

2. TÍNH BỀ RỘNG KHE NÚT

2.1. Khái niệm chung:

Trong thực tế chúng ta vẫn thường gặp vết nứt xuất hiện ở cấu kiện BTCT. Đối với cấu 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 dãn dài của thớ BT ở ngang trọng tâm cốt dọc cộng với bề rộng khe nứt là bằng độ dãn dài của cốt dọc:

$$\overline{\varepsilon}_a \cdot l_n = a_n + \Delta_{bk}$$

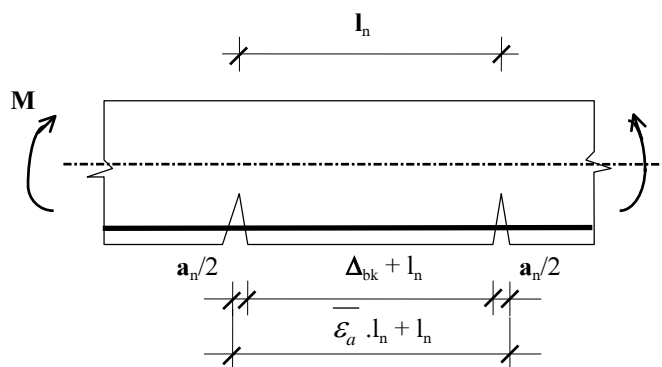
Trong đó:

- $\overline{\varepsilon}_a$: Suất dãn trung bình của cốt dọc.
- l_n : Khoảng cách giữa 2 khe nứt.
- a_n : Bề rộng khe nứt.
- Δ_{bk} : Độ dãn của thớ BT ở ngang trọng tâm cốt dọc.

Vì độ dãn Δ_{bk} của BT chịu kéo rất bé so với độ dãn của cốt dọc có thể bỏ qua:

$$\text{Vậy } a_n = \overline{\varepsilon}_a \cdot l_n$$

$$\text{Thay } \overline{\varepsilon}_a = \frac{\sigma_a}{E_a} = \psi_a \cdot \frac{\sigma_a}{E_a} \text{ vào ta được: } a_n = \psi_a \cdot \frac{\sigma_a}{E_a} \cdot l_n \quad (7 - 25)$$



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 giãn dài của thớ BT ở ngang trọng tâm cốt dọc cộng với bề rộng khe nứt là bằng độ giãn dài của cốt dọc:

$$\overline{\varepsilon}_a \cdot l_n = a_n + \Delta_{bk}$$

Trong đó:

- $\overline{\varepsilon}_a$: Suất giãn trung bình của cốt dọc.
- l_n : Khoảng cách giữa 2 khe nứt.
- a_n : Bề rộng khe nứt.
- Δ_{bk} : Độ giãn của thớ BT ở ngang trọng tâm cốt dọc.

Vì độ giãn Δ_{bk} của BT chịu kéo rất bé so với độ giãn của cốt dọc có thể bỏ qua:

Vậy $a_n = \overline{\varepsilon}_a \cdot l_n$.

Thay $\overline{\varepsilon}_a = \frac{\sigma_a}{E_a} = \psi_a \cdot \frac{\sigma_a}{E_a}$ 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 $\sigma_a = \frac{M_c}{F_a Z_1}$.
- 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.

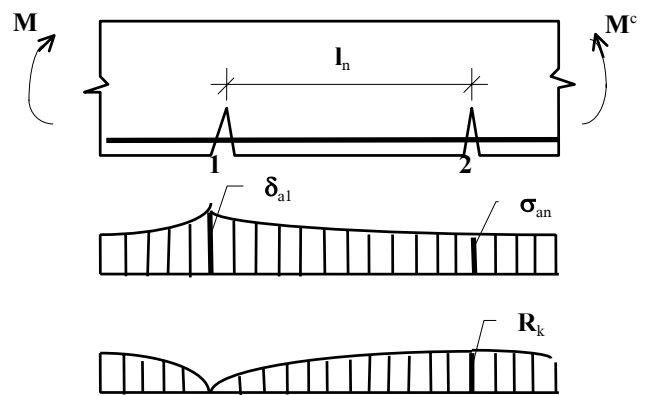
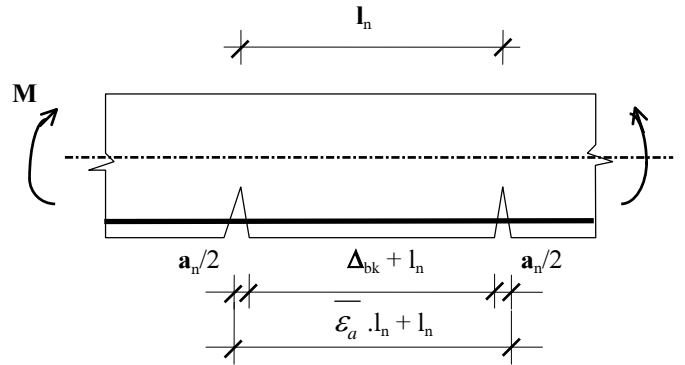
b. Khoảng cách giữa các khe nứt l_n :

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 cấu 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:

- $k = 1$: Cấu kiện chịu uốn, nén lệch tâm.
- $k = 1,2$: Cấu 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 cấu kiện chịu uốn, nén và kéo lệch tâm: $p = 100 \cdot \mu = 100 \cdot \frac{F_a}{b \cdot h_0}$.

Đối với cấu 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 môđun đàn hồi của cốt thép đó.

$$\sigma_a = \frac{M^c}{Z_1 \cdot F_a} \quad \text{Đối với cấu kiện chịu uốn.}$$

$$\sigma_a = \frac{N^c}{F_{at}} \quad \text{Đối với cấu kiện chịu kéo trung tâm.}$$

Khi trên kết cấu có tải trọng tác dụng ngắn hạn và dài hạn thì bề rộng khe nứt toàn phần là

$$a_n = a_{n\text{ng}} + a_{n\text{dh}}$$

Trong đó: - $a_{n\text{ng}}$: 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).