



BỘ XÂY DỰNG
VIỆN KHOA HỌC CÔNG NGHỆ XÂY DỰNG
Vietnam Institute for Building Science and Technology (IBST)
Địa chỉ: Nghĩa Tân-Cầu Giấy-Hà Nội Tel: 84.24.37544196 Fax: 84.24.38361197

ĐỀ TÀI
**“Nghiên cứu giải pháp kết cấu lắp ghép sử dụng bê tông tính
năng cao cho công trình xây dựng trên đảo”**

Mã số: RD 87-16BĐ

**CHỈ DẪN TÍNH TOÁN KẾT CẤU BÊ TÔNG CỐT SỢI
TÍNH NĂNG SIÊU CAO (UHPC)**

HÀ NỘI, 202...

MỤC LỤC

1. Phạm vi áp dụng	6
2. Tài liệu viện dẫn	6
3. Thuật ngữ, định nghĩa và ký hiệu	7
3.1 Thuật ngữ và định nghĩa	7
3.2 Các ký hiệu	7
4 Nguyên lý tính toán	8
5 Nguyên lý tính toán cấu kiện chịu nén – uốn (cột)	24
6 Nguyên lý cấu tạo	25
6.1 Độ bền lâu và lớp phủ bê tông bảo vệ cốt thép	25
6.2 Kiểm soát vết nứt	29
6.3 Khoảng cách giữa các thanh thép.....	29
6.4 Các chi tiết khác	30

CHỈ DẪN TÍNH TOÁN KẾT CẤU BÊ TÔNG CỐT SỢI TÍNH NĂNG SIÊU CAO (UHPC)

1. Phạm vi áp dụng

Vật liệu bê tông cốt sợi tính năng cao (UHPFRC hay viết gọn UHPC) được nghiên cứu phát triển trong những năm gần đây tại Việt Nam. Để có thể ứng dụng UHPC trong xây dựng công trình, việc tính toán thiết kế kết cấu UHPC cần tuân thủ theo những tiêu chuẩn tin cậy. Do loại UHPC được chế tạo tại Việt Nam sử dụng vật liệu địa phương nên một số đặc trưng cơ lý có sự khác biệt so với UHPC được quy định trong các tiêu chuẩn tính toán. Nhóm tác giả đã lựa chọn tiêu chuẩn Eurocode để tính toán thiết kế dầm UHPC do tính tùy biến và khả năng áp dụng đối với mọi loại bê tông của tiêu chuẩn này.

Chỉ dẫn này áp dụng cho việc thiết kế nhà và công trình xây dựng dân dụng bằng bê tông cốt sợi tính năng siêu cao UHPC không cốt thép, UHPC có cốt thép, hoặc UHPC ứng suất trước. Nó tuân thủ với những nguyên tắc và những yêu cầu về sự an toàn và khả năng sử dụng của công trình và các cơ sở thiết kế trong tiêu chuẩn EN 1990: Cơ sở thiết kế kết cấu.

2. Tài liệu viện dẫn

Các tài liệu viện dẫn sau cần thiết cho việc áp dụng chỉ dẫn này. Đối với các tài liệu viện dẫn ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản được nêu. Đối với các tài liệu viện dẫn không ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản mới nhất, bao gồm cả các sửa đổi, bổ sung (nếu có).

TCVN 2737:1995, *Tải trọng và tác động. Tiêu chuẩn thiết kế*

TCVN 5574:2018, *Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép. Tiêu chuẩn thiết kế*

TCVN 9362:2012, *Tiêu chuẩn thiết kế nền nhà và công trình*

TCVN 5575:2012, *Kết cấu thép. Tiêu chuẩn thiết kế*

ACI 318:2014, *Building Code requirements for Structural Concrete*

ASTM A421M:2002, *Standard Specification for uncoated stress relieved steel wire for prestressed concrete*

NF P18-470, *Bê tông cốt sợi tính năng siêu cao - Chỉ dẫn kỹ thuật, tính năng, sản xuất và việc tuân thủ (CONCRETE-ULTRA-HIGH PERFORMANCE FIBRE-REINFORCED CONCRETE- SPECIFICATIONS, PERFORMANCE, PRODUCTION AND CONFORMITY)*

NF P18-710, *Bê tông tính năng siêu cao (UHPC) – Chỉ dẫn thiết kế kết cấu (Design of concrete structures: specific rules for Ultra-High Performance Fibre-Reinforced Concrete (UHPC))*

JIS G 3109:1994, *Steel bars for prestressed concrete*

EN 1990:2002, *Cơ sở thiết kế kết cấu (Eurocode - Basis of structural design)*

EN 1991-1-1:2002, *Tác động chung – Trọng lượng thể tích, trọng lượng bản thân và hoạt tải đối với công trình (Eurocode 1: Actions on structures - Part 1-1: General actions - Densities, self-weight, imposed loads for buildings)*

EN 1991-1-4:2005, *Tác động chung – Tác động của gió (Eurocode 1: Actions on structures - Part 1-4 : General actions - Wind actions)*

EN 1992-1-1:2004, *Thiết kế kết cấu bê tông (Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings)*

3. Thuật ngữ, định nghĩa và ký hiệu

3.1 Thuật ngữ và định nghĩa

UHPC

Các loại UHPCs (Bê tông cốt sợi tính năng siêu cao) được đề cập tới trong tiêu chuẩn này được coi là loại UHPC-S trong tiêu chuẩn Pháp NF P18-470. Chúng là những loại bê tông có cường độ chịu nén cao, cường độ chịu kéo sau khi nứt cao.

Cốt thép ứng suất trước

Cốt thép được ứng suất trước trong quá trình chế tạo kết cấu trước khi tải trọng ngoài tác dụng trong giai đoạn khai thác sử dụng.

3.2 Các ký hiệu

ϵ_{ct}	Biến dạng tương đối của thớ ngoài cùng bê tông chịu kéo
ϵ_{s2}	Biến dạng tương đối của thép chịu kéo

ϵ_{ulim}	Biến dạng tương đối chịu kéo lớn nhất của bê tông sợi
$\epsilon_{ct,el}$	Biến dạng tương đối chịu kéo của bê tông tại giới hạn đàn hồi
ϵ_{cod}	Biến dạng tương đối đàn hồi của bê tông khi chịu nén
ϵ_{cud}	Biến dạng tương đối cực hạn của bê tông khi chịu nén
$\epsilon_{\Delta p}$	Biến dạng ban đầu của thép ứng suất trước
ϵ_{c3}	Biến dạng tương đối chịu nén của bê tông tại giới hạn đàn hồi theo mô hình hình thang
ϵ_{s1}	Biến dạng tương đối của thép chịu nén
ϵ_{cu3}	Biến dạng tương đối chịu nén cực hạn của bê tông theo mô hình 3 (hình chữ nhật)
f_{pd}	Ứng suất tính toán cho phép của thép dự ứng lực
f_{ck}	Cường độ chịu nén đặc trưng của bê tông
f_{cd}	Cường độ chịu nén tính toán của bê tông
σ_{s1}	Ứng suất của thép chịu nén
Ψ_c	Hệ số nén tương đương của bê tông vùng nén
Ψ_{ct}	Hệ số kéo tương đương của bê tông vùng kéo
f_{ctd}	Cường độ chịu kéo tính toán của bê tông
$f_{ctm,el}$	Cường độ chịu kéo đặc trưng đàn hồi của bê tông
f_{ctfm}	Cường độ chịu kéo đặc trưng sau khi nứt của bê tông
Kglobal	Hệ số hướng sợi thép
δ_G	Hệ số chiều cao tâm vùng chịu nén của bê tông
δ_{Gt}	Hệ số chiều cao tâm vùng chịu kéo của bê tông
x	Chiều cao vùng nén
h	Chiều cao dầm
d	Chiều cao dầm từ thớ chịu nén đến thép chịu kéo ngoài cùng
P	Lực căng của thép ứng suất trước
α	Hệ số chiều cao vùng nén của bê tông

4 Nguyên lý tính toán

Bê tông cốt sợi tính năng siêu cao (UHPFRC hay UHPC) đã được phát triển và ứng dụng trên thế giới cho các công trình nhà, cầu và hầm. Chỉ dẫn thiết kế này được biên soạn dựa trên tiêu chuẩn quốc gia của Pháp NF P18-710 bổ sung cho tiêu chuẩn

Eurocode 2: thiết kế kết cấu bê tông. Chỉ dẫn kỹ thuật, tính năng, sản xuất và sự tuân thủ của vật liệu UHPC được áp dụng theo tiêu chuẩn Pháp NF 18-470. Trong chỉ dẫn thiết kế này có áp dụng một số tính chất và đặc trưng của UHPC phù hợp với điều kiện sản xuất và thi công ở Việt Nam.

4.1 Vật liệu UHPC

4.1.1 Cường độ chịu nén

Bê tông UHPC được phân loại theo cường độ chịu nén bằng cách tham chiếu tới cường độ đặc trưng của bê tông ở 28 ngày tuổi f_{ck-cyl} được thí nghiệm trên mẫu trụ tròn có kích thước danh nghĩa 110/220mm, theo tiêu chuẩn NF EN 12390:2012 và phù hợp với phụ lục B-C của tiêu chuẩn NF 18-470.

Cường độ chịu nén của bê tông UHPC được chỉ rõ bằng các cấp độ bền, gắn liền với cường độ đặc trưng f_{ck} , phù hợp với điều 5.5.2 của tiêu chuẩn NF P 18-470.

Cường độ chịu nén của bê tông UHPC ở tuổi t (ngày) phụ thuộc vào điều kiện dưỡng hộ nhiệt.

Nếu bê tông UHPC không dưỡng hộ nhiệt (STT) hoặc được phân loại TT1 (xem mục 4.4.3 của tiêu chuẩn NF P 18-470):

- Nếu $t \geq 28$ ngày, cường độ chịu nén sẽ được sử dụng là f_{ck}
- Nếu $t < 28$ ngày, cường độ chịu nén phải được quy định và đánh giá theo điều 5.5.2 của tiêu chuẩn NF P18-470.

Nếu bê tông UHPC được phân loại TT2 hoặc TT1+2 (xem mục 4.4.3 của tiêu chuẩn NF P 18-470):

- Nếu ngày t là sau khi thực hiện xong việc dưỡng hộ nhiệt, độ chịu nén được sử dụng là f_{ck}
- Nếu ngày t là trước khi thực hiện xong việc dưỡng hộ nhiệt, cường độ chịu nén phải được quy định và đánh giá theo điều 5.5.2 của tiêu chuẩn NF P18-470.

Trong bất kỳ trường hợp nào, độ tuổi tham chiếu để xác định các đặc trưng thiết kế của bê tông UHPC đều là 28 ngày đối với bê tông UHPC được phân loại thành STT và sau khi áp dụng việc dưỡng hộ nhiệt đối với bê tông UHPC được phân loại thành TT2 hoặc TT1+2.

4.1.2 Biến dạng đàn hồi

Giá trị của mô đun đàn hồi E_{cm} phải được xác định theo mục 5.8.8 của tiêu chuẩn NF P 18-470. Trong trường hợp thiết kế cho các cấu kiện chịu kéo thì giá trị mô đun đàn hồi được lấy tương tự như cấu kiện chịu nén.

4.1.3 Hệ số Poat-xông

Hệ số Poat-xông được lấy bằng 0,2.

4.1.4 Hệ số dẫn nở nhiệt

Hệ số dẫn nở nhiệt được lấy giá trị 11 $\mu\text{m}/\text{m}/^\circ\text{C}$. Tham khảo phụ lục T tiêu chuẩn NF P 18-470.

4.1.5 Co ngót

Trong trường hợp độ ẩm môi trường từ 50% đến 70%, độ co ngót tham khảo theo phụ lục T tiêu chuẩn NF P 18-470:

- Bê tông UHPC loại STT: độ co ngót tự sinh bằng 550 $\mu\text{m}/\text{m}$ và co ngót khô bằng 150 $\mu\text{m}/\text{m}$.
- Bê tông UHPC loại TT1: độ co ngót bằng 550 $\mu\text{m}/\text{m}$.
- Bê tông UHPC loại TT2 hoặc TT1+2: độ co ngót bằng 550 $\mu\text{m}/\text{m}$. Không co ngót sau khi xử lý nhiệt.

4.1.6 Từ biến

- Bê tông UHPC loại STT: hệ số từ biến bằng 0,8 hoặc bằng 1,0 nếu các tải trọng tác dụng khi tuổi bê tông còn sớm.
- Bê tông UHPC loại TT1: hệ số từ biến bằng 0,4 nếu các tải trọng tác dụng sau khi dưỡng hộ nhiệt.
- Bê tông UHPC loại TT2 hoặc TT1+2: hệ số từ biến bằng 0,2 nếu các tải trọng tác dụng sau khi dưỡng hộ nhiệt.

4.2 Tính toán cấu kiện chịu uốn

4.2.1 Trạng thái giới hạn

Giả thuyết tính toán về bê tông UHPC và thép dự ứng lực trong các trạng thái cực hạn ULS và trạng thái sử dụng SLS được lấy như sau:

- **Cường độ chịu nén tính toán**

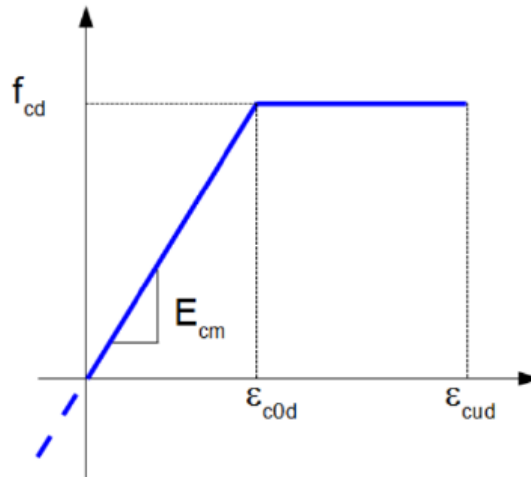
$$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} f_{ck}}{\gamma_c} \quad 4-1$$

Trong đó:

γ_c : hệ số độ tin cậy liên quan tới bê tông UHPC chịu nén

α_{cc} : hệ số có tính đến tác động dài hạn lên cường độ chịu nén và tác động bất lợi sinh ra từ cách thức mà tải trọng đặt vào. Đối với bê tông UHPRFC $\alpha_{cc} = 0,85$

Quy luật chủ yếu cho bê tông UHPC khi chịu nén sẽ được sử dụng cho việc thiết kế tiết diện ở ULS (trạng thái cực hạn) như dưới đây:



Hình 4-1: Biểu diễn mối quan hệ ứng suất – biến dạng của bê tông UHPC khi chịu nén dùng cho thiết kế tại trạng thái giới hạn cực hạn (ULS)

Biến dạng ϵ_{c0d} được xác định bằng biểu thức:

$$\epsilon_{c0d} = f_{cd}/E_{cm} \quad 4-2$$

Biến dạng cực hạn ϵ_{cud} trong tính toán ở trạng thái giới hạn cực hạn ULS được cho bởi công thức:

$$\epsilon_{cud} = \left(1 + \frac{14 * f_{ctfm}}{K_{global} * f_{cm}} \right) * \epsilon_{c0d} \quad 4-3$$

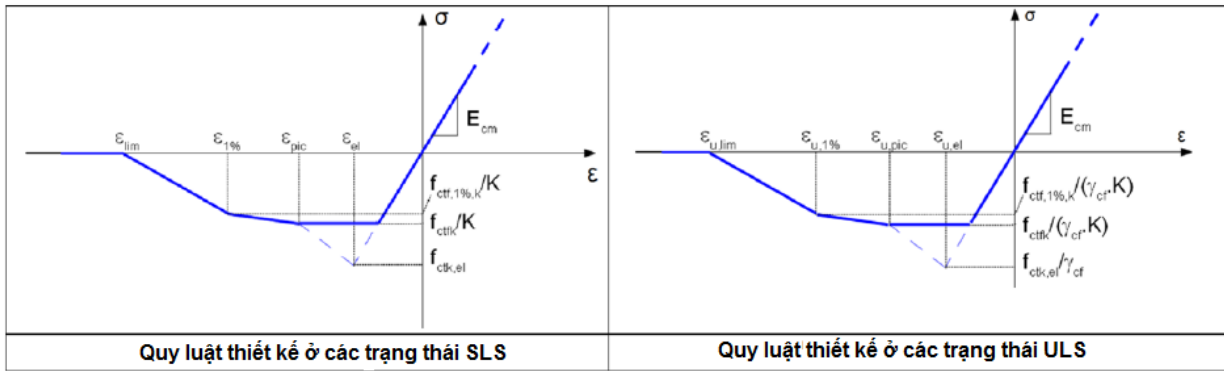
Trong đó:

f_{ctfm} : cường độ chịu kéo trung bình sau khi nứt

K_{global} : hệ số định hướng sợi gắn liền với những ảnh hưởng tổng thể

f_{cm} : cường độ chịu nén trung bình

- **Cường độ chịu kéo tính toán đối với cấu kiện dày**



Hình 4-2: Quy luật truyền thống cho bê tông UHPC thuộc loại T1* hoặc T2*

Các tham số đã cho trong những quy luật thiết kế này là:

Tại trạng thái giới hạn về khả năng sử dụng (SLS):

$$\varepsilon_{pic} = \frac{W_{pic}}{L_c} + \frac{f_{ctk,el}}{E_{cm}} \quad 4-4$$

Tại trạng thái giới hạn cực hạn (ULS):

$$\varepsilon_{u,pic} = \frac{W_{pic}}{L_c} + \frac{f_{ctk,el}}{\gamma_{cf} E_{cm}} \quad 4-5$$

Trong đó:

W_{pic} là bề rộng vết nứt tương ứng với đỉnh cục bộ (local peak: điểm cực đại cục bộ) trên đường cong, từ các thử nghiệm được tiến hành phù hợp với Phụ lục D của tiêu chuẩn NF P18-470 hoặc tương đương với 0,3 mm nếu như không có điểm cực đại nào.

Tại trạng thái sử dụng (SLS):

$$\varepsilon_{1\%} = \frac{W_{1\%}}{L_c} + \frac{f_{ctk,el}}{E_{cm}} \quad 4-6$$

Tại trạng thái cực hạn (ULS):

$$\varepsilon_{1\%} = \frac{W_{1\%}}{L_c} + \frac{f_{ctk,el}}{\gamma_{cf} E_{cm}} \quad 4-7$$

Trong đó:

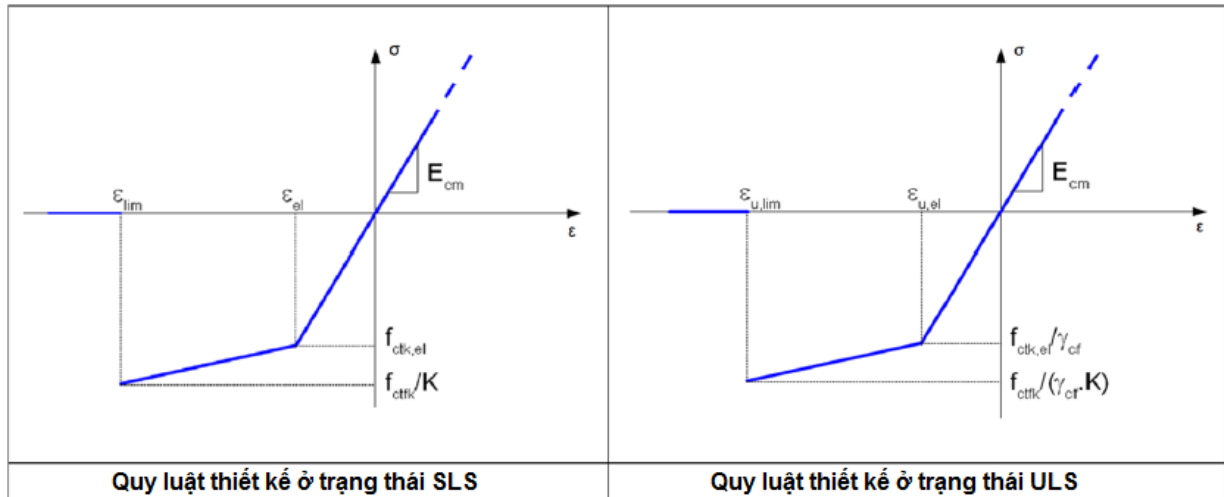
$W_{1\%} = 0,01H$, với H là chiều cao mẫu hình trụ thử nghiệm uốn (xem Phụ lục D của tiêu chuẩn NF P18-470).

$$\varepsilon_{u,lim} = \varepsilon_{lim} = L_f/4L_c \quad 4-8$$

Trong đó:

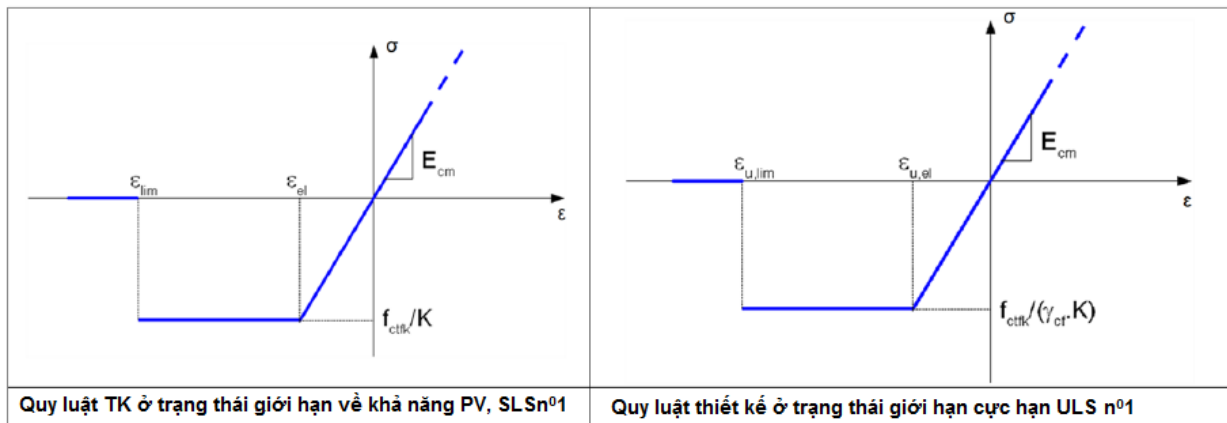
L_f là chiều dài của những sợi cốt dài nhất đóng góp vào việc bảo đảm tính dẻo của bê tông UHPRFC.

$L_c = 2h/3$ là chiều dài đặc trưng (với h là chiều cao tiết diện).

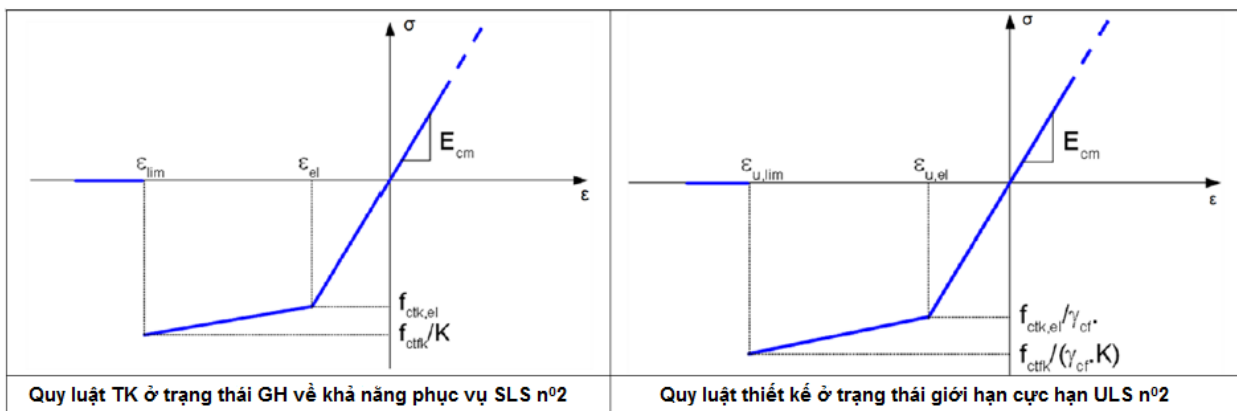


Hình 4-3: Quy luật cho bê tông UHPC thuộc loại T3*

- Cường độ chịu kéo tính toán đối với cấu kiện mỏng



Hình 4-4: Quy luật n⁰¹ dùng cho cấu kiện mỏng



Hình 4-5: Quy luật n⁰² dùng cho cấu kiện mỏng

Quy luật 1 có thể chỉ được sử dụng cho những kết cấu chịu uốn đơn giản hoặc chịu uốn – nén. Quy luật 2 có thể được sử dụng đối với bất kỳ trạng thái ứng suất nào, miễn là vật liệu sử dụng thuộc loại T3* (class T3*).

Quy luật 1 và 2 được mô tả ở trên, $\varepsilon_{u,lim}$ ($=\varepsilon_{lim}$) là biến dạng kéo tương đối lớn nhất sinh ra từ các thử nghiệm đã được mô tả trong Phụ lục E của tiêu chuẩn NF P18-470.

- **Hệ số hướng sợi**

Sự phân bố sợi trong bê tông UHPC được đặc trưng bởi hệ số hướng sợi tổng thể K_{global} hoặc hệ số hướng sợi cục bộ K_{local} .

K_{local} sử dụng trong việc tính toán thiết kế tác động cục bộ tương ứng với giới hạn bền đòi hỏi sự phân bố cốt sợi trong tất cả các vùng cục bộ (ví dụ: sự lan truyền lực ứng suất trước).

K_{global} sử dụng trong việc tính toán thiết kế tác động tổng thể tương ứng với giới hạn bền trên những vùng rộng hơn và ở nơi mà một đứt gãy cục bộ sẽ không có hậu quả đáng kể (chẳng hạn như lực cắt, chịu uốn của một bản sàn).

Hệ số hướng sợi K (K_{local} hoặc K_{global}) được thiết lập trên cơ sở các thử nghiệm trên một mô hình đại diện cho kết cấu thực tế phù hợp với Phụ lục F của tiêu chuẩn NF P18-470.

Với các nghiên cứu sơ bộ hoặc nghiên cứu thiết kế, và khi thiếu các thử nghiệm trên một mô hình đại diện cho kết cấu thực tế, giá trị cho hệ số hướng sợi K của cốt sợi được đề xuất trong Phụ lục T tiêu chuẩn NF P18-470.

Hệ số hướng sợi K có thể khác biệt nhau theo các hướng của ứng suất và theo từng bộ phận của kết cấu được xem xét. Trong những tính toán thiết kế khác nhau liên quan tới hệ số này, việc xác định nó phải gắn liền với hướng vuông góc với mặt phẳng nứt tiềm tàng trong cơ chế bền.

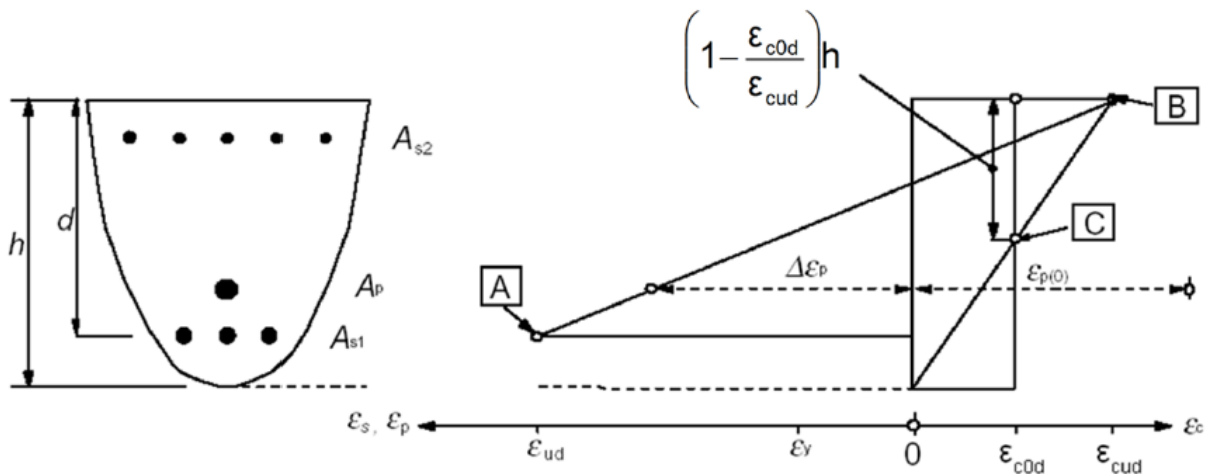
4.2.2 Trạng thái cực hạn ULS

- **Độ bền cấu kiện chịu tác dụng của mô men uốn**

Dầm được thiết kế tính toán dựa trên giả thiết về quan hệ ứng suất-biến dạng của bê tông và thép dự ứng lực như đã nêu.

+ Giả thuyết tính toán:

- Giả thuyết về biến dạng cực hạn: dầm bị phá hủy khi biến dạng của thớ ngoài cùng của bê tông vùng nén đạt giới hạn cực hạn hoặc biến dạng của thép chịu kéo đạt giới hạn cực hạn.
- Giả thuyết về mặt cắt dầm luôn phẳng



A - giới hạn biến dạng kéo của thép cốt (reinforcing steel)

B - UHPFRC - giới hạn biến dạng nén

C - UHPFRC - giới hạn biến dạng nén thuần túy

Hình 4-6: Sơ đồ nguyên lý về biến dạng cực hạn của dầm UHPC ứng suất trước trong tính toán thiết kế tại trạng thái giới hạn cực hạn ULS

Trục xoay A: liên quan tới biến dạng cực hạn của cốt thép

Trục xoay B: liên quan tới biến dạng nén giới hạn ϵ_{cud} của bê tông UHPC của thứ chịu nén ngoài cùng.

Trục xoay C: liên quan tới biến dạng nén giới hạn ϵ_{c0d} của bê tông UHPC chịu nén chỉ do lực dọc trục gây ra.

Ngoài ra, đối với tiết diện của bộ phận mỏng của các cấu kiện bê tông UHPC không cốt thép, có cốt thép, hoặc ứng suất trước chịu uốn với lực dọc trục, sự đóng góp của bê tông UHPC chịu kéo có thể được đưa vào tính toán nếu biến dạng kéo trên sợi cốt trung bình không lớn hơn $\epsilon_{u,lim} / 2$ trừ khi có sự chứng minh đặc biệt khác.

- Độ bền cấu kiện chịu tác dụng của lực cắt

Lực cắt thiết kế tác dụng V_{Ed} phải nhỏ hơn lực cắt chịu bởi tiết diện.

+ Lực cắt chịu bởi bê tông UHPC $V_{Rd,c}$

Với một tiết diện có cốt thép, lực cắt $V_{Rd,c}$ chịu bởi bê tông UHPC được tính theo công thức:

$$V_{Rd,c} = \frac{0,21}{\gamma_{cf}\gamma_E} k f_{ck}^{1/2} b_w d \quad 4-9$$

Trong đó:

$$k = 1 + 3 \cdot \frac{\sigma_{cp}}{f_{ck}}$$

$$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c \quad 4-10$$

N_{Ed} là lực dọc trục trong tiết diện ngang, do các ngoại lực ($N_{Ed} > 0$ đối với trường hợp chịu nén). Ảnh hưởng của những biến dạng do N_{Ed} gây ra có thể bỏ qua.

A_c là diện tích tiết diện ngang của bê tông UHPC.

Trong công thức 4-10, giá trị của σ_{cp} được giới hạn như sau:

$$0 \leq \sigma_{cp} \leq 0,4 f_{ck} \quad 4-11$$

γ_{cf} là hệ số độ tin cậy cho bê tông UHPC khi chịu kéo.

γ_E là hệ số an toàn được lấy sao cho $\gamma_{cf} \cdot \gamma_E = 1,5$.

Với tiết diện chịu ứng suất trước có cốt thép thường hoặc không có cốt thép thường, lực cắt thiết kế $V_{Rd,c}$ được cho bởi công thức:

$$V_{Rd,c} = \frac{0,24}{\gamma_{cf} \gamma_E} k f_{ck}^{1/2} b_w z \quad 4-12$$

Với một tiết diện không chịu ứng suất trước và không có cốt thép thường:

$$V_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_{cf} \gamma_E} k f_{ck}^{1/2} b_w h \quad 4-13$$

Trong đó:

f_{ck} cường độ chịu nén đặc trưng của bê tông, đơn vị là [MPa];

b_w là bề rộng nhỏ nhất của tiết diện ngang trong vùng kéo, đơn vị là [m]. Trong trường hợp một tiết diện hình tròn có đường kính Φ , thì $b_w = 0,55 \cdot \Phi$;

z là cánh tay đòn của các nội lực đối với một bộ phận có chiều cao không đổi tương ứng với mô-ment uốn trong bộ phận được xem xét đó, đơn vị là [m];

d là khoảng cách giữa sợi chịu nén nhiều nhất và cốt thép dọc, đơn vị là [m].

CHÚ Ý: Trong các công thức trên, nếu không có cốt thép thường, lấy $z = 0,9d$ và $d = 7/8h$.

+ **Lực cắt chịu bởi cốt thép $V_{Rd,s}$**

Lực cắt thiết kế chịu bởi cốt thép đai được tính theo công thức sau đây:

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} z f_{ywd} \cot \theta \quad 4-14$$

Trong trường hợp có cốt thép nghiêng, lực cắt thiết kế chịu bởi cốt thép là:

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} z f_{ywd} (\cot \theta + \cot \alpha) \sin \alpha \quad 4-15$$

Trong đó:

A_{sw} là diện tích tiết diện ngang của cốt thép chịu cắt;

s là khoảng cách thép đai;

f_{ywd} là cường độ chịu kéo tính toán của thép đai;

θ là góc nghiêng của ứng suất nén chính so với trục dọc. Ten-xơ ứng suất được đánh giá gần trọng tâm của tiết diện bằng tính toán đàn hồi từ ten-xơ lực được xác định ở các trạng thái giới hạn cực hạn.

$\theta = 30^\circ$ là giá trị tối thiểu cho phép chọn.

α là độ nghiêng của cốt thép so với trục dọc.

Trong các tiết diện hình tròn được gia cường (đặt thép đai), $V_{Rd,s}$ cần được giảm bớt 30% để tính tới một thực tế là cốt thép không làm việc trực tiếp trong hướng của giằng song song với lực cắt.

+ **Lực cắt chịu bởi cốt sợi $V_{Rd,f}$**

Lực cắt $V_{Rd,f}$ thiết kế chịu bởi cốt sợi được tính theo biểu thức sau đây:

$$V_{Rd,f} = A_{fv} \sigma_{Rd,f} \cot \theta \quad 4-16$$

Trong trường hợp bê tông UHPC loại T1 hoặc T2:

$$\sigma_{Rd,f} = \frac{1}{K_{Ycf}} \cdot \frac{1}{w^*} \int_0^{w^*} \sigma_f(w) dw \quad 4-17$$

Trong đó:

$$w^* = \max(w_u; 0,3 \text{ mm})$$

Ghi chú: $\sigma_{Rd,f}$ là giá trị trung bình của cường độ sau khi nứt dọc theo vết nứt do cắt có độ nghiêng θ , và vuông góc với vết nứt đó. Giới hạn $A_{fv} \sigma_{Rd,f} \cot \theta$ là hình chiếu của lực tổng hợp/hợp lực song song với lực cắt, tiết diện A_{fv} thì chính bản thân nó là hình chiếu trên tiết diện ngang của vùng nghiêng dốc mà trên đó sợi thép tác động.

- Với một tiết diện hình chữ nhật hoặc một tiết diện chữ T,

$$A_{fv} = b_w z$$

z là cánh tay đòn của các nội lực đối với một bộ phận có chiều cao không đổi tương ứng với mô-moment uốn tại cùng thời điểm như lực cắt trong bộ phận được xem

xét. Để tính toán sức chịu đựng lực cắt trên một tiết diện có cốt thép mà không có lực pháp tuyến, có thể chấp nhận giá trị dự đoán tốt nhất $z = 0,9d$.

- Với một tiết diện hình tròn có đường kính Φ ,

$$A_{fv} = 0.58\Phi^2$$

w_u là khe hở tới hạn của vết nứt đạt tới ở trạng thái ULS khi chịu uốn với lực dọc trục trên sợi cốt đầu mút, do mô-moment tác động trong tiết diện này.

Trong trường hợp bê tông UHPC thuộc loại T3*, biểu thức cho $\sigma_{Rd,f}$ trở thành:

$$\sigma_{Rd,f} = \frac{1}{K\gamma_{cf}} \cdot \frac{1}{\varepsilon^* - \varepsilon_{el}} \int_{\varepsilon_{el}}^{\varepsilon^*} \sigma_f(\varepsilon) d\varepsilon \quad 4-18$$

Trong đó:

$$\varepsilon^* = \max(\varepsilon_u; \varepsilon_{u,lim})$$

ε_u là độ giãn dài tương đối cực đại trong tính toán ở trạng thái cực hạn (ULS).

Ngoại trừ những bộ phận có kích thước rất nhỏ, trong các biểu thức (3-17) và (3-18), giá trị K để sử dụng là K_{global} . Để tính toán lực cắt, một bộ phận sẽ coi là có kích thước rất nhỏ nếu cả hai kích thước bề rộng b_w và chiều cao h đều nhỏ thua $5.L_f$, trong đó L_f là chiều dài của sợi cốt dài nhất đóng góp vào việc bảo đảm tính không giòn cho bộ phận đó.

+ **Lực cắt giới hạn bởi sự phá hoại dải chéo chịu nén $V_{Rd,max}$**

Với những cấu kiện bằng bê tông UHPC không có cốt thép chịu cắt, lực cắt cắt giới hạn bởi sự phá hoại dải chéo chịu nén là:

$$V_{Rd,max} = \frac{2,3\alpha_{cc}}{\gamma_c} b_w z f_{ck}^{2/3} \tan \theta \quad 4-19$$

θ độ nghiêng của ứng suất nén chính so với trục dọc.

Với những bộ phận bằng bê tông UHPC có cốt thép chịu cắt đặt nghiêng ở góc α :

$$V_{Rd,max} = 2,3 \frac{\alpha_{cc}}{\gamma_c} b_w z f_{ck}^{2/3} \left[\frac{V_{Rd,s}(\cot \theta + \cot \alpha)}{1 + \cot^2 \theta} + V_{Rd,f} \tan \theta \right] \cdot \left[\frac{1}{V_{Rd,s} + V_{Rd,f}} \right] \quad 4-20$$

Khi phần bụng dầm có cả ống bọc thép ứng suất trước, cho dù ống có được phun vữa hay không (bám dính hay không bám dính), thì bề rộng của dầm b_w phải trừ đi đường kính của ống này. Bề rộng này phải được thay thế bằng bề rộng danh nghĩa $b_{w,nom}$ được định nghĩa như sau:

$$b_{w,nom} = b_w - \Sigma \Phi \quad 4-21$$

+ **Bề rộng vết nứt cho phép**

Bề rộng vết nứt cho phép w_{max} được cho trong bảng dưới đây.

Bảng 4-1: Giá trị khuyến cáo của bề rộng vết nứt w_{max} (mm)

Loại mức độ hở	Cấu kiện bê tông UHPC có cốt thép và cấu kiện bê tông UHPC ứng suất trước không bám dính	Cấu kiện bê tông UHPC ứng suất trước có bám dính	Cấu kiện bê tông UHPC không có cốt thép và không có ứng suất trước	
	Do tải trọng dài hạn	Do tải trọng thường xuyên	Do tải trọng đặc trung	Do tải trọng thường xuyên
X0, XC1	0,3	0,2	0,3	0,3
XC2, XC3, XC4	0,2	0,1	0,2	0,1
XD1, XD2, XD3 XS1, XS2, XS3	0,1	Giới hạn kéo ở mức 2/3 $\min(f_{ctm,el},$ $f_{ctfm}/K_{global})$	0,1	0,05

+ **Tính toán bề rộng vết nứt**

Việc tính toán chỉ áp dụng vào các cấu kiện dày bằng bê tông UHPC thuộc loại T1 và T2. Việc kiểm tra bề rộng vết nứt là không cần thiết đối với cấu kiện mỏng và bê tông UHPC thuộc loại T3.

Đối với bê tông UHPC không cốt thép, bất đẳng thức sau đây phải được thỏa mãn:

$$w_{t,a} = \left(\varepsilon_{t,a} - \frac{f_{ctm,el}}{K \cdot E_{cm}} \right) \cdot L_c \leq w_{max} \quad 4-22$$

Trong đó:

$\varepsilon_{t,a}$ là biến dạng tương đối cực đại từ tính toán cân bằng tiết diện mà trong đó, các quy luật của bê tông UHPC là quy luật tính toán ở trạng thái SLS.

w_{max} là bề rộng vết nứt cho phép trong tính toán giới hạn đã cho trong Bảng 4-4: Giá trị khuyến cáo của bề rộng vết nứt w_{max} (mm).

L_c là chiều dài đặc trưng: $L_c = 2/3 \cdot h$; trong đó h là chiều cao của tiết diện.

Đối với bê tông UHPC có cốt thép, hoặc bê tông UHPC ứng suất trước, bất đẳng thức sau đây phải được thỏa mãn:

Trong đó:

w_{max} là bề rộng vết nứt tính toán giới hạn đã cho trong Bảng 4-1.

$w_{t,b}$ là bề rộng vết nứt được tính toán ở trạng thái thép chịu kéo lớn nhất. $w_{t,b}$ được suy ra từ w_s mà giá trị này chính là bề rộng vết nứt được tính toán tại cốt thép chịu kéo lớn nhất bằng biểu thức sau đây:

$$w_{t,b} = w_s(h - x - x') / (d - x - x') \quad 4-24$$

Trong đó:

h là chiều cao của tiết diện;

d là chiều cao hữu ích của tiết diện;

x là chiều cao vùng chịu nén;

x' là chiều cao vùng chịu kéo không bị nứt (giữa ứng suất 0 và $f_{ctm,el}$).

Bề rộng vết nứt tại cốt thép chịu kéo lớn nhất w_s được cho bởi biểu thức sau đây:

$$w_s = s_{r,max,f} \cdot (\varepsilon_{sm,f} - \varepsilon_{cm,f}) \quad 4-25$$

Trong đó:

$s_{r,max,f}$ là khoảng cách tối đa giữa các vết nứt, được tính toán theo công thức 4-31.

$\varepsilon_{sm,f}$ là biến dạng tương đối trung bình trên cốt thép dưới tác động của các tải trọng được xem xét, kể cả tác động của những biến dạng, có tính toán đến sự tham gia của bê tông UHPC chịu kéo giữa các vết nứt. Trong trường hợp một thanh căng ứng suất trước, có độ dãn dài tương đối vượt ra ngoài giới hạn trạng thái tương đương với không xuất hiện biến dạng trong bê tông ở cấp độ tương tự mới được đưa vào tính toán.

$\varepsilon_{cm,f}$ là biến dạng tương đối trung bình trong bê tông UHPC giữa các vết nứt;

$(\varepsilon_{sm,f} - \varepsilon_{cm,f})$ được tính toán theo Biểu thức 4-26 dưới đây:

$$\varepsilon_{sm,f} - \varepsilon_{cm,f} = \frac{\sigma_s}{E_s} - \frac{f_{ctfm}}{K_{global} \cdot E_{cm}} - \frac{1}{E_s} \left[k_t \left(f_{ctm,el} - \frac{f_{ctfm}}{K} \right) \cdot \left(\frac{1}{\rho_{eff}} + \frac{E_s}{E_{cm}} \right) \right] \quad 4-26$$

σ_s là ứng suất trong thép ứng suất trước, được tính toán cho bê tông UHPC bằng cách sử dụng quy luật tính toán trung bình ở trạng thái SLS. Đối với các bộ phận bằng bê tông UHPC được tạo ứng suất trước bằng việc kéo căng trước, σ_s có thể được thay thế bằng $\Delta\sigma_p$, sự thay đổi ứng suất trong thanh căng ứng suất trước từ trạng

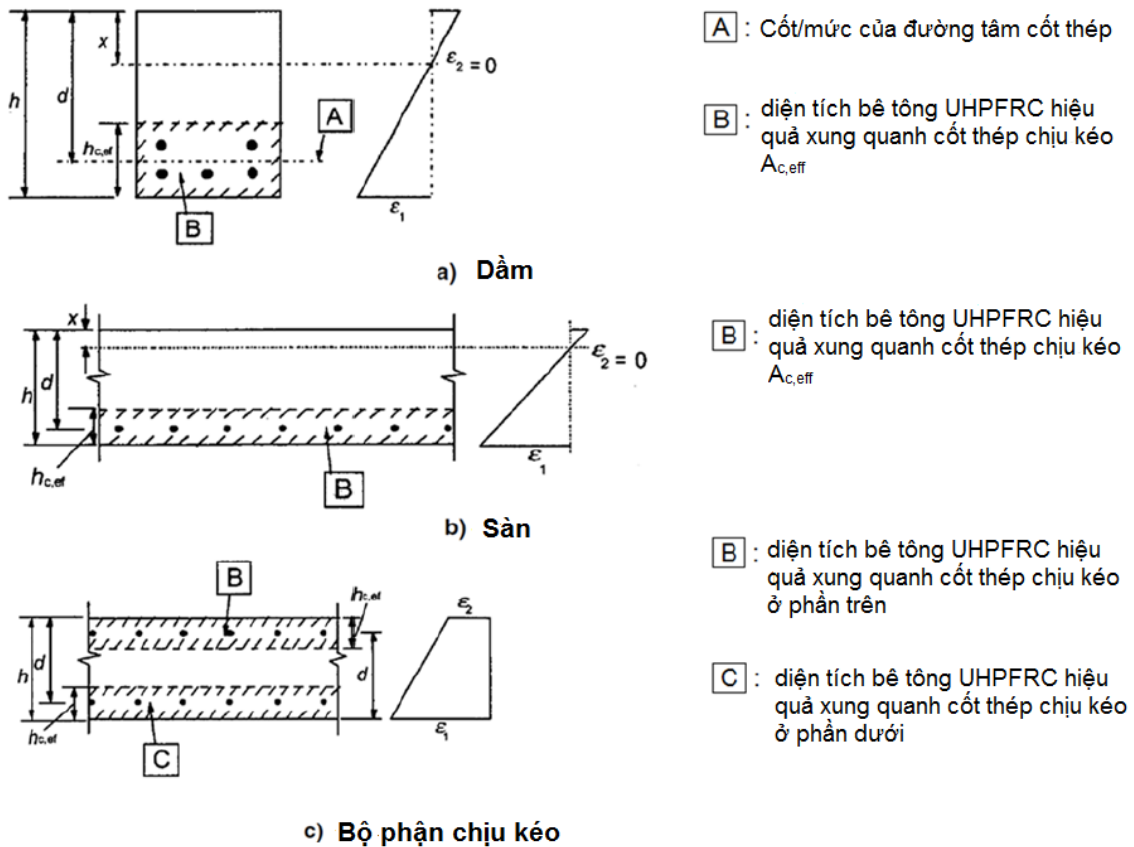
thái tương đương khi không có biến dạng trong bê tông UHPC ở cấp độ tương tự cho tới giới hạn đàn hồi $f_{p,0.1k}$.

Đối với bê tông UHPC thuộc loại T2, ứng suất σ_s được tính toán từ sự cân bằng của tiết diện sử dụng quy luật tính toán với giá trị ứng suất đặc trưng và $f_{ctm,el}$ phải được thay thế bằng $f_{ctk,el}$:

$$\rho_{eff} = A_s / A_{c,eff} \text{ đối với thép cốt;}$$

$$\rho_{eff} = A_p / A_{c,eff} \text{ đối với thép ứng suất trước;}$$

$A_{c,eff}$ là diện tích tiết diện ngang hiệu quả của bê tông UHPC xung quanh cốt thép ứng suất trước, của chiều cao $h_{c,ef}$ tương đương với giá trị nhỏ nhất của hai giá trị sau đây: $2,5(h-d)$ hoặc $h/2$ (xem Hình 4-7: Tiết diện ngang bê tông UHPC hiệu quả xung quanh cốt thép ứng suất trước).



Hình 4-7: Tiết diện ngang bê tông UHPC hiệu quả xung quanh cốt thép ứng suất trước (trường hợp tiêu chuẩn)

A_s hoặc A_p là các tổng diện tích của thép cốt hoặc thanh căng ứng suất trước nằm trong vùng bê tông UHPC $A_{c,eff}$.

k_t là một hệ số phụ thuộc vào trạng thái của tải trọng $k_t = 0,6$ trong trường hợp một tải trọng tác dụng trong ngắn hạn; $k_t = 0,4$ trong trường hợp một tải trọng tác dụng dài hạn khi bê tông vẫn trong giai đoạn ninh kết, hoặc trong trường hợp tải trọng lặp. Với một lớp thép ứng suất trước với khoảng cách s song song với mặt bê tông, việc tính toán theo các Biểu thức 4-25 và 3-26 là đủ nếu khoảng cách này thỏa mãn điều kiện:

$$s \leq 5 (c + \varnothing / 2)$$

Trong đó:

c là chiều dày lớp bê tông bảo vệ và \varnothing là đường kính của cốt thép.

Nếu khoảng cách s nằm vào khoảng giữa $5(c + \varnothing / 2)$ và $10 (c + \varnothing / 2)$, bề rộng vết nứt cực đại được tính theo biểu thức sau đây:

$$w_1 = \left[1 + 0,015\alpha\beta \left(\frac{s}{c + \frac{\varnothing}{2}} \right)^2 \right] w_{t,b} \quad 4-27$$

Trong đó:

$$\alpha = 1 - 0,5 \frac{f_{ctfm}}{K_{fctm,el}} > 0 \quad 4-28$$

và

$$\beta = \frac{100\rho_{eff}}{100\rho_{eff} + \frac{f_{ctfm}}{K \cdot f_{ctm,el}}} \quad 4-29$$

Bề rộng vết nứt thỏa mãn điều kiện:

$$w_1 \leq w_{max} \quad 4-30$$

Nếu khoảng cách của cốt thép mà lớn hơn $10 (c + \varnothing / 2)$, độ mở rộng vết nứt đã được hiệu chỉnh w_1 phải được tính toán với $s = 10 (c + \varnothing / 2)$.

Hệ số định hướng K_{global} gắn liền với định hướng theo chiều dọc. Đối với bê tông UHPC thuộc loại T2, $f_{ctm,el}$ và f_{ctfm} phải được thay thế bằng $f_{ctk,el}$ và f_{ctfk} trong các công thức 4-28 và 4-29.

Khoảng cách tối đa giữa các vết nứt có thể được tính toán bằng cách sử dụng Biểu thức 4-31. Biểu thức này bổ sung một thuật ngữ lớp phủ bê tông l_0 và một thuật ngữ

chiều dài truyền ứng suất l_t , cho trường hợp mà trong đó tất cả cốt thép có cùng đường kính và cùng sự bám dính:

$$s_{r,max,f} = 2,55(l_0 + l_t) \quad 4-31$$

Trong đó:

$$l_0 = 1,33 \cdot c / \delta$$

$$l_t = 2 \left[0,3k_2 \left(1 - \frac{f_{ctfm}}{K_{global} f_{ctm,el}} \right) \cdot \frac{1}{\delta \cdot \eta} \right] \cdot \frac{\phi}{\rho_{eff}} \geq \frac{L_f}{2}$$

$$\delta = 1 + 0,4 \left(\frac{f_{ctfm}}{K'_{global} f_{ctm,el}} \right) \leq 1,5$$

c là lớp phủ bê tông cho cốt thép có đường kính \emptyset ;

η lấy bằng giá trị 2,25

δ là tham số biểu thị sự tăng cường của cốt sợi trong sự ứng xử/làm việc của diện tích lớp bê tông bảo vệ và sự cải thiện về bám dính của cốt thép.

Hệ số K_{global} tương ứng với định hướng theo chiều dọc của cốt thép và K'_{global} là sự định hướng theo chiều ngang;

k_2 là hệ số tính đến sự phân bố của biến dạng ε trong tiết diện bị nứt; $k_2 = 1$ với trường hợp kéo thuần túy và 0,5 với trường hợp chịu uốn, có hoặc không có lực dọc trục với một tiết diện chịu nén cục bộ; $k_2 = (\varepsilon_1 + \varepsilon_2) / 2 \varepsilon_1$ với trường hợp chịu uốn có lực dọc trục với tiết diện bị kéo hoàn toàn, trong đó ε_1 và ε_2 là độ dãn dài dài nhất và ngắn nhất, của cốt sợi trong tiết diện.

c) Tính toán võng

Độ võng được tính toán bằng cách lấy tích phân độ cong.

Trong những tiết diện không bị nứt (cường độ kéo tối đa nhỏ thua $f_{ctm,el}$), độ cong là $\chi^I = M/EI$ (I là mô men lực quán tính của tiết diện).

Với bê tông UHPC thuộc loại T3 hoặc bộ phận mỏng, được đặc trưng ở trạng thái sau nứt bằng quy luật làm việc ứng suất σ_f – biến dạng trung bình ε của chúng, việc tính toán sự cân bằng trong tiết diện phẳng đem lại độ cong trung bình $\chi^{II,moy}$ trực tiếp từ biến dạng ε .

Với kết cấu bằng bê tông UHPC không cốt thép thuộc loại T1 và T2, việc tính toán cân bằng trong một tiết diện phẳng bị nứt từ quy luật $\sigma_f - w$ chuyển đổi thành quy luật $\sigma_f - \varepsilon$ đem lại (kết quả) biến dạng cực đại của bê tông UHPC bị nén ε_c tại chiều cao bị nén x ,

vì thế độ cong cực đại $\chi'' = \varepsilon_c / x$. Sự thay đổi độ cong này được coi là đường parabol dưới dạng một hàm số của khoảng cách y tính từ vết nứt:

$$\chi(y) = \chi_I + (\chi_{II} - \chi_I) \left(1 - \frac{y}{h - x}\right)^2 \quad 4-32$$

Ở những vùng mà trong đó, nhiều vết nứt cùng tồn tại, độ cong trung bình được cho bởi công thức sau đây:

$$\chi_{II,moy} = \frac{2\chi_I}{3} + \frac{\chi_{II}}{3} \quad 4-33$$

Với những kết cấu bằng bê tông UHPC có cốt thép thuộc loại T1 và T2, việc tính toán cân bằng trong một tiết diện phẳng bị nứt cho ứng suất σ_s của cốt thép và độ cong cực đại $\chi'' = \varepsilon_c / x$. Độ dẫn dài trung bình của cốt thép ε_{sm} được cho bởi công thức 4-32 và tỷ số của nó với biến dạng cực đại là $\varepsilon_{II} = \sigma_s / E_s$:

$$\varphi = \frac{\varepsilon_{sm}}{\varepsilon_{11}} = \frac{\varepsilon_{sm}}{\frac{\sigma_s}{E_s}} \quad 4-34$$

Khi đó, độ cong trung bình được cho bởi công thức sau đây:

$$\chi_{II,moy} = \varphi \chi_{II} \quad 4-35$$

Giá trị này đúng trên một độ dài dầm $s_{r,moy,f} / 2$ ở bên này hoặc bên kia của tiết diện, $s_{r,moy,f}$ là độ dẫn cách trung bình của vết nứt, tương đương với $s_{r,max,f}$ được tính toán bởi công thức 4-31 chia cho 1,7. Nếu cốt thép với sự bám dính khác nhau được phối hợp, giá trị của σ_s được chỉnh lại cho đúng nếu cần thiết, đối với việc tính toán tiết diện phẳng.

5 Nguyên lý tính toán cấu kiện chịu nén – uốn (cột)

Tính toán kiểm tra cột sử dụng bê tông tính năng siêu cao ứng suất trước.

Cột chịu tải trọng nén P ; mômen uốn M .

Các thông số kích thước: chiều dài cột l , liên kết ngàm 2 đầu; tiết diện cột.

Thông số vật liệu bê tông: E_c , $f_{ck} = 110MPa$

Cường độ chịu nén tính toán.

Cường độ chịu kéo tính toán.

Thông số vật liệu thép:

Thép sử dụng 2 T7 ($\phi 7,01mm$) sản xuất theo ASTM A421M có $f_{pu} = 1620 N/mm^2$. Lực kéo ban đầu F_0 (kN), lực còn lại sau khi cắt cáp F (kN).

Tính toán kiểm tra:

Ứng suất trên bê tông do kéo căng: F/A_c

Ứng suất trên bê tông do lực nén dọc trục: P/A_t

Ứng suất thớ ngoài do mô men uốn: $M.c/l$

Ứng suất lớn nhất tại thớ ngoài:

- $F/A_c - P/A_t + M.c/l$ nhỏ hơn ứng suất kéo cho phép

Ứng suất nhỏ nhất tại thớ ngoài:

- $F/A_c - P/A_t - M.c/l$ nhỏ hơn ứng suất nén cho phép

Vậy cột như đã thiết kế đảm bảo khả năng chịu lực.

6 Nguyên lý cấu tạo

6.1 Độ bền lâu và lớp phủ bê tông bảo vệ cốt thép

Việc ngăn ngừa ăn mòn những thanh cốt sợi và sự ăn mòn cốt thép chịu lực lẫn cốt thép cấu tạo phụ thuộc vào độ đặc chắc và chất lượng của bê tông cốt sợi tính năng siêu cao UHPC, đặc biệt là ở vùng lớp bê tông bảo vệ cốt thép, phải tuân thủ với những yêu cầu gắn liền với sự phân loại về mức độ tiếp xúc với môi trường đã được mô tả trong mục 5.3 của tiêu chuẩn NF P 18-470;

Bảng 6.1 Các loại mức độ lộ hở trước môi trường của bê tông theo điều kiện môi trường

Tên loại mức độ	Mô tả môi trường	Ví dụ tham khảo về điều kiện làm việc của kết cấu
1. Không có rủi ro về ăn mòn hoặc sự tấn công của môi trường		
X0	Đối với bê tông không cốt thép hoặc kim loại chôn chìm trong bê tông: mọi mức độ lộ hở, ngoại trừ trường hợp có sự đóng/tan băng, sự mài mòn hoặc sự tấn công của hóa chất; Với bê tông có cốt thép hoặc kim loại chôn chìm trong đó: rất khô.	Bê tông bên trong tòa nhà có độ ẩm không khí rất thấp
2. Sự ăn mòn do hiện tượng cacbonat hóa		

Nơi nào mà bê tông cốt thép hoặc bê tông có những phần bằng kim loại chìm trong đó lộ ra trước (tiếp xúc với) không khí và độ ẩm, lúc đó các mức độ lộ hở phải được định nghĩa như dưới đây:		
XC1	Khô hoặc ướt một cách thường xuyên	Bê tông bên trong tòa nhà có độ ẩm thấp, bê tông thường xuyên bị ngập chìm trong nước
XC2	Ướt, hiếm khi khô	Bề mặt bê tông chịu sự tiếp xúc với nước dài hạn; Nhiều nền móng công trình.
XC3	Độ ẩm ở mức trung bình	Bê tông bên trong tòa nhà có độ ẩm không khí ở mức trung bình hoặc cao. Bê tông bên ngoài được che chắn mưa
XC4	Ướt và khô theo chu kỳ	Bề mặt bê tông chịu sự tiếp xúc với nước, không phải trong phạm vi mức độ lộ hở XC2;

3.Sự ăn mòn do Chlorides gây ra

Nơi nào mà bê tông cốt thép hoặc bê tông có những phần bằng kim loại phải chịu sự tiếp xúc với nước có chứa chlorides, không phải từ nguồn nước biển, lúc đó các mức độ lộ hở phải được định nghĩa như dưới đây:		
XD1	Độ ẩm trung bình	Bề mặt bê tông lộ hở trước (tiếp xúc với) Chlorides bay trong không khí (airborne chlorides)
XD2	Ướt và hiếm khi khô	Bể bơi; Thành phần bê tông lộ hở/tiếp xúc với nước (thải) công nghiệp chứa chlorides.
XD3	Ướt và khô theo chu kỳ	Các phần/bộ phận cầu tiếp xúc với dung dịch bơm phun có chứa chlorides; Vĩa hè, bản sàn nơi đỗ xe.

4.Sự ăn mòn do Clorides từ nước biển

Nơi nào mà bê tông cốt thép hoặc bê tông có những phần bằng kim loại phải chịu sự tiếp xúc với chlorides của nước biển, hoặc tác động của không khí mang theo muối biển, lúc đó các mức độ lộ hở phải được định nghĩa như dưới đây:		
XS1	Tiếp xúc với muối bay	Công trình gần với hoặc trên bờ biển

	trong không khí nhưng không phải là tiếp xúc trực tiếp với nước biển.	
XS2	Ngập chìm thường xuyên trong nước biển	Các phần của công trình biển
XS3	Các vùng thủy triều, sóng đánh tung tóe, vùng phun (spray zones).	Các phần của công trình biển

5. Sự tấn công (ăn mòn) do hiện tượng đóng băng:

Khi bê tông phải chịu một sự tấn công đáng kể do các chu kỳ đóng băng trong khi nó đang ẩm ướt, thì các mức độ lộ hở phải được định nghĩa như dưới đây:

XF1	Sự bão hòa nước ở mức trung bình, không có phụ gia làm tan băng	Bề mặt bê tông thẳng đứng tiếp xúc với nước mưa và sự đóng băng.
XF2	Sự bão hòa nước ở mức trung bình, có phụ gia làm tan băng	Bề mặt bê tông thẳng đứng hoặc công trình đường bộ (road structures) tiếp xúc với sự đóng băng và phụ gia làm tan băng bay trong không khí.
XF3	Sự bão hòa nước ở mức cao, không có phụ gia làm tan băng	Bề mặt bê tông nằm ngang tiếp xúc với mưa và sự đóng băng.
XF4	Sự bão hòa nước ở mức cao, có phụ gia làm tan băng	Đường bộ và sàn cầu tiếp xúc với phụ gia làm tan băng; Bề mặt bê tông tiếp xúc với dung dịch phun trực tiếp chứa phụ gia làm tan băng và tiếp xúc với sự đóng băng; Vùng sóng đánh của công trình biển tiếp xúc với sự đóng băng

6. Sự tấn công hóa học

Khi bê tông phải chịu sự tấn công hóa học do đất và nước ngầm tự nhiên gây ra, các mức độ lộ hở phải được định nghĩa như dưới đây:

XA1	Môi trường hóa chất xâm	Bê tông tiếp xúc với đất nền tự nhiên và nước
-----	-------------------------	---

	thực nhẹ	ngâm phù hợp với Bảng 3 của tiêu chuẩn NF P18-470.
XA2	Môi trường hóa chất xâm thực mức trung bình	Bê tông tiếp xúc với đất nền tự nhiên và nước ngâm phù hợp với Bảng 3 của tiêu chuẩn NF P18-470.
XA3	Môi trường hóa chất xâm thực mạnh	Bê tông tiếp xúc với đất nền tự nhiên và nước ngâm phù hợp với Bảng 3 của tiêu chuẩn NF P18-470.

Bảng 6.2 Những yêu cầu về giá trị chiều dày lớp bê tông bảo vệ tối thiểu $c_{min,dur}$ về độ bền lâu cho thép cốt tuân thủ với tiêu chuẩn EN 10080

Những yêu cầu về môi trường đối với chiều dày lớp bê tông bảo vệ tối thiểu $c_{min,dur}$ (mm)							
Loại hình kết cấu	Loại hình/ điều kiện làm việc						
	X0	XC1	XC2/XC3	XC4	XD1/XS1	XD2/XS2	XD3/XS3
S1	-	5	5	10	10	15	15
S2		5	10	10	15	15	20
S3		5	10	15	15	20	20
S4		10	15	15	20	20	20
S5		10	15	20	20	20	25
S6		15	20	20	20	20	25

Bảng 6.3 Những yêu cầu về Giá trị chiều dày lớp bê tông bảo vệ tối thiểu $c_{min,dur}$ về độ bền lâu cho thép ứng suất trước

Những yêu cầu về môi trường đối với chiều dày lớp bê tông bảo vệ tối thiểu $c_{min,dur}$ (mm)							
Loại hình kết cấu	Loại hình/ điều kiện làm việc						
	X0	XC1	XC2/XC3	XC4	XD1/XS1	XD2/XS2	XD3/XS3
S1	-	5	10	15	15	20	20

S2		10	15	20	20	20	25
S3		10	15	20	20	20	25
S4		15	20	20	20	25	25
S5		15	20	20	25	25	30
S6		20	20	25	25	30	30

6.2 Kiểm soát vết nứt

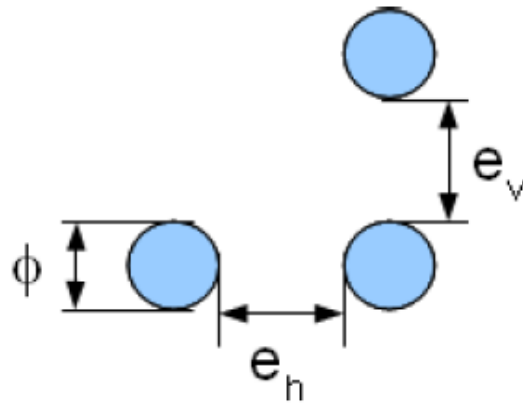
Bề rộng vết nứt tính toán w_{max} được cho trong Bảng 6.4 dưới đây.

Bảng 6.4 Giá trị khuyến cáo của bề rộng vết nứt w_{max} (mm)

Điều kiện làm việc	Cấu kiện bê tông UHPC có cốt thép và cấu kiện bê tông UHPC ứng suất trước không bám dính	Cấu kiện bê tông UHPC ứng suất trước có bám dính	Cấu kiện bê tông UHPC không có cốt thép và không có ứng suất trước	
	Do tải trọng dài hạn	Do tải trọng thường xuyên	Do tải trọng đặc trưng	Do tải trọng thường xuyên
X0, XC1	0.3	0.2	0.3	0.3
XC2, XC3, XC4	0.2	0.1	0.2	0.1
XD1, XD2, XD3 XS1, XS2, XS3	0.1	Giới hạn kéo ở mức 2/3 $\min(f_{ctm,el}, f_{ctfm}/K_{global})$	0.1	0.05

6.3 Khoảng cách giữa các thanh thép

Khoảng cách e_h theo chiều ngang và e_v theo chiều đứng giữa các thanh cốt thép song song phù hợp với Hình 6.1 dưới đây:



Hình 6.1 – Khoảng cách thoáng giữa các thanh cốt thép

Khoảng cách e_h và e_v phải thỏa mãn điều kiện sau đây:

$$e_v \geq e_{\text{mini}} = \max\{ \phi ; (D_{\text{sup}} + 5 \text{ mm}) ; 1.5 L_f ; 20 \text{ mm} \} \quad (8.201)$$

$$e_h \geq e_{\text{mini}} = \max\{ \phi ; (D_{\text{sup}} + 5 \text{ mm}) ; 1.5 L_f ; 20 \text{ mm} \} \quad (8.202)$$

Trong đó:

D_{sup} là kích thước định danh (nominal upper dimension) của cốt liệu lớn nhất (xem mục 5.4.3 của Tiêu chuẩn NF P18-470);

ϕ là đường kính danh định của thanh cốt thép;

L_f là chiều dài của sợi thép;

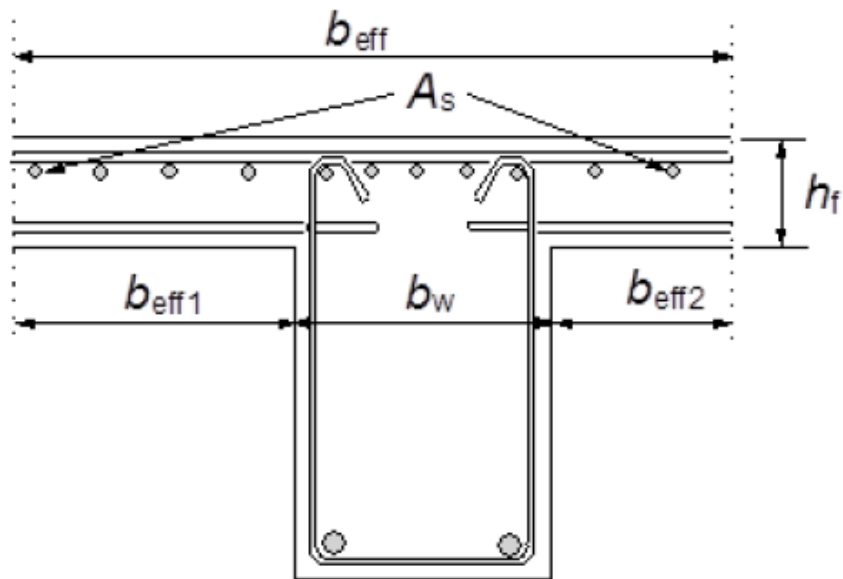
Khoảng cách giữa các thanh cốt thép phải lớn hơn $1.5 L_f$ để bảo đảm bê tông UHPC chảy qua được.

CHÚ THÍCH: Giá trị tối thiểu $1.5 L_f$ có thể được giảm xuống nhưng không nhỏ hơn $1.0 L_f$, và phải được thử nghiệm (kiểm tra bằng mắt sau khi cắt ra).

6.4 Các chi tiết khác

- Trong thi công toàn khối, thậm chí khi gối đỡ đơn giản đã được giả thiết trong thiết kế, tiết diện tại gối đỡ cần được thiết kế với một mô-men uốn bằng ít nhất là 0.15 mô-men uốn cực đại ở giữa nhịp.

- Khi cốt thép được đặt ở các gối đỡ trung gian của dầm liên tục, tổng diện tích cốt thép chịu kéo A_s của một tiết diện ngang phần cánh cần được phân bố trên bề rộng hiệu quả của phần cánh trên. Một phần cốt thép có thể được tập trung trong phạm vi bề rộng dầm (xem Hình 6.2).



Hình 6.2 – Bố trí cốt thép chịu kéo trong tiết diện ngang phần cánh của dầm