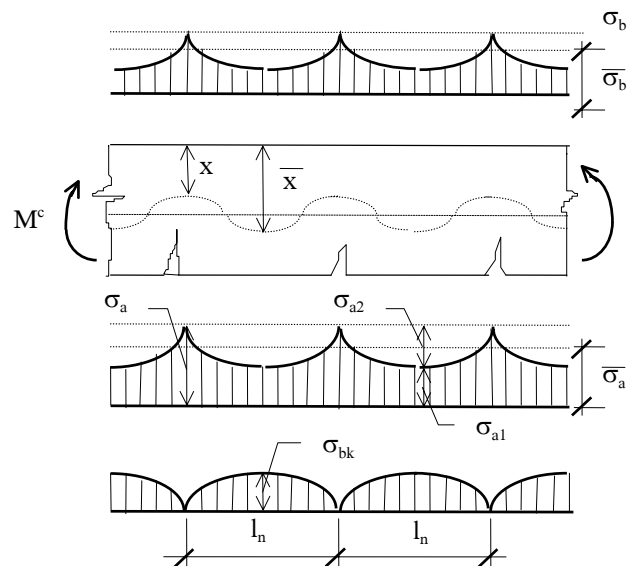
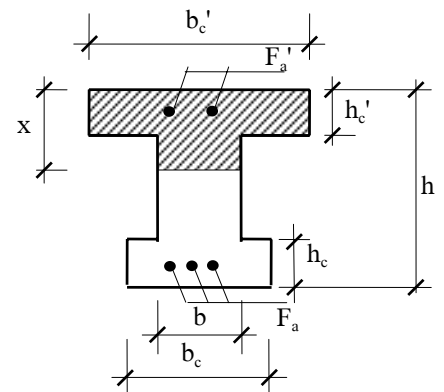
c) Tính ψ_a :

$$\text{Ta có:} \quad \psi_a = \frac{\sigma_a}{\sigma_a}$$

Từ sơ đồ ứng suất bên đây, có thể biểu diễn:

$$\sigma_a = \sigma_a - \omega_k \cdot \sigma_{a2};$$

Trong đó: $-\omega_k$ Hệ số điều chỉnh biểu đồ ứng suất trong cốt thép giữa 2 khe nứt.



Ta được:
$$\psi_a = 1 - \omega_k \cdot \frac{\sigma_{a2}}{\sigma_a}$$

Xét sự cân bằng giữa nội lực và ngoại lực ở trạng thái đang xét:

- Tại TD có khe nứt: $M^c = \sigma_a \cdot F_a \cdot Z_1$;
- Tại TD giữa 2 khe nứt: $M^c = M_a + M_b = \sigma_{a1} \cdot F_a \cdot Z + M_b$;

Suy ra: $\sigma_a \cdot F_a \cdot Z_1 = \sigma_{a1} \cdot F_a \cdot Z + M_b$;

Nếu lấy $M_b = \chi \cdot M_{bn}$, trong đó: (khi)

M_{bn} : mô men uốn do BT chịu được trước khi xuất hiện vết nứt $M_{bn} = R_{kc} \cdot W_{bn}$

W_{bn} : mô men kháng đàn hồi dẻo của tiết diện BT có xét đến biến dạng không đàn hồi của BT chịu kéo. Lấy Z_1

$$\approx Z \Rightarrow \sigma_{a2} \cdot F_a \cdot Z = M_b \Rightarrow \frac{\sigma_{a2}}{\sigma_a} = \frac{M_b}{M^c}$$

Ta được:
$$\omega_k \cdot \frac{\sigma_{a2}}{\sigma_a} = \omega_k \cdot \chi \cdot \frac{M_{bn}}{M^c} = \omega_{k\chi} \cdot \frac{M_{bn}}{M^c} \Rightarrow \psi_a = 1 - \omega_{k\chi} \cdot \frac{M_{bn}}{M^c} \quad (9 - 15)$$

Với $\omega_{k\chi} = 0.8$ đối với tải trọng tác dụng ngắn hạn.

$\omega_{k\chi} = 1.0$ đối với tải trọng tác dụng dài hạn.

* Tiêu chuẩn thiết kế cho phép dùng công thức thực nghiệm sau:

$$\psi_a = 1.25 - S \cdot \frac{R_{kc} W_n}{M^c} \leq 1 \quad (9 - 16)$$

Trong đó: S Hệ số phụ thuộc hình dạng mặt ngoài cốt thép và tải trọng tác dụng.

Tải trọng tác dụng ngắn hạn $S = 1,1$ thép gờ; $S=1,0$ thép trơn.

Tải trọng tác dụng dài hạn: $S = 0,8$ cho mọi loại thép.

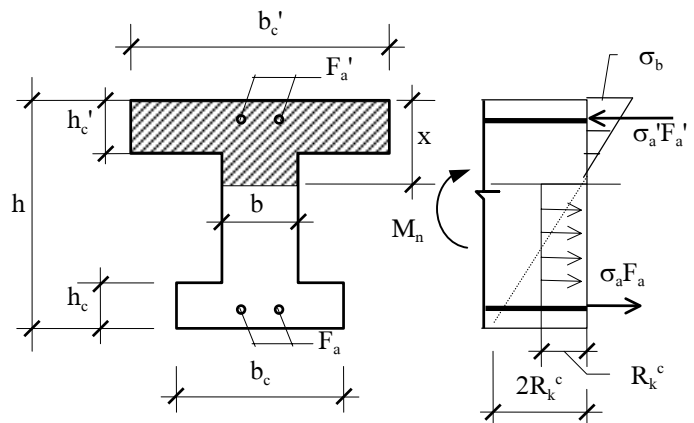
Khi tính ψ_a nếu $(R_{kc} \cdot W_n)/M^c > 1$ thì lấy bằng 1 để tính vì rằng cơ sở tính võng là giai đoạn II trạng thái ỨS - BD, tức là khi miền BT chịu kéo đã có khe nứt.

R_{kc} : Cường độ chịu kéo tiêu chuẩn của cốt thép.

* Tính W_n :

Ứng suất trên tiết diện khi sắp nứt như hình vẽ.

Ứng suất trong vùng BT chịu nén phân bố dạng hình tam giác có $\nu = 1$, vùng BT chịu kéo xem gần đúng hình chữ nhật có trị số bằng R_{kc} (do BT vùng kéo có biến dạng dẻo lớn, $\nu = 0,5$). Nếu kéo dài cạnh nghiêng hình tam giác vùng nén thì sẽ cắt mép ngoài chịu kéo 1 đoạn $2R_{kc}$).



Vậy ứng suất trong thớ BT chịu nén ngoài cùng (theo gthuyết TD phẳng)
$$\sigma_b = 2R_{kc} \cdot \frac{x}{h - x}$$

Từ phương trình cân bằng lực lên phương trục dầm ta có thể tìm được chiều cao vùng nén:

$$\xi = \frac{x}{h} = 1 - \frac{b \cdot h + 2 \cdot (1 - \delta'_c) F'_c + 2 \cdot (1 - \delta') \cdot n \cdot F'_a}{2 F_{bqđ} - F_c} \quad (9 - 17)$$

Trong đó: $F'_c = (b'_c - b) \cdot h'_c$; $F_c = (b'_c - b) \cdot h'_c$; $\delta'_c = h'_c/2h$; $\delta = a'/h$.

$$F_{bqđ} = bh + F'_c + F_c + n \cdot (F_a + F'_a).$$

Từ điều kiện cân bằng Mômen đối với trục song song và cách mép trên tiết diện 1 đoạn bằng $x/3$ rồi so sánh với biểu thức M_n trên ta được:

$$W_n = b \cdot (h - x) \cdot \left(\frac{h}{3} + \frac{x}{6} \right) + F_c \left(h - \frac{h_c}{2} - \frac{x}{3} \right) + \frac{2F'_c(x - 0,5h'_c)}{h - x} \cdot \left(\frac{x}{3} - \frac{h'_c}{2} \right) +$$

$$+ 2.n.F_a \cdot \left(h_0 - \frac{x}{3} \right) + 2.n.F_a' \cdot \left(\frac{x-a'}{h-x} \right) \cdot \left(\frac{x}{3} - a' \right); \quad (9-18)$$

Đối với tiết diện chữ nhật đặt cốt đơn ($F_a' = 0$)

$$\xi = \frac{x}{h} = 1 - \frac{b.h}{2.(b.h + n.F_a)} = 1 - \frac{1}{2.(1 + n.\mu_1)}$$

Trong đó $\mu_1 = \frac{F_a}{b.h}$.

Vậy:
$$W_n = b.(h-x) \cdot \left(\frac{h}{2} + \frac{x}{6} \right) + 2.n.F_a' \cdot \left(h_0 - \frac{x}{3} \right) \quad (7-19)$$

Trong tính toán thực tế có thể lấy gần đúng $\xi = 1/2$ thì

$$W_n = [0,292 + 0,75\gamma_1 + 0,15\gamma_1']b.h^2. \quad (7-20)$$

Trong đó: $\gamma_1 = \frac{(b_c - b).h_c + 2.n.F_a}{b.h}$; $\gamma_1' = \frac{(b_c' - b).h_c' + 2.n.F_a'}{b.h}$

Công thức gần đúng của W_n sai số không đáng kể khi $n.\mu_1 \leq 0,25$ và $\gamma_1' \leq 0,3$.

Khi tiết diện chữ nhật không đặt cốt thép thì $\xi = 1/2$, lúc đó W_n kí hiệu là :

$$W_{bn} = (7/24).b.h^2$$

(Tức Mômen kháng đàn hồi dẻo lớn hơn mômen kháng đàn hồi 7/4 lần).

Cũng có thể xác định W_n từ mômen kháng đàn hồi W_0 :

$$W_n = \gamma.W_0. \quad (7-21)$$

Trong đó γ là hệ số kể đến biến dạng không đàn hồi của BT vùng kéo và phụ thuộc vào hình dáng tiết diện, trị số γ có bảng tra.

1.3. Tính độ võng của dầm:

a. Dầm đơn giản có tiết diện không đổi:

Khi xác định B ta đã có nhận xét là B phụ thuộc vào mômen do ngoại lực gây ra, do đó B sẽ thay đổi dọc theo trục dầm cùng với sự thay đổi của mômen.

Nhưng như vậy sẽ rất phức tạp nên tiêu chuẩn thiết kế cho phép coi dầm đơn giản có tiết diện không đổi có độ cứng không đổi và bằng độ cứng nhỏ nhất $B_{\min}$. (Tức B theo tiết diện có $M_{\max}$).

Thí dụ đối với dầm đơn nhịp l , chịu q phân bố đều:

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{q.l^4}{EJ} = \frac{5}{48} \cdot \frac{M_{\max}^c}{B_{\min}} . l^2;$$

Khi chịu tải trọng bất kỳ thì độ võng được biểu diễn theo công thức tổng quát:

$$f = \beta \cdot \left(\frac{1}{\rho} \right)_{\max} . l^2 = \beta \cdot \frac{M_{\max}^c}{B_{\min}} . l^2; \quad (7-22)$$

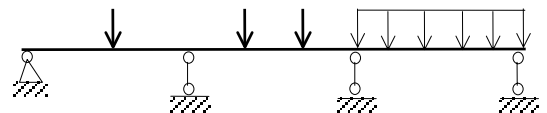
Trong đó β hệ số phụ thuộc vào sơ đồ dầm, dạng tải trọng.

b. Dầm liên tục:

Đối với dầm liên tục thì ta xem B không đổi trên từng đoạn có mômen cùng dấu và độ cứng được xác định theo mômen lớn nhất của đoạn dầm đó (lấy bằng độ cứng bé nhất).

Tương tự dầm đơn giản, trên mỗi đoạn dầm có mômen cùng dấu ta xem độ cong tỉ lệ với mômen:

$$\frac{1}{\rho} = \frac{M_i^c}{B_{i_{\min}}}$$



Công thức tổng quát để xác định độ võng của cầu kiện:

$$f = \int_0^l \overline{M}(x) \cdot \frac{1}{\rho}(x) \cdot dx ; \quad (7 - 23)$$

Trong đó:

$\overline{M}(x)$: Mô men tại TD có tọa độ x do tải trọng đơn vị đặt tại TD cần tính độ võng.

$\frac{1}{\rho}(x)$: Độ cong toàn phần của cầu kiện

tại TD có tọa độ x do tải trọng gây ra.

c. Độ võng toàn phần của dầm:

Theo tiêu chuẩn thiết kế, độ võng toàn phần của dầm chịu tải trọng tác dụng ngắn hạn và tải trọng tác dụng dài hạn được xác định theo công thức:

$$f = f_1 - f_2 + f_3. \quad (7 - 24)$$

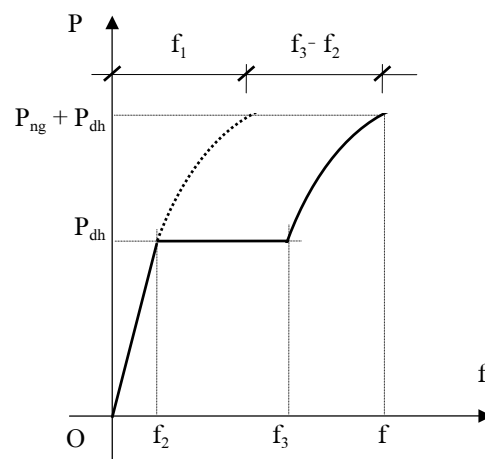
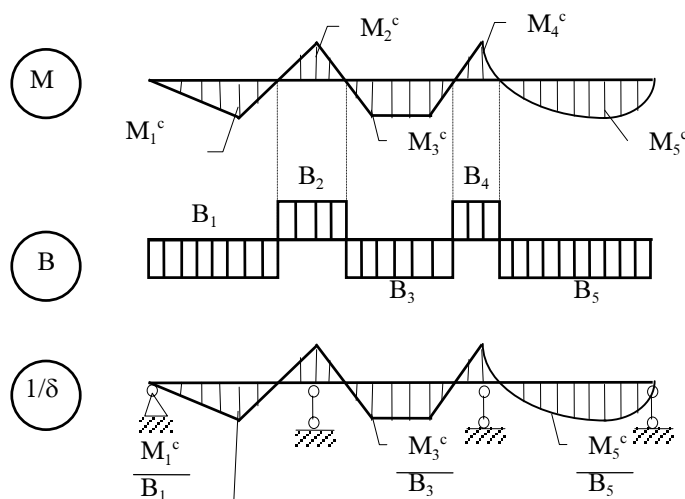
Trong đó:

- f_1 : Độ võng do tác dụng ngắn hạn của toàn bộ tải trọng.
- f_2 : Độ võng do tác dụng ngắn hạn của tải trọng dài hạn.
- f_3 : Độ võng do tác dụng dài hạn của tải trọng dài hạn.

(Chú ý khi tính f_1, f_2 các giá trị γ và ψ_a phải ứng với tính chất ngắn hạn của tải trọng còn f_3 thì γ và ψ_a ứng với tính chất dài hạn của tải trọng.)

Có thể giải thích công thức tính f bằng đồ thị.

Sau khi tính được f, tiêu chuẩn thiết kế còn yêu cầu điều chỉnh (tăng, giảm) để xét đến sự sai lệch do thi công và ảnh hưởng của lực cắt.



2. TÍNH BỀ RỘNG KHE NÚT

2.1. Khái niệm chung:

Trong thực tế chúng ta vẫn thường gặp vết nứt xuất hiện ở cầu kiện BTCT. Đối với cầu kiện được thi công theo đúng qui trình kỹ thuật (Được thi công một cách đúng đắn, được bảo dưỡng tốt khi chế tạo,...) thì hiện tượng nứt thường xảy ra do BT co ngót và tải trọng sử dụng. Các khe nứt do co ngót của BT thường không nguy hiểm lắm vì rất nhỏ. Khe nứt do tải trọng gây ra là cần phải chú ý bởi mức độ tác hại của nó. Khe nứt quá rộng làm BT không bảo vệ được cốt thép khỏi bị hủy hoại bởi không khí ẩm và môi trường ăn mòn, làm giảm khả năng chống thấm của các bể chứa, ống dẫn, v.v.. Ngoài ra khe nứt quá lộ liễu không những làm mất mỹ quan công trình mà còn gây ra mối nghi ngờ trong những người không chuyên môn về độ an toàn của kết cấu. Tuy nhiên không phải mọi khe nứt đều nguy hiểm. Qui phạm đã chia khả năng chống nứt của kết cấu ra 3 cấp tùy thuộc vào điều kiện làm việc của nó và loại cốt thép trong đó:

Cấp I: Không cho phép xuất hiện vết nứt.

Cấp II: Cho phép có vết nứt ngắn hạn với bề rộng hạn chế. Khi tải trọng ngắn hạn thôi tác dụng thì khe nứt phải được khép kín lại.

Cấp III: Cho phép nứt với bề rộng khe nứt hạn chế.

Để cho kết cấu BTCT không nứt thì tốt nhất là dùng BTCT ứng lực trước. Đối với BTCT thường cho dù tính toán không cho nứt nhưng vết nứt vẫn có thể xuất hiện do nhiều nguyên nhân gây ra.

Các ứng suất kéo trong bê tông do kéo dọc, mô men, lực cắt tạo ra các vết nứt khác nhau:

Với các cấu kiện chịu kéo sẽ bị nứt thẳng góc trên toàn bộ tiết diện ngang. Các vết nứt cách nhau khoảng 0.75 đến 2 lần bề rộng tiết diện. Nhiều vết nứt nhỏ sẽ xuất hiện ở lớp có cốt thép, các vết nứt này nối với nhau ở giữa tiết diện. Kết quả là bề rộng vết nứt tại vị trí hội tụ các vết nứt ở giữa chiều cao tiết diện sẽ lớn hơn.

Các cấu kiện chịu uốn có vết nứt trong vùng kéo. Các vết nứt này kéo dài gần như tới trục trung hoà. Với dầm có chiều cao tiết diện lớn các vết nứt ở vùng có cốt thép với cách khoảng tương đối gần bề rộng bé. Bề rộng vết nứt lớn ở chỗ giao nhau của các vết nứt ở giữa chiều cao tiết diện.

2.2. Tính bề rộng khe nứt thẳng góc:

a. Công thức tổng quát:

Tách một đoạn dầm nằm giữa 2 khe nứt. Bề rộng khe nứt tại vị trí cốt dọc được xác định từ điều kiện hình học sau:

Độ dẫn dài của thớ BT ở ngang trọng tâm cốt dọc cộng với bề rộng khe nứt là bằng độ dẫn dài của cốt dọc:

$$\overline{\varepsilon}_a \cdot l_n = a_n + \Delta_{bk}$$

Trong đó:

- $\overline{\varepsilon}_a$: Suất dẫn trung bình của cốt dọc.
- l_n : Khoảng cách giữa 2 khe nứt.
- a_n : Bề rộng khe nứt.
- Δ_{bk} : Độ dẫn của thớ BT ở ngang trọng tâm cốt dọc.

Vì độ dẫn Δ_{bk} của BT chịu kéo rất bé so với độ dẫn của cốt dọc có thể bỏ qua:

$$\text{Vậy } a_n = \overline{\varepsilon}_a \cdot l_n.$$

$$\text{Thay } \overline{\varepsilon}_a = \frac{\sigma_a}{E_a} = \psi_a \cdot \frac{\sigma_a}{E_a} \text{ vào ta được:}$$

$$a_n = \psi_a \cdot \frac{\sigma_a}{E_a} \cdot l_n. \quad (7-25)$$

Trong đó:

- ψ_a : Xác định như khi tính võng.
- σ_a : Ứng suất trong cốt thép tại TD có khe nứt
- M_c : Mômen do tải trọng tiêu chuẩn gây ra tại TD có khe nứt.
- Z_1 : Cánh tay đòn của nội ngẫu lực tại TD có khe nứt, xác định như khi tính võng.

Bề rộng khe nứt a_n sẽ lớn khi ứng suất trong cốt thép lớn và khoảng cách các khe nứt lớn.

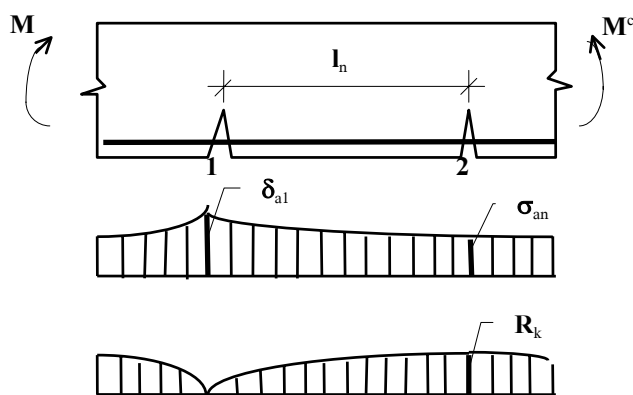
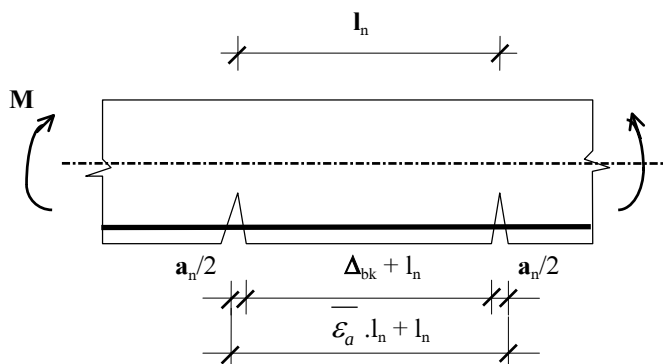
b. Khoảng cách giữa các khe nứt l_n :

Xét một đoạn dầm chịu uốn thuần túy với M tăng dần:

Khi ứng suất kéo trong BT đạt tới R_k thì khe nứt đầu tiên xuất hiện tại TD nào mà BT chịu kéo kém nhất. Thí dụ tại tiết diện (1) chẳng hạn. Tại TD có khe nứt ứng suất trong cốt thép σ_{a1} , ứng suất trong BT vùng kéo bằng không. Càng xa vết nứt do sự dính kết giữa BT và cốt thép BT tham gia chịu kéo và ứng suất trong BT tăng dần, đến TD mà ứng suất kéo trong BT đạt R_k sẽ xuất hiện khe nứt mới, thí dụ khe nứt (2). Khoảng cách từ TD có khe nứt đầu tiên (1) đến TD sắp xuất hiện khe nứt (2) là l_n .

Ứng suất trong cốt thép tại TD sắp nứt là σ_{an} :

$$\sigma_{an} = \varepsilon_a \cdot E_a = \varepsilon_{bk} \cdot E_a = \frac{R_k}{E'_{bk}} \cdot E_a = \frac{R_k}{\nu_k \cdot E_b} \cdot E_a.$$



Sơ đồ ứng suất của cốt thép và BT sau khi xuất hiện khe nứt thứ nhất.

Khi BT sắp nứt thì $v_k = 0,5 \Rightarrow \sigma_{an} = \frac{R_k}{0.5} \cdot n = 2 \cdot n \cdot R_k$

Để xác định l_n ta xét điều kiện cân bằng của đoạn cốt thép giới hạn bởi 2 TD (1) & (2) :

Phương trình cân bằng: $\sigma_{a1} \cdot F_a = 2n \cdot R_k \cdot F_a + \tau \cdot s \cdot l_n$

Trong đó:

- τ : Ứng suất dính trung bình trên đoạn l_n .
- s : Chu vi cốt thép.

Rút ra: $l_n = \frac{(\sigma_{a1} - 2n \cdot R_k) \cdot F_a}{\tau \cdot s}; \quad (7 - 26)$

Như vậy nếu cường độ kéo của BT lớn, lực dính giữa BT và cốt thép lớn, chu vi lớn thì khoảng cách hai khe nứt nhỏ, a_n nhỏ. Đối với những kết cấu cần hạn chế bề rộng khe nứt thì nên dùng cốt có gờ với đường kính nhỏ.

c. Tính bề rộng khe nứt thẳng góc theo tiêu chuẩn thiết kế:

Bề rộng của cầu kiện chịu uốn, chịu kéo trung tâm và chịu kéo nén lệch tâm được xác định theo công thức thực nghiệm:

$$a_n = k \cdot c \cdot \eta \cdot \frac{\sigma_a}{E_a} \cdot (70 - 20p) \cdot \sqrt[3]{d}. \quad (7 - 27)$$

Trong đó:

- $k = 1$: Cầu kiện chịu uốn, nén lệch tâm.
- $k = 1,2$: Cầu kiện chịu kéo lệch tâm.
- c : hệ số xét đến tính chất tác dụng của tải trọng
 - $c = 1$: Tải trọng tác dụng ngắn hạn.
 - $c = 1,5$: Tải trọng tác dụng dài hạn và tải trọng rung động.
- η : hệ số xét đến tính chất bề mặt cốt thép. $\eta = 1$: Thép gờ.
 - $\eta = 1,3$: Thép thanh tròn trơn.
 - $\eta = 1,4$: Thép sợi trơn.
 - $\eta = 1,2$: Thép sợi có gờ, dây bện.
- p : Tỷ số phần trăm của diện tích cốt chịu kéo với diện tích làm việc của BT nhưng phải ≤ 2 ;

Đối với cầu kiện chịu uốn, nén và kéo lệch tâm: $p = 100 \cdot \mu = 100 \cdot \frac{F_a}{b \cdot h_0}$.

Đối với cầu kiện chịu kéo trung tâm: $p = 100 \cdot \mu = 100 \cdot \frac{F_a}{F}$

- d : Đường kính cốt dọc chịu kéo tính bằng mm, nếu chúng gồm nhiều loại đường kính khác nhau $d_1, d_2, d_3, \dots$ với số lượng thanh tương ứng $n_1, n_2, \dots$ thì dùng đường kính tương đương:

$$d = \frac{n \cdot d_1^2 + n_2 \cdot d_2^2 + \dots}{n \cdot d_1 + n_2 \cdot d_2 + \dots}$$

- σ_a, E_a : Ứng suất trong cốt thép chịu kéo tại TD có khe nứt và mô đun đàn hồi của cốt thép đó.

$$\sigma_a = \frac{M^c}{Z_1 \cdot F_a} \quad \text{Đối với cầu kiện chịu uốn.}$$

$$\sigma_a = \frac{N^c}{F_{at}} \quad \text{Đối với cầu kiện chịu kéo trung tâm.}$$

Khi trên kết cấu có tải trọng tác dụng ngắn hạn và dài hạn thì bề rộng khe nứt toàn phần là

$$a_n = a_{n \text{ ngh}} + a_{n \text{ dh}}$$

Trong đó: - $a_{n \text{ ngh}}$: Bề rộng khe nứt do phần tải trọng ngắn hạn (Được tính với $c = 1$ và σ_a do tải trọng ngắn hạn gây ra).

- $a_{n \text{ dh}}$: Bề rộng khe nứt do phần tải trọng dài hạn (Tính với $c = 1,5$ và σ_a do tải trọng dài hạn gây ra).