



Công ty TNHH Xây Dựng và Thương Mai Auber
Số 38 Đường số 2, Phường 5, Quận 8
Thành phố Hồ Chí Minh
Website: <http://auber.com.vn>

TÀI LIỆU BÊ TÔNG TRỘN SỢI THÉP (SFRC)

Giới thiệu chung - Ứng dụng – Kiểm soát chất lượng



Auber Co., Ltd Copyright



MỤC LỤC

1 GIỚI THIỆU	1
2 BÊ TÔNG TRỘN SƠI THÉP (SFRC) VÀ ĐẶC TRƯNG VẬT LIỆU	1
2.1 Loại sợi thép.....	2
2.2 Hình thức đóng gói, vận chuyển.....	3
2.3 Thành phần bê tông	4
2.4 Cường độ trước khi nứt.....	5
2.5 Xác xuất thống kê khi trong thí nghiệm.....	10
2.6 Cấp độ bền bê tông.....	11
2.7 Độ dẻo và năng lượng hấp thụ.....	11
2.8 Chống nứt.....	12
2.9 Độ mài, tải lặp.....	13
2.10 Tài va đập, tải động.....	14
2.11 Co ngót, từ biến.....	15
2.12 Độ bền.....	15
2.13 Khả năng chịu nhiệt.....	16
2.14 Độ dẫn điện và kháng trớ.....	16
3 HỆ SỐ AN TOÀN	17
3.1 Yêu cầu mức độ an toàn.....	17
3.2 An toàn trong thiết kế.....	18
4 KIỂM SOÁT CHẤT LƯỢNG	18
4.1 Chất lượng sợi thép.....	18
4.2 Chất lượng bê tông.....	19
5 BÊ TÔNG TRỘN SƠI THÉP (SFRC) KHI CHỊU UỐN	19
5.1 SFRC, Bê tông trộn sợi thép (không kết hợp thanh thép).....	21
5.1.1 Sàn trên nền.....	21
5.1.2 Sàn trên cọc.....	24
5.2 SFRC, Bê tông trộn sợi thép kết hợp thanh thép.....	25
6 BÊ TÔNG TRỘN SƠI THÉP (SFRC) KHI CHỊU CẮT	27
6.1 Chịu cắt.....	27
6.2 Chống xuyên thủng:.....	27
7 TỔNG KẾT	28
8 PHỤ LỤC 1 – THÔNG SỐ KỸ THUẬT SƠI THÉP	30
9 PHỤ LỤC 2 – TRÌNH TỰ DỊCH VỤ THIẾT KẾ - THI CÔNG CHO SÀN SFRC	31



Công ty TNHH Xây Dựng và Thương Mai Auber
Số 38 Đường số 2, Phường 5, Quận 8
Thành phố Hồ Chí Minh
Website: <http://auber.com.vn>

Hình 1 - Hình dạng sợi thép	3
Hình 2 - Bao bì sợi thép Auber	4
Hình 3 - Biểu đồ ứng suất – biến dạng.....	5
Hình 4 - Vết nứt trong bê tông khi có sợi thép	5
Hình 5 - Phát triển vết nứt trong bê tông không sợi thép và có sợi thép	6
Hình 6 - Năng lượng hấp thụ trong biểu đồ Tải – chuyển vị.....	11
Hình 7 - Sợi thép tiếp tục làm việc sau khi nứt.....	12
Hình 8 -Biểu đồ quan hệ giữa S-N cho theo hàm lượng sợi	14
Hình 9 - Thi nghiệm chịu tải va đập	14
Hình 10 - Tác dụng gây nứt của co ngót của sàn trên nền (Carlswärd, 2006)	15
Hình 11 - Thi nghiệm uốn dầm.....	19
Hình 12 - Biểu đồ tải tác dụng-biến dạng.....	20
Hình 13 - Cảm biến đo mở rộng vết nứt CMOD	20
Hình 14 - Mặt bằng và mặt cắt Tải phân bố và vùng ảnh hưởng của tải lên đất nền	22
Hình 15 - Moment phân bố trong sàn trên nền khi chịu tải tập trung	22
Hình 16 - Nền “không cần khe nối” (“jointless”) nhà kho, 38mx38m	23
Hình 17 - Mặt bằng sàn trên cọc	24
Hình 18- Mặt cắt đường moment uốn trên sàn giữa hai cọc	24
Hình 19 - Mặt bằng sàn vị trí mechanism I và II theo hai phương x,y.....	25
Hình 20 - Bê tông sợi thép trộn kết hợp thanh thép.....	26
Hình 21 - Biểu đồ ứng suất-biến dạng trong cấu kiện SFRC kết hợp thanh thép	26
Hình 22 - Mặt cắt & mặt bằng tải tác dụng lên sàn trên nền	28



1 GIỚI THIỆU

Từ trước đến nay, khi nhắc đến cấu kiện bê tông, chúng ta thường sử dụng rộng rãi bê tông truyền thống (bê tông và bê tông cốt thép), các ứng dụng của bê tông và bê tông cốt thép áp dụng cho rất nhiều công trình và có nhiều ứng dụng trong kết cấu. Gần đây xuất hiện cấu kiện mới là "**Bê tông trộn sợi thép**" (Steel fiber reinforcement concrete, SFRC).

Bê tông trộn sợi thép khác với bê tông cốt thép, do đó phương pháp nghiên cứu để đánh giá và hiểu ứng xử của bê tông sợi thép sẽ khác với phương pháp truyền thống.

Thập niên 70 bê tông trộn sợi thép đưa vào thị trường sử dụng rộng rãi ở Mỹ, Nhật, châu Âu. Hiện tại ở các nước này có bộ tiêu chuẩn đầy đủ để áp dụng vào thực tiễn.

Tài liệu này giúp chúng ta tiếp cận với một loại vật liệu mới, mà sẽ được sử dụng rộng rãi sau này ở thị trường Việt Nam. Chúng ta sẽ tìm hiểu về:

- Đặc tính cơ bản của bê tông cốt thép và bê tông trộn sợi thép
- Trường hợp thiết kế điển hình được xét đến
- Sự khác nhau giữa đặc tính từng phần và tổng thể
- Ứng dụng sử dụng bê tông trộn sợi thép
- Sự kết hợp giữa sợi thép và thanh thép cũng được xem xét đến
- Phương pháp nào cho người thiết kế và kiểm soát được chất lượng sản phẩm
- Kinh nghiệm thực tế thi công

Mục tiêu cơ bản của tài liệu hướng đến kỹ sư, chuyên gia và người đọc nói chung muốn tìm hiểu về thiết kế bê tông trộn sợi thép và áp dụng thành công bê tông trộn sợi thép từ giai đoạn thiết kế đến thi công, nghiệm thu.

2 BÊ TÔNG TRỘN SỢI THÉP (SFRC) VÀ ĐẶC TRƯNG VẬT LIỆU

Không giống như kết cấu bê tông cốt thép thông thường, bê tông trộn sợi thép không liên tục, làm việc theo 3 phương, đồng nhất cho một làn trộn bê tông. Các sợi này được làm bằng nhiều vật liệu, nhiều hình dạng, kích thước khác nhau.

Tuy nhiên, các sợi này khi trộn vào bê tông sẽ có đặc điểm vật liệu trong bê tông giống nhau. Nó không chỉ đơn giản là bê tông và sợi thép làm việc độc lập, mà chúng tạo thành vật liệu hỗn hợp với hàm lượng sợi thép nhất định được gọi là "bê tông trộn sợi thép", coi như vật liệu composite.



Công ty TNHH Xây Dựng và Thương Mai Auber
Số 38 Đường số 2, Phường 5, Quận 8
Thành phố Hồ Chí Minh
Website: <http://auber.com.vn>

Có những thông tin cơ bản về bê tông trộn sợi thép và hiệu ứng của chúng trong bê tông sẽ giúp chúng ta chuẩn bị chính xác về phương diện kỹ thuật và kinh tế.

2.1 Loại sợi thép

Theo tiêu chuẩn ASTM A820, sợi thép được chia làm 4 loại theo phương pháp sản xuất, nhưng được thêm vào khả năng chịu kéo tối thiểu, sai lệch cho phép kích thước, độ đồng nhất vật liệu

Loại 1: sợi cán lạnh

Loại 2: sợi có răng cưa

Loại 3: sợi cán nóng

Loại 4: loại khác

Hơn nữa, còn một số đặc trưng bao gồm:

Mặt cắt của sợi: hình tròn, phẳng, hình bán nguyệt ...

Hình dạng: thẳng, có mõm, dạn sóng

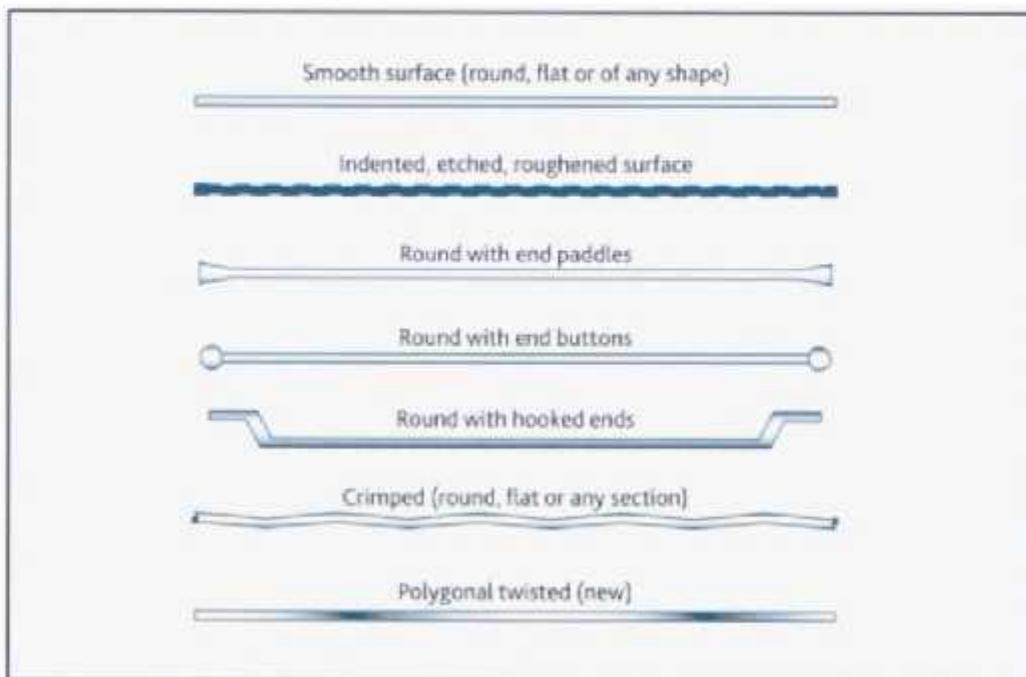
Chiều dài: 19-60mm

Tỷ lệ chiều dài/đường kính: 30-100

Cường độ chịu kéo: 345-2800 Mpa

Mô đun Young: 205 GPa

Độ dẻo: có khả năng gấp 180° không bị gãy



Hình 1 - Hình dạng sợi thép

Với cùng một hình dạng móc của sợi, chiều dài và đường kính là hai thông số ảnh hưởng lớn nhất tới ứng xử của sợi thép trong bê tông. Do đó tỉ lệ chiều dài trên đường kính l/d ảnh hưởng đến hiệu quả của vật liệu. Hàm lượng sợi thép trong bê tông (đơn vị kg/m^3) cao cũng tăng hiệu quả của vật liệu.

2.2 Hình thức đóng gói, vận chuyển

Những sợi mảnh và dài sẽ hiệu quả khi trộn vào bê tông (trình bày ở mục 2.1). Có vài trường hợp cần sợi dài và mảnh (tỉ lệ l/d cao), khi đó các sợi này dễ bị uốn và cuộn lại với nhau trong bê tông, đồng nghĩa không thể trộn loại sợi này với hàm lượng cao.

Điều hiển nhiên, tỉ lệ l/d cao tương ứng với số lượng lớn sợi thép và lưới sợi thép sẽ nhiều. Tất cả các lưới sợi thép này sẽ là ma trận trong bê tông, do đó đòi hỏi chú ý nhiều hơn tới thiết kế hỗn hợp nhiều loại sợi thép.

Sợi thép được đóng gói trong bao giấy chống ẩm 20 kg/bao, phù hợp với sức nâng của một người và phù hợp với mẻ trộn thông thường (hàm lượng 20-30 kg/m^3 bê tông)



Công ty TNHH Xây Dựng và Thương Mai Auber
Số 38 Đường số 2, Phường 5, Quận 8
Thành phố Hồ Chí Minh
Website: <http://auber.com.vn>



Hình 2 - Bao bì sợi thép Auber

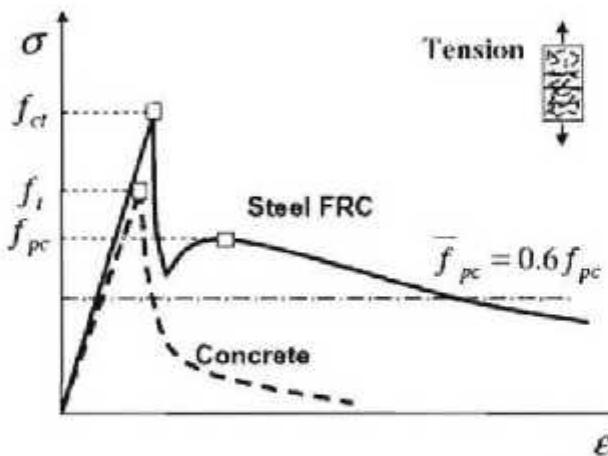
2.3 Thành phần bê tông

Sợi thép khi trộn vào bê tông sẽ có sự khác biệt với khi bê tông có cốt thép. Nhưng chỉ đơn giản sợi thép trộn vào bất kỳ loại bê tông sẽ không tạo ra hiệu quả sử dụng của sợi thép trong bê tông. Tùy thuộc loại sợi và số lượng sợi trộn vào bê tông, điều chỉnh thiết kế cấp phối bê tông có thể phải thực hiện. Yếu tố cần xem xét tới như:

- Tăng hàm lượng vữa
- Tăng hàm lượng các hạt mịn
- Điều chỉnh đường cong phân loại hạt
- Sử dụng chất dẻo tới siêu dẻo

Một yếu tố nữa cũng quan trọng không kém là chọn cường độ chịu kéo của sợi thép. Điều này phụ thuộc vào thiết bị tạo sợi thép, vật liệu mà sợi thép (kẽm, đồng, ...). Hệ thống neo, móc, sê biến dạng và xuất hiện khả năng kháng lại sự tách rời này. Khả năng rất thấp sợi thép bị đứt rời, nếu sợi thép đứt thì khả năng chịu tái trước khi nứt (2.4), tính dẻo và tính chảy dẻo của cấu kiện (2.7) sẽ nhanh chóng bị giảm.

Để tránh khả năng sợi thép bị đòn, để tăng khả năng làm việc của sợi thép với sợi cường độ cao (>1000 MPa) và thậm chí siêu cao (>1500 MPa) được sử dụng trong bê tông.



Hình 3 - Biểu đồ ứng suất – biến dạng

Auber đưa ra nghiên cứu và thực nghiệm về cách chọn các loại sợi và làm thế nào để tối ưu hóa các thành phần bê tông và cách thức trộn.

2.4 Cường độ trước khi nứt

Một trong những tính chất chủ yếu của bê tông trộn sợi thép là khả năng truyền ứng suất (lực) tại mặt cắt bị nứt. Điều này không có ở bê tông đơn thuần (không có cốt thép), nơi mà toàn bộ khả năng chịu tải mất đi khi xuất hiện vết nứt. Ứng xử này cũng có trong bê tông cốt thép truyền thống (thanh hoặc lưới thép) gia cường.

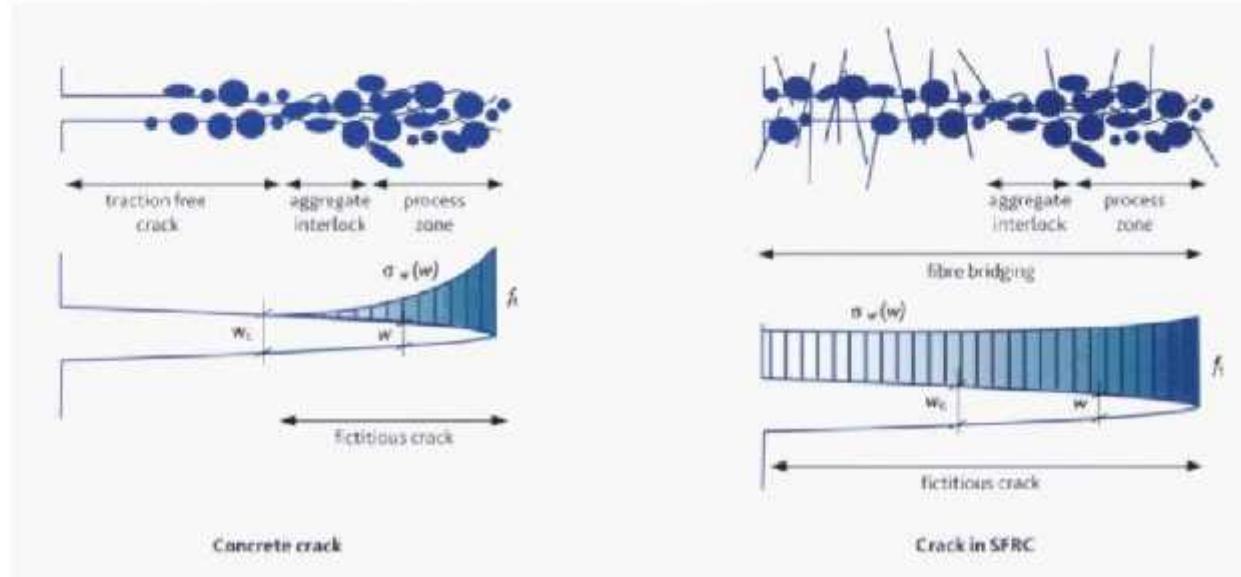


Hình 4 - Vết nứt trong bê tông khi có sợi thép

Sợi thép tiếp nhận ứng suất sớm nhất trong giai đoạn nứt, do đó giảm thiểu năng lượng gây nứt. Với các sợi thép dài hơn và số lượng lớn sợi trộn trong bê tông, khả năng ít xuất hiện vết nứt càng cao.

Hình 5 ở dưới mô tả vi mô vết nứt xuất hiện trong bê tông không có thép và trong bê tông có sợi thép:

- Trong bê tông không có thép vết nứt ngày càng mở rộng, không có kháng nứt (bề rộng vết nứt tăng)
- Trong bê tông có sợi thép: nhờ liên kết các sợi thép giữa vết nứt, khả năng kháng nứt luôn tồn tại, vết nứt khó mở rộng



Hình 5 - Phát triển vết nứt trong bê tông không sợi thép và có sợi thép

Cường độ kéo trước khi nứt có thể quy đổi từ cường độ uốn bởi một hệ số chuyển đổi. Hệ số này phụ thuộc vào cường độ của bê tông trộn sợi thép và thí nghiệm thực hiện.

Cấp độ và hình dáng của đường cong ứng suất trước khi nứt cơ bản phụ thuộc:

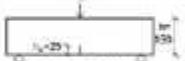
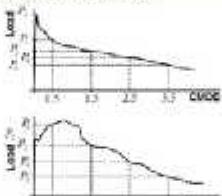
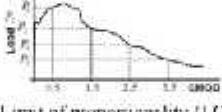
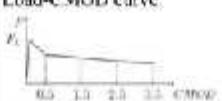
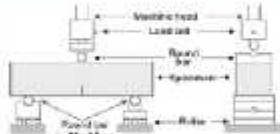
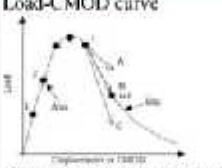
- Loại sợi thép
- Số lượng sợi thép tại vị trí nứt
- Hình dạng sợi thép neo, móc ...
- Chiều dài sợi thép
- Phương nằm của sợi thép
- Ma trận bê tông và cường độ
- Cường độ chịu kéo của bê tông và sợi thép

Để xác định các thông số của bê tông trộn sợi thép, thí nghiệm kiểm soát độ vồng dầm và tấm phẳng là những thí nghiệm tiêu chuẩn để thực hiện. Có nhiều tiêu chuẩn, hướng dẫn và những đề xuất đã có trên thế giới.

Dưới đây là mô tả, cách thức thí nghiệm và kết quả xuất ra của các thí nghiệm



uốn theo từng tiêu chuẩn:

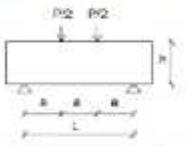
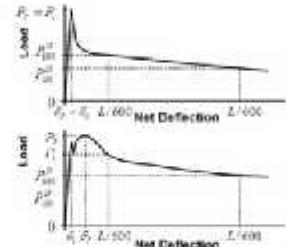
Test method	Type and shape of specimen	Fiber and aggregate limitations	Test setup	Results
Beam geometry: Three-point bending				
EN 14651 – 2005 ^a (EN14651 2007)	Notched beam $w = d = 150 \text{ mm}$ $550 \text{ mm} \leq s \leq 700 \text{ mm}$, $W_{\text{notch}} \leq 5 \text{ mm}$, $h_{\text{sp}} = 125 \pm 1 \text{ mm}$	Maximum size aggregate of 32 mm Maximum fiber length of 60mm	 Specimen rotated 90° from cast orientation before notching. Test after 28 days.	 Load CMOD curve  Limit of proportionality (LOP): $f'_{\text{rel},j} = \frac{3P_j L}{2b h_{\text{sp}}^2}$ <i>Where $P_j = \max P$ within $0 \leq \text{CMOD} \leq 0.05 \text{ mm}$</i> Residual flexural tensile strength: $f_{\text{rel},j} = \frac{3P_j L}{2b(h - h_j)^2} \quad j = 1, 2, 3, 4$ <i>at $\text{CMOD} = \{0.5, 1.5, 2.5, 3.5\}$</i>
<i>fib Model Code 2010</i> (fib 2012)	Identical to EN 14651	Identical to EN 14651	Identical to EN 14651	Load-CMOD curve:  Limit of proportionality (LOP): $f'_{\text{rel},j} = \frac{3F_j L}{2b h_{\text{sp}}^2}$ Residual flexural tensile strengths: $f_{\text{rel},j} = \frac{3F_j L}{2b(h - h_j)^2} \quad j = 1, 2, 3, 4$ <i>at $\text{CMOD} = \{0.5, 1.5, 2.5, 3.5\}$</i> Classification from ratio of characteristic residual strengths: $\frac{f_{\text{rel}1}}{f_{\text{rel}4}}$ <i>f_{rel1} - serviceability</i> <i>f_{rel4} - ultimate</i>
JCI-S-002-2003 (JCI-S-002 2003)	Notched beam, w and $d \geq 4 \cdot d_n$, $s \geq 3,5d$, notch depth $a_0 = 0,3d$, notch width $a_0 \leq 5 \text{ mm}$, $h_{\text{sp}} = 0,7 \cdot d$, according to JCI-SF2	Minimum fiber content of 0.3% by volume Maximum size aggregate $d_a \leq 0,5l_{\text{per}}$	 Three-point bending test, span length min. $L = 3 \cdot d$, rotated 90° from cast orientation Accuracy of min 1/500 or better, rate in terms of CMOD 0.0005d to 0.004d/min or LPD 0.0004/l to 0.003/l/mm, loading until min CMOD= 0.02d or LPD= 0.015d	 Poly-linear inverse analysis Cohesive stress-crack opening 

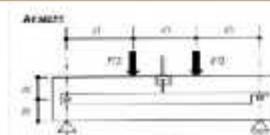
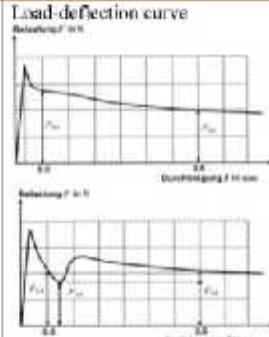


Test method	Type and shape of specimen	Fiber and aggregate limitations	Test setup	Results
RILEM TC 162-TDF-2002 (162-TDF 2002)	Identical to EN 14651	Identical to EN 14651	Identical to EN 14651	<p>Load-CMOD curve</p> <p>Limit of proportionality (LOP):</p> $f_{cr,r} = \frac{3F_r L}{2bh_{cr}^2}$ <p>Energy absorption capacity $D'_{cr,r}$ (area under the curve)</p> <p>Equivalent flexural tensile strengths:</p> $f_{eq,r} = \frac{3(D'_{cr,r})}{2(0.50)} \frac{L}{bh_{cr}^2}, f_{eq,j} = \frac{3(D'_{cr,j})}{2(2.50)} \frac{L}{bh_{cr}^2}$ <p>Residual flexural tensile strengths:</p> $f_{r,r} = \frac{3F_r L}{2b(h - h_r)^2}, j = 1, 2, 3, 4$ <p>at: CMOD = {0.5, 1.5, 2.5, 3.5}</p>

Test method	Type and shape of specimen	Fiber and aggregate limitations	Test setup	Results
Beam geometry: Four-point bending				
CNR-DT 204/2006, Italian Recommendation (CNR-DT204 2007)	Notched beam, 600 mm \times 150 mm \times 150 mm, test as UNT 11039	Minimum fiber content 0.3% by volume Maximum size aggregate $d_a \leq 0.5d_{cr,r}$	<p>Four-point bending test, span length $L = 450$ mm, $h_c/L = 105$ mm/450 mm = 0.233</p> <p>Constant rate of 0.05 ± 0.01 mm/min until 0.65 mm CMOD, after increase rate to 0.5 ± 0.02 mm</p>	<p>Load-crack opening curve</p> <p>Nominal strength-crack opening curve</p> <p>Strengths at point values: $\sigma_u = \frac{6PL}{bL_c^2}$</p> <p>Or as mean values: $f_{eq} = \frac{l}{b(h - h_r)^2} \frac{U_1}{0.6}$, $f_{eq,1} = \frac{l}{b(h - h_r)^2} \frac{U_2}{2.4}$</p> <p>where U_1 and U_2 are the areas under the load-CTOD curve</p>

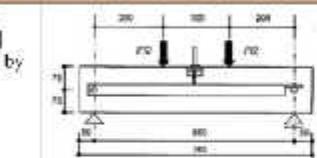
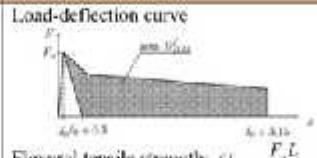


Test method	Type and shape of specimen	Fiber and aggregate limitations	Test setup	Results
ASTM C1609/C1609M – 2010^a (ASTM-C1609 2012)	Beam specimen No notch $s \geq 3d + 50$ mm > 350 mm, $s \leq 2d + L$ $w = d \geq 3 l_{fiber}$ $w = d - 150$ mm may be used if: $f_{fiber} = 50$ to 75 mm	Aggregate as C31/C31M or C42/C42M, $l_{fiber} \leq 1/3d$	 Four-point bending test, span length $L = 3d \geq 300$ mm, rotated 90° from cast orientation, $h/L = d/3d = 0.33$	 First-peak and peak load (P), strength (f), and corresponding deflections Residual load (P) and strength (f) at deflections of $L/600$ and $L/150$ $f_t = \frac{P_t L}{bd^2}$ Toughness (T) and equivalent flexural strength ratio (R) at deflection of $L/150$ $R_{t/150} = \frac{150T_{150}^2 L}{f_t b d^2} \cdot 100\%$

Test method	Type and shape of specimen	Fiber and aggregate limitations	Test setup	Results
DAFStb-Richtlinie – 2010 (DAFStb 2010)	Beam specimen No notch $w = d = 150$ mm $s = 700$ mm Dimensions complying with DIN EN 12390-1, preparation with DIN EN 12390-2	Maximum size aggregate < 16 mm for round aggregate, 22 mm for others, fiber length, $l_{fiber} \geq 1.5 \cdot d_{aggregate}$	 Four-point bending test, span length $L = 600$ mm, after 28 days, $h/L = 150 \text{ mm}/600 \text{ mm} = 0.25$ Controlled by central deflection, 0.10 mm/min until $\delta = 0.75$ mm after a rate up to 0.30 mm/min is allowed. Deflection up to 3.5 mm, measuring points for each 0.01 mm	 Load-deflection curve Mean flexural tensile strength: $f'_{flex,t/150} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{P_{i,t} / \delta_i}{b h_i^2}$ $f'_{flex,t/150} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{P_{i,t} / \delta_i}{b h_i^2}$ Characteristic flexural strength: $f'_{flex,t/150} = e^{(f'_{flex,t/150} - f_t) / 3.0} \leq 0.51 f'_{flex,t/150}$





Test method	Type and shape of specimen	Fiber and aggregate limitations	Test setup	Results
DBV - Guide to Good Practice - 2001 (DBV 2007)	Beam specimen No notch: $\psi = d = 150 \text{ mm}$, $s = 700 \text{ mm}$, complying with DIN 1048 Part 1.	Aggregate after DIN 4226 [R.10] Fibers approved by DIBt	 <p>Four-point bending test, span length $L = 600 \text{ mm}$, rotated 90° from cut orientation, $h/L = 150 \text{ mm}/600 \text{ mm} = 0.25$</p> <p>Piston travel should amount 0.2 mm/min, measuring deflection up to 3.5 mm</p>	 <p>Load-deflection curve</p> <p>Flexural tensile strength: $f_{u,d} = \frac{P_u L}{b h_0^2}$</p> <p>Equivalent flexural tensile strength: $f_{eq,d} = \frac{D'_{sf,d}}{0.5} \frac{L}{b h_0^2}$ where $D'_{sf,d}$ is the contribution of fibers on energy absorbability</p> <p>Mean flexural strength: $f_{ave,d} = f'_{eq,d} + \frac{s_{eq,d} f_{eq,d,n}}{\sqrt{n}}$ $s_{eq,d} = \sqrt{\frac{\sum (f_{ave,d} - f_{eq,d})^2}{(n-1)}}$ </p> <p>Equivalent tensile strength: $f_{eq,ave,d} = 0.45 f'_{eq,d}$ $f_{eq,med,d} = 0.37 f'_{eq,d}$</p>

Trình tự, cách thức thi nghiệm được trình bày cụ thể trong các tiêu chuẩn trên. Do ở Việt Nam chưa ban hành tiêu chuẩn trong lĩnh vực bê tông trộn sợi thép, nên AUBER kết hợp với phòng thí nghiệm trường Đại học Bách Khoa Thành phố Hồ Chí Minh thực hiện thi nghiệm xác định năng lượng hấp thụ và ứng suất uốn dư trong cấu kiện SFRC

2.5 Xác xuất thống kê khi trong thí nghiệm

Sự lặp đi lặp lại thí nghiệm kiểm soát độ võng với mẫu thí nghiệm được lấy từ cùng một loại bê tông sẽ cho các kết quả khác nhau. Thậm chí giá trị trung bình của nhiều đợt **mẫu** có thể cho ra sự khác nhau, phụ thuộc vào số lượng mẫu đưa vào thí nghiệm. Các thay đổi và độ lệch chuẩn trong một bộ thí nghiệm được giảm bằng cách tăng số lượng mẫu. Đây là một nguyên tắc cơ bản của thống kê.

Một phần sự ngẫu nhiên là do vật liệu, nhưng phần khác là do cách thức tạo mẫu thí nghiệm, cách thực hiện thí nghiệm. Những yếu tố ảnh hưởng đến kết quả:

- Số lượng sợi
- Kích thước mẫu
- Tỉ lệ chiều dài lớn nhất/ cỡ hạt lớn nhất
- Sự trộn bê tông
- Quá trình đổ bê tông mẫu
- Chất lượng thiết bị thi nghiệm
- Kinh nghiệm của phòng thí nghiệm



Với thi nghiệm theo tiêu chuẩn BS EN, thi nghiệm uốn dầm, thông thường một bộ thi nghiệm gồm 6 mẫu dầm, cho ra hệ số thay đổi từ 15%-20%.

2.6 Cấp độ bền bê tông

Cấp độ bền bê tông theo tiêu chuẩn Eurocode 2 - EC2

Table 6.1: Strength properties for concrete.

Symbol	Property	Strength class:						Units	Explanation
		C25/30	C28/35	C40/47	C52/60	C55/65	C40/50		
f_a	Characteristic compressive strength (cylinder)	25	28	30	32	35	40	N/mm ²	Cylinder strength
f_m	Characteristic compressive strength (cube)	30	35	37	40	45	50	N/mm ²	Cube strength
f_{mc}	Mean compressive strength (cylinder)	33	36	38	40	43	48	N/mm ²	$f_a + 8$
f_{mt}	Mean axial tensile strength	2.6	2.8	2.9	3.0	3.2	3.5	N/mm ²	$0.3 f_a^{(0.27 \text{ mm})}$
E_{se}	Secant modulus of elasticity	31	32	33	33	34	35	kN/mm ²	$22 (f_{mc}/10)^{0.1}$

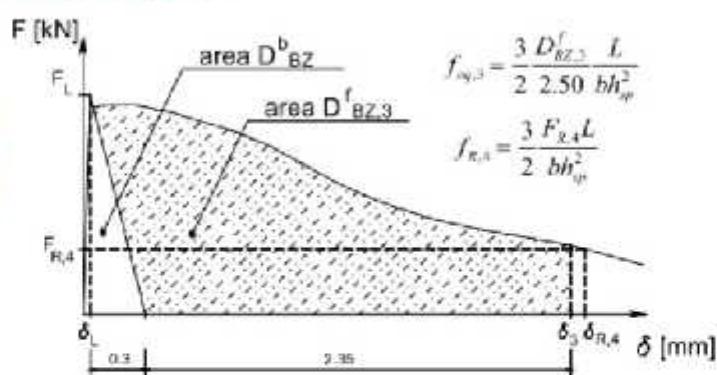
Note 1: For concrete strength class above C50/60 the expression for determining f_{mc} is:

$$f_{mc} = 2.12 \ln[1 + (f_m/10)]$$

2.7 Độ dẻo và năng lượng hấp thụ

Bê tông trộn sợi thép có các tính chất dẻo. Đó là lý do bê tông trộn sợi thép có thể kết hợp khả năng chịu tải với khả năng biến dạng lớn. Sự dẻo dai được thể hiện bằng cường độ tương đương hoặc khả năng hấp thụ năng lượng của cấu kiện.

Năng lượng hấp thụ được thể hiện trong biểu đồ gồm 2 trực tái – biến dạng. Biểu đồ dưới lấy từ thí nghiệm uốn dầm, năng lượng hấp thụ (đơn vị J)



Hình 6 - Năng lượng hấp thụ trong biểu đồ Tái – chuyển vị

Độ dẻo (toughness) là đặc tính chỉ có thể đo trong cấu kiện bê tông trộn sợi thép. Độ dẻo để xác định khả năng chịu tái của cấu kiện bê tông trộn sợi thép (không cho xảy ra nứt). Xác định khả năng chịu tái dựa trên mặt cắt không

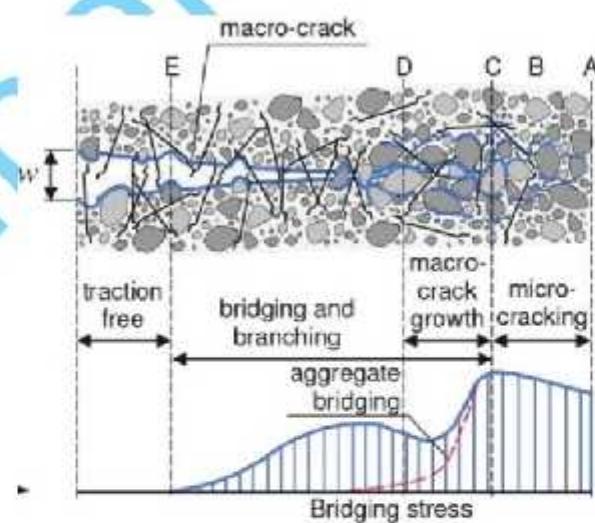
nút là không khác nhau giữa cấu kiện bê tông đơn thuần và bê tông cốt thép. Riêng cấu kiện bê tông cốt thép thì cũng xác định được khả năng chịu tải dựa trên vết nứt xuất hiện.

Đối với bê tông trộn sợi thép điển hình (SFRC), thiết kế về cường độ và xét đến yếu tố nứt đồng thời, không giống như bê tông cốt thép thông thường xét hai yếu tố trên (cường độ, vết nứt) riêng biệt. Kết quả trong thiết kế bê tông trộn sợi thép (SFRC) dựa trên ứng suất uốn dư trong cấu kiện.

2.8 Chống nứt

Đặc trưng nổi bật mà bê tông trộn sợi thép là rất hiệu quả trong việc chống nứt và chống sự phát triển của vết nứt. Khoảng cách giữa các sợi thép rất nhỏ so với khoảng cách giữa các thanh thép truyền thống. Không giống như cốt thép, sợi thép phân bố trên mọi mặt cắt nên bê tông được bảo vệ mọi vị trí kể cả lớp bê tông bảo vệ. Thêm nữa, ứng suất gây ra nứt được sợi thép tiếp nhận ngay lập tức. Đó là lý do sự phát triển mở rộng vết nứt và các hình dạng nứt thay đổi khi so sánh với mẫu bê tông đơn thuần, thậm chí với bê tông cốt thép.

Khi sợi thép là cầu nối của vết nứt theo phương không vuông góc, chúng sẽ bị biến dạng và tiếp nhận tải tại vết nứt nhỏ. Ma sát cục bộ giữa bê tông và sợi thép tăng và do đó ứng suất nén song song với mặt vết nứt được tạo ra. Như một hệ quả, ứng suất kéo được gắn vuông góc với vết nứt có thể tạo ra vết nứt thứ cấp.



Hình 7 - Sợi thép tiếp tục làm việc sau khi nứt

Những vết nứt này có thể so sánh với vết nứt trong bê tông cốt thép, mà có thể được tìm thấy khu vực xung quanh thanh thép. Với bê tông trộn sợi thép,



Công ty TNHH Xây Dựng và Thương Mai Auber
Số 38 Đường số 2, Phường 5, Quận 8
Thành phố Hồ Chí Minh
Website: <http://auber.com.vn>

vết nứt thứ cấp có thể được quan sát tại tất cả các mặt cắt nứt

Tuy nhiên, do sự linh hoạt của sợi thép trong bê tông được sử dụng mà việc tính toán bề rộng vết nứt chỉ có thể xác định trong điều kiện nhất định. Chiều rộng vết nứt có nguồn gốc từ biến dạng - ứng suất có thể đánh giá bằng phương pháp tính toán.

2.9 Độ mài, tải lặp

Bê tông trộn sợi thép có nhiều ưu điểm trong việc kháng sự hiện diện sự mài, đặc biệt đối với ánh hưởng thẳng góc, truyền lực đều xét theo mọi mặt cắt và cải thiện sự mở rộng vết nứt (xem phần 2.8 ở trên), tất cả dường như để tăng cường cho khả năng chống mài của cấu kiện. Điều này được kiểm nghiệm nhiều trong thực tế, chẳng hạn như tại giao lộ vòng xuyến, đường cao tốc, các tấm móng đỡ thiết bị, hay nền móng máy.

Hàm lượng sợi thép và hoạt động của sợi thép trong bê tông có ảnh hưởng nhiều đến việc hạn chế sự mài. Sợi thép giúp cấu kiện gia tăng sức mạnh sau khi nứt, do đó tăng cường khả năng chống mài. Sự tăng cường ứng suất có thể do sự uốn gây ra bởi mô men trong bê tông trộn sợi thép hay hệ kết cấu gối, như hệ trên nền đàn hồi hoặc hệ gối đỡ.

Auber đã nghiên cứu và đưa vào tính toán khả năng chịu mài của cấu kiện bê tông có sợi thép trộn vào.

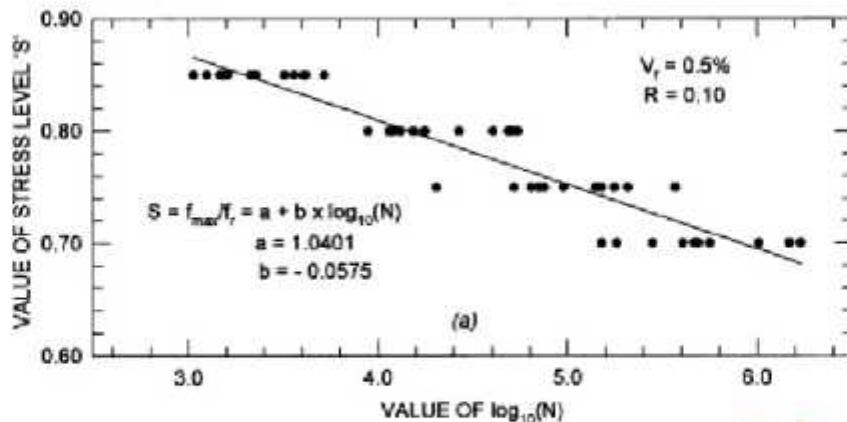
Khả năng chịu mài của bê tông trộn sợi thép theo biểu đồ quan hệ S-N giữa S, hệ số ứng suất phá hoại và N- số lần lặp tính theo đơn vị thời gian

$$S = \text{hệ số ứng xuất} = f_{max}/f_r$$

f_{max} : Ứng suất phá hoại lớn nhất

f_r : Ứng suất chịu uốn cho tĩnh tải

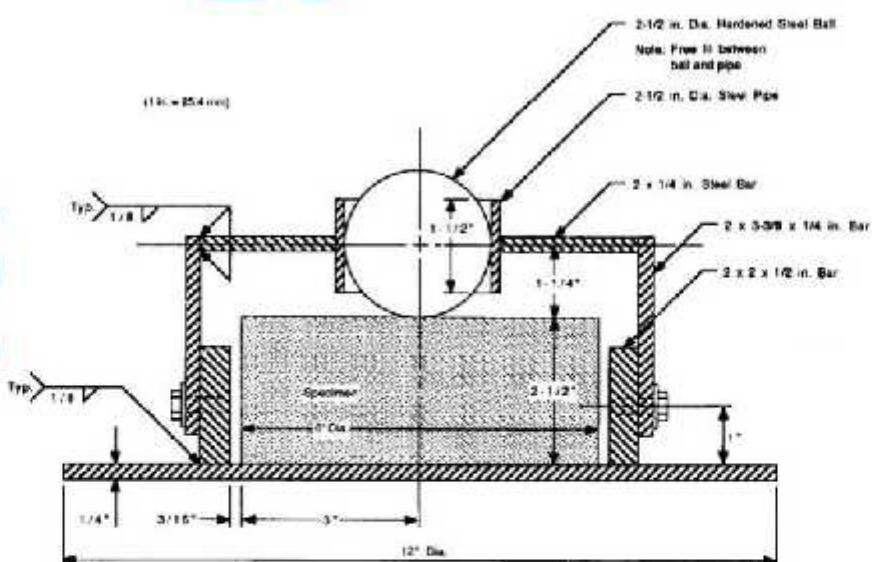
$$N = \text{số vòng/lần}$$



Hình 8 - Biểu đồ quan hệ giữa S-N cho theo hàm lượng sợi

2.10 Tải và đập, tải động

Khả năng chống lại tác động bên ngoài được tăng cao khi cấu kiện có thêm sợi thép gia cường. Nhiều thí nghiệm được thực hiện để mô phỏng phân phối lực phân bố đều hay lực tập trung, tác động cứng hoặc mềm, ở tốc độ cao hay thấp, có xem xét đến tải tĩnh hay động trong chu kỳ duy nhất hoặc thậm chí nhiều tác động đồng thời. Tác động có thể là từ viên đạn (cứng, tác động điểm duy nhất, tốc độ cao), sóng xung kích (chu trình đơn, phân bố đều), hoặc các khối rơi xuống (điểm duy nhất, một hoặc nhiều chu kỳ, tốc độ thấp).



Hình 9 - Thí nghiệm chịu tải và đập

Trong mọi trường hợp, cấu kiện bê tông trộn sợi thép tăng cường khá



năng chịu tải so với cấu kiện bê tông đơn thuần.

Sự kết hợp bê tông trộn sợi thép với thanh thép truyền thống đặc biệt hiệu quả trong chống tác động của tải lật (nơi trú ẩn quân đội hay ứng dụng trong công nghiệp).

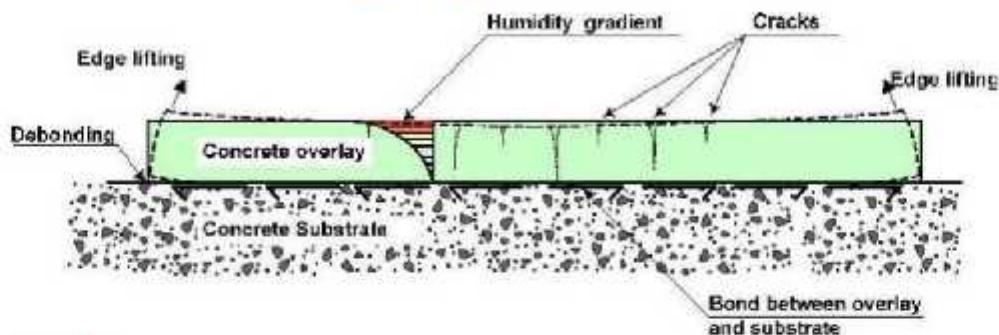
Những lợi ích của bê tông trộn sợi thép:

- Giảm nứt vỡ và rõ bề mặt tấm
- Hấp thụ năng lượng tăng (khả năng chịu tải lớn)
- Tăng khả năng chịu tải khi xuất hiện vết nứt đầu tiên
- Tăng khả năng chịu tải sau khi xuất hiện vết nứt
- Tăng khả năng chống xâm thực

Cùng với đặc tính này của bê tông trộn sợi thép, khả năng tiếp nhận sớm ứng suất trước khi nứt của sợi thép trong các thí nghiệm uốn dầm tĩnh/ uốn tấm tăng đáng kể khi chịu tải tác động. Những cải thiện này là hoàn hảo so với cấu kiện bê tông đơn thuần.

2.11 Co ngót, từ biến

Khi hoạt động dài hạn, biến dạng do co ngót, từ biến ở trạng thái giới hạn sử dụng (SLS) được xem xét tới. Với thực nghiệm, Auber kiểm tra với sự gia tăng chậm của độ võng khi sử dụng bê tông trộn sợi thép.



Hình 10 - Tác dụng gây nứt của co ngót của sàn trên nền (Carlswärd, 2006)

2.12 Độ bền

Các mục trước nói về tác dụng của sợi khi nứt, mỏi và tác động được giải thích, cải thiện hiệu suất làm việc cấu kiện sẽ tự động tăng độ bền.

Đối với các thiết kế kết cấu, độ bền đòi hỏi điều kiện môi trường phù hợp hoặc chiều rộng vết nứt nhỏ. Bê tông trộn sợi thép là lựa chọn phù hợp đáp ứng yêu cầu trên. Bê tông trộn sợi thép sử dụng sợi thép để bảo vệ cấu



kiện từ ăn mòn, đặc biệt là trong một môi trường khắc nghiệt. Chiều rộng vết nứt thiết kế tối ưu, tất nhiên, phụ thuộc vào loại sợi và hàm lượng sợi thép.

2.13 Khả năng chịu nhiệt

Mặc dù trên thực tế bê tông không cháy, nhưng nó chưa bao giờ là vật liệu chống cháy tốt. Độ ẩm có trong bê tông cần để thoát khỏi ma trận như hơi nước. Nếu hơi nước thoát ra nhanh hơn khả năng thoát trong cấu kiện bê tông thì sẽ xảy ra nổ. Thậm chí nếu nứt vỡ chỉ ảnh hưởng tại khu vực gần với bề mặt, nó vẫn có thể tiếp xúc với thép gia cường một cách nhanh chóng và trực tiếp với lửa. Thép khi nóng chảy, khả năng chịu tải của kết cấu nhanh chóng biến mất. Sự phá hoại xảy ra, bởi vì cường độ chịu kéo của thép giảm đáng kể khi có sự gia tăng nhiệt độ.

Sợi thép, khi có hàm lượng bình thường, không làm tăng đáng kể độ dẫn nhiệt của bê tông, tương tự như ảnh hưởng dẫn điện của chúng (chương 2.14). Không giống như cốt thép, các sợi được phân bố khắp. Các sợi liên tục không liên tục, cũng không tập trung tại một lớp mỏng gần bề mặt nên không phải tất cả các sợi đều gần với nguồn nhiệt. Do đó, nguy cơ mất khả năng chịu lực của tất cả các sợi thép cùng một lúc được bỏ qua.

Tuy nhiên, các sợi thép không thể bảo vệ bê tông khỏi sự suy giảm nhiệt. Có những thực nghiệm cho thấy sợi thép làm giảm sự nứt do nhiệt. Nhưng sợi thép chỉ nên được xem như là một biện pháp bổ sung để tăng cường khả năng thoát hơi nước. Nếu tăng khả năng chịu lửa là cần thiết, việc bổ sung các sợi polypropylene, một sự lựa chọn phù hợp cốt liệu và thành phần bê tông nên là lựa chọn đầu tiên.

2.14 Độ dẫn điện và kháng trở

Độ dẫn điện và điện trở suất của bê tông đóng một vai trò quan trọng, nơi từ trường có thể làm gián đoạn tín hiệu (xe hướng dẫn) hoặc tạo ra các điều kiện không an toàn (chống cháy nổ). Điện trở suất cũng rất quan trọng, nơi bê tông cốt thép sẽ được tiếp xúc với điều kiện ăn mòn, lôi kéo dòng chảy sẽ dễ dàng hơn trong bê tông điện trở suất thấp.

Với hàm lượng xi măng thấp, sử dụng pozzolans chất lượng tốt và tránh sự xuất hiện của các muối vô cơ ion hóa sẽ dẫn đến độ dẫn thấp hơn và điện trở suất cao hơn. Hiệu ứng nhiệt độ rất quan trọng, nhờ đó nhiệt độ cao làm cho điện trở suất của bê tông thấp.

Thêm sợi thép sẽ không thay đổi điện trở suất bê tông, và tính dẫn điện trong bê tông. Các sợi này cũng không liên tục và nằm theo ba chiều trong bê tông.



3 HỆ SỐ AN TOÀN

3.1 Yêu cầu mức độ an toàn

Mức độ yêu cầu về an toàn cơ bản phụ thuộc vào các nguy cơ tiềm ẩn đối với sức khỏe, tính mạng của con người. Vấn đề môi trường, tài chính cũng có thể có một số ảnh hưởng. Đó cũng là lý do tại sao mức độ an toàn cần thiết cho cây cầu là cao hơn so với nền nhà công nghiệp điển hình. Xây dựng tiêu chuẩn thường phân biệt giữa

- Cơ sở hạ tầng quan trọng (ví dụ bệnh viện)
- Công trình kết cấu thông thường (ví dụ như tòa nhà văn phòng)
- Công trình quy mô nhỏ (ví dụ sàn nhà công nghiệp)

Liên quan đến bê tông trộn sợi thép các tiêu chuẩn thiết kế vẫn chưa có ở một số nước, thậm chí chưa có những đề xuất cơ bản, điển hình như ở Việt Nam.

Ở đây Auber sẽ áp dụng tiêu chuẩn Eurocode 2 để xếp mức độ quan trọng của công trình. Tùy thuộc vào ứng dụng thực tế. Trong trường hợp này, tất cả các khía cạnh kỹ thuật và pháp lý cần phải được xem xét kỹ. Các kỹ sư cần phải có đủ kiến thức và kinh nghiệm liên quan đến kết cấu và cấu kiện bê tông trộn sợi thép.

Cũng có những đề xuất chung khuyên hệ số vật liệu cho sợi thép từ 1.25-1.5. Tuy nhiên, nó chỉ cho phép việc sử dụng bê tông trộn sẵn, kết hợp với quy trình kiểm soát chặt chẽ nội bộ và bên ngoài. Quy tắc thiết kế cụ thể đã được theo sau và các yếu tố khác ngoài ý phải được áp dụng. Theo định nghĩa trong phạm vi, không áp dụng cho các thiết kế của sàn công nghiệp, mà việc thêm sợi tại chỗ được chấp nhận.

Ở đây, hệ số an toàn vật liệu được áp dụng phụ thuộc vào hàm lượng sợi thép và vào việc chọn chế độ kiểm soát chất lượng sản phẩm. Sử dụng thiết bị trộn tiên tiến cùng với hệ thống kiểm soát chất lượng của riêng Auber, sẽ tiết kiệm hàm lượng sợi hơn theo yêu cầu về an toàn, sẽ có hệ số an toàn tương ứng như bảng

$\gamma_f = 1.5$	Hàm lượng thông thường đổ tại chỗ
$\gamma_f = 1.3$	Tự động đổ tại chỗ, kiểm soát nội bộ độ đồng nhất và chất lượng, thí nghiệm tại trạm trộn và chứng nhận chất lượng của Auber



Công ty TNHH Xây Dựng và Thương Mai Auber
Số 38 Đường số 2, Phường 5, Quận 8
Thành phố Hồ Chí Minh
Website: <http://auber.com.vn>

Ví dụ về hệ số an toàn luôn được xem xét trên thiết kế tổng thể và không căn cứ trên duy nhất yếu tố nào. Auber sẽ xem xét theo kinh nghiệm các công trình từng làm để hỗ trợ lựa chọn chính xác hệ số thiết kế.

3.2 An toàn trong thiết kế

Một khái niệm an toàn luôn bao gồm nhiều yếu tố hơn "chỉ là" yếu tố an toàn và công thức thiết kế hoặc phương pháp tiếp cận thiết kế. Tài liệu thích hợp, các văn bản kỹ thuật cứng nhắc, kiểm soát chất lượng đầy đủ, cá về vật liệu và thi công, giám sát công trường và thực hiện đúng theo kế hoạch là những yếu tố quan trọng trong bất kỳ khái niệm an toàn.

Chương 4 sẽ tập trung vào việc kiểm soát chất lượng của các sợi và bê tông trộn sợi thép.

4 KIỂM SOÁT CHẤT LƯỢNG

Kiểm soát chất lượng là một yếu tố thiết yếu trong việc cung cấp kết cấu an toàn và bền vững. Mặc dù sợi thép được cung cấp như một phần của bê tông, kiểm soát chất lượng không được bỏ qua. Trong nhiều trường hợp một vài bước đơn giản là đủ để kiểm tra xem các yêu cầu có liên quan đều được đáp ứng.

Liên quan đến bê tông trộn sợi thép, điều quan trọng để biết được là:

- Sợi có các chứng chỉ yêu cầu chất lượng
- Dùng loại sợi được sử dụng
- Dùng số lượng sử dụng
- Các sợi được phân bổ đồng đều

Quy trình kiểm soát chất lượng có thể được tập trung vào vật liệu và/hoặc kiểm soát quá trình. Kiểm soát vật liệu chủ yếu tập trung vào việc kiểm soát các thuộc tính của sản phẩm. Thí nghiệm xác định ứng suất trước khi nứt sẽ là lựa chọn cho cách làm này. Thông thường, một bộ mẫu thí nghiệm (mẫu dầm...) với hàm lượng sợi thép nhất định sẽ được thi nghiệm.

Với Auber, thí nghiệm uốn dầm bê tông trộn sợi thép bằng thiết bị của Matest

4.1 Chất lượng sợi thép

Hiệu suất luôn gắn liền với chế độ kiểm soát chất lượng áp dụng cho một sản phẩm. Sợi thép không có ngoại lệ ở đây. Các tiêu chuẩn quốc tế để kiểm soát sản xuất và chất lượng của các sợi thép gia cố bê tông có sẵn, chẳng hạn như EN 14.889-1 và ASTM A 820 / A 820M-04.



Công ty TNHH Xây Dựng và Thương Mai Auber
Số 38 Đường số 2, Phường 5, Quận 8
Thành phố Hồ Chí Minh
Website: <http://auber.com.vn>

Với điều kiện hiện tại ở nước ta, Auber sẽ áp dụng các tiêu chuẩn ASTM vào các công trình của mình. ISO 9001 được chứng nhận và kiểm soát chất lượng theo các yêu cầu của tiêu chuẩn và phê duyệt là một điều tối thiểu phải chấp nhận ngày nay.

4.2 Chất lượng bê tông

Sử dụng sợi thép chất lượng cao là bước đầu tiên hướng tới chất lượng cao bê tông trộn sợi thép. Tuy nhiên, với kết cấu bê tông trộn sợi thép cần có một số chỉ định chuyên biệt như về cấp phối, hàm lượng nước/xi măng, độ sụt

Auber sẽ tư vấn và chỉ định rõ ràng cho từng hạng mục công trình, mục đích sử dụng cụ thể.

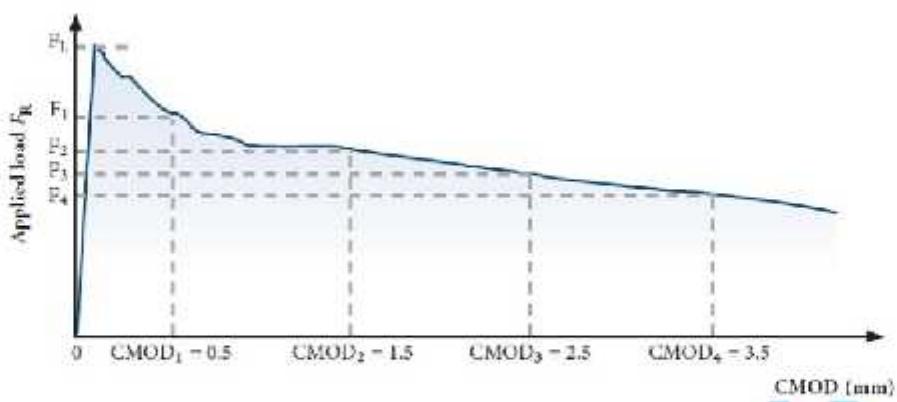
5 BÊ TÔNG TRỘN SỢI THÉP (SFRC) KHI CHỊU UỐN

Ở tài liệu này, AUBER trình bày một trong những lý thuyết của SFRC, dựa trên tiêu chuẩn Eurocode và các thí nghiệm thực nghiệm liên quan



Hình 11 - Thí nghiệm uốn dầm

Khả năng chịu uốn của cấu kiện SFRC được thể hiện qua biểu đồ tải-biép dạng trong thí nghiệm thực nghiệm, thí nghiệm uốn dầm xác định "ứng suất uốn dư" như hình ở dưới



Hình 12 - Biểu đồ tải tác dụng - biến dạng

Trong hình trên có hai giá trị ứng suất uốn thường được đề cập, dùng trong thiết kế. Giá trị đầu tiên, là ứng suất uốn cực hạn (hoặc phá hoại) F_L . Giá trị thứ 2, ứng suất uốn dư trước khi nứt F_{R1} tương ứng với giá trị mở rộng vết nứt $CMOD_1 = 0.5\text{mm}$.



Hình 13 - Cảm biến đo mở rộng vết nứt CMOD

Bê tông trộn sợi thép, SFRC được xem như vật liệu composite nên có tính



Công ty TNHH Xây Dựng và Thương Mai Auber
Số 38 Đường số 2, Phường 5, Quận 8
Thành phố Hồ Chí Minh
Website: <http://auber.com.vn>

dẻo (toughness) khi chịu uốn. Với tác dụng của tài tinh, tính chất uốn dẻo SFRC được ghi nhận, xác định là phần diện tích phía dưới của biểu đồ tải trọng – biến dạng ở trên, giá trị diện tích này chính là năng lượng hấp thụ của SFRC khi so sánh với tài ngoài tác dụng.

Có nhiều phương pháp tiếp cận thiết kế được đưa ra. Do đó, sẽ rất quan trọng để hiểu được những nguyên tắc thiết kế của bê tông trộn sợi thép chịu uốn.

5.1 SFRC, Bê tông trộn sợi thép (không kết hợp thanh thép)

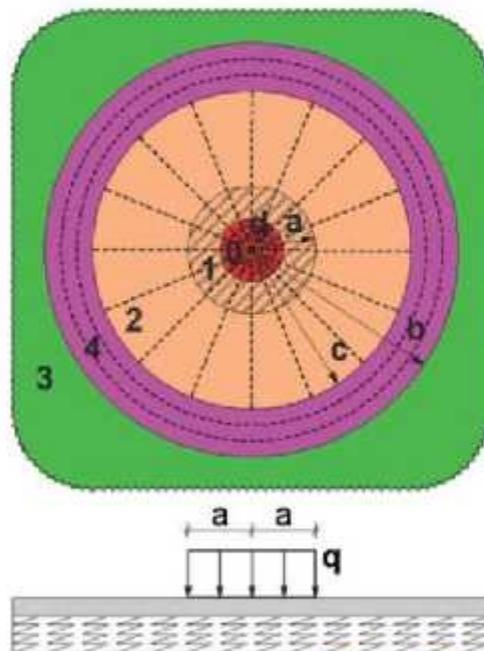
Như đã trình bày ở trên, khả năng của bê tông trộn sợi thép là khả năng chịu uốn ngay cả khi mặt cắt bị nứt, ưu điểm so với các loại vật liệu bê tông khác. Ứng dụng thành công nhất là cấu kiện ứng dụng ứng suất trước khi nứt trong gia cường bê tông đơn thuần hay thay thế ứng xử của bê tông cốt thép truyền thống.

Do SFRC được xem như vật liệu composite nên có tính dẻo (toughness) khi chịu uốn nên mô hình "đường dẻo" (Yield-line theory) được áp dụng cho cấu kiện bê tông trộn sợi thép.

Sàn trên nền, sàn trên cọc là những cấu kiện sử dụng SFRC hiệu quả

5.1.1 Sàn trên nền

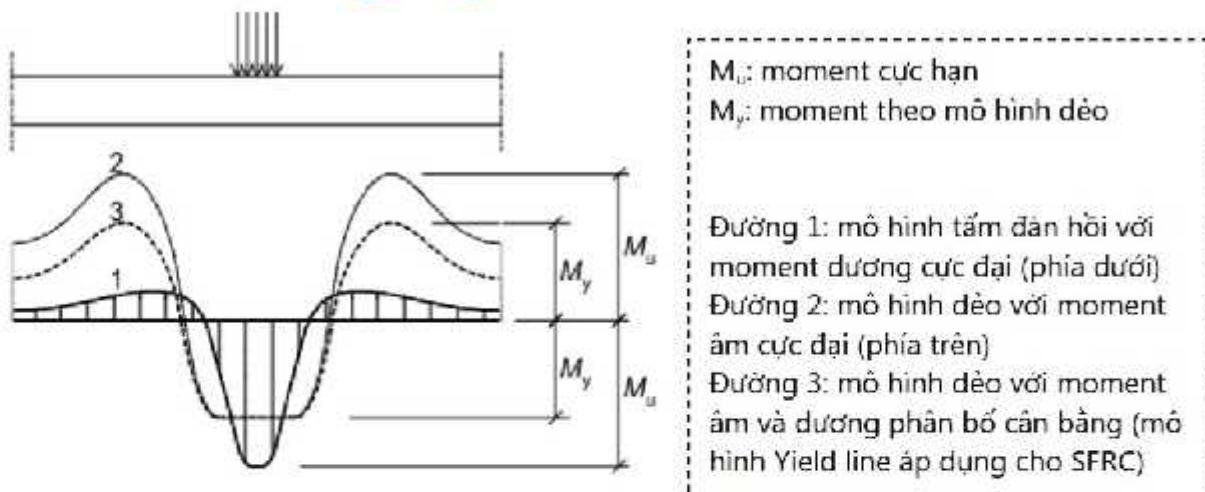
AUBER đã có giải pháp toàn diện cho sàn trên nền sử dụng SFRC kết hợp sử dụng mô hình Yield line và thí nghiệm thực nghiệm: vừa kiểm tra cường độ ở giai đoạn cực hạn (ULS), vừa kiểm tra khả năng chống nứt ở giai đoạn sử dụng (SLS).



Hình 14 - Mật bằng và mặt cắt Tài phân bố và vùng ảnh hưởng của tải lên đất nền

Với: a, bán kính tương đương diện truyền tải; c, bán kính dẻo của sàn SFRC; b, bán kính phản lực đất nền lên sàn SFRC

Ở giai đoạn cực hạn (ULS), moment uốn xuất hiện trong sàn trên nền theo lý thuyết đường dẻo được mô tả như hình dưới



Hình 15 - Moment phân bố trong sàn trên nền khi chịu tải tập trung

AUBER cũng cung cấp thiết kế sơ bộ của sàn trên nền SFRC bằng công cụ trực tuyến "Design tool" trên trang web của chúng tôi <http://www.auber.com.vn/>



Công ty TNHH Xây Dựng và Thương Mai Auber
Số 38 Đường số 2, Phường 5, Quận 8
Thành phố Hồ Chí Minh
Website: <http://auber.com.vn>

Ngoài ra SFRC có loại sàn bê tông trộn sợi thép "không cần khe nối" ("jointless") trong nền nhà công nghiệp có thể được xem xét, nền nhà không có bất kỳ khe cắt (saw cut joints) với khe nối thi công (CTJ) tại cạnh tấm kích thước lớn từ 30-40m. Loại sàn này được ưa chuộng tại nhiều quốc gia, đặc biệt là các sàn tại khu giao nhận hàng và nhà kho.



Hình 16 - Nền "không cần khe nối" ("jointless") nhà kho, 38mx38m

Sàn bê tông trộn sợi thép có loại "không cần khe nối" ("jointless") yêu cầu một thiết kế tổng thể và chi tiết nhằm để giảm ứng suất đến mức tối thiểu. Mặc dù sự nứt không thể tránh khỏi trong mọi trường hợp, nó kiểm soát theo kinh nghiệm bề rộng vết nứt nhiều khả năng sẽ nằm trong khoảng từ 0,3 mm đến 0,5 mm – điều thường gặp trong nền nằm trên đất.

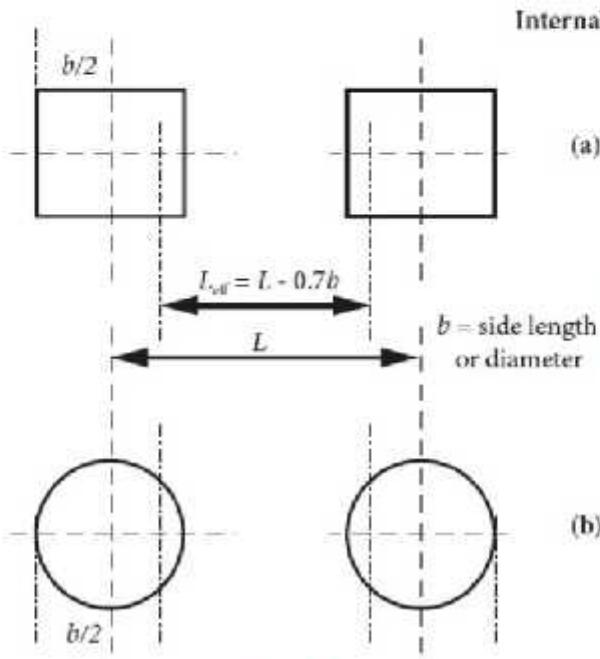
Tuy nhiên, sẽ có nhiều yêu cầu khác phải được thiết kế cho một chiều rộng vết nứt nhất định (ví dụ yêu cầu nhỏ hơn 0.3mm), đặc biệt là ứng dụng trong kết cấu. Một thiết kế cần chiều rộng vết nứt có thể cần phải được xác định để ngăn chặn sự ăn mòn sợi thép hoặc yêu cầu thẩm mỹ, đảm bảo độ kín không cho nước vào hoặc bảo vệ từ các chất độc hại. Trong những trường hợp này, các sợi thép có thể kết hợp với các thanh thép gia cường truyền thống.

Theo cả hai thực nghiệm và nghiên cứu đã chứng minh rằng các sợi thép là một sự lựa chọn tối ưu cho việc chống vết nứt mở rộng. Nó có thể là bê tông trộn sợi thép hoặc kết hợp với cốt thép truyền thống; kết cấu chắc chắn sẽ đạt hiệu quả cao.

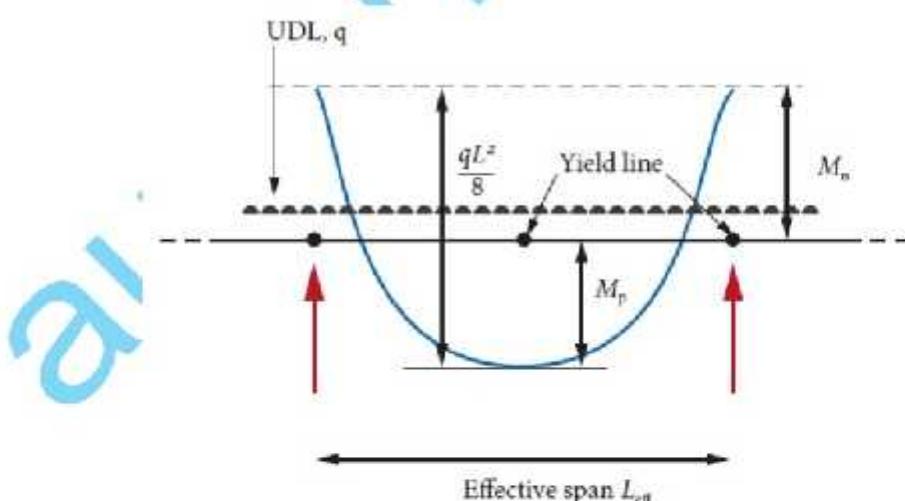
AUBER đã tham gia vào một số dự án nghiên cứu và đã có kinh nghiệm thực tế trong một loạt các dự án.

5.1.2 Sàn trên cọc

Sàn SFRC trên ô lưới cọc có kích thước lớn nhất 6m, moment uốn trên sàn theo mặt bằng và mặt cắt ở dưới:

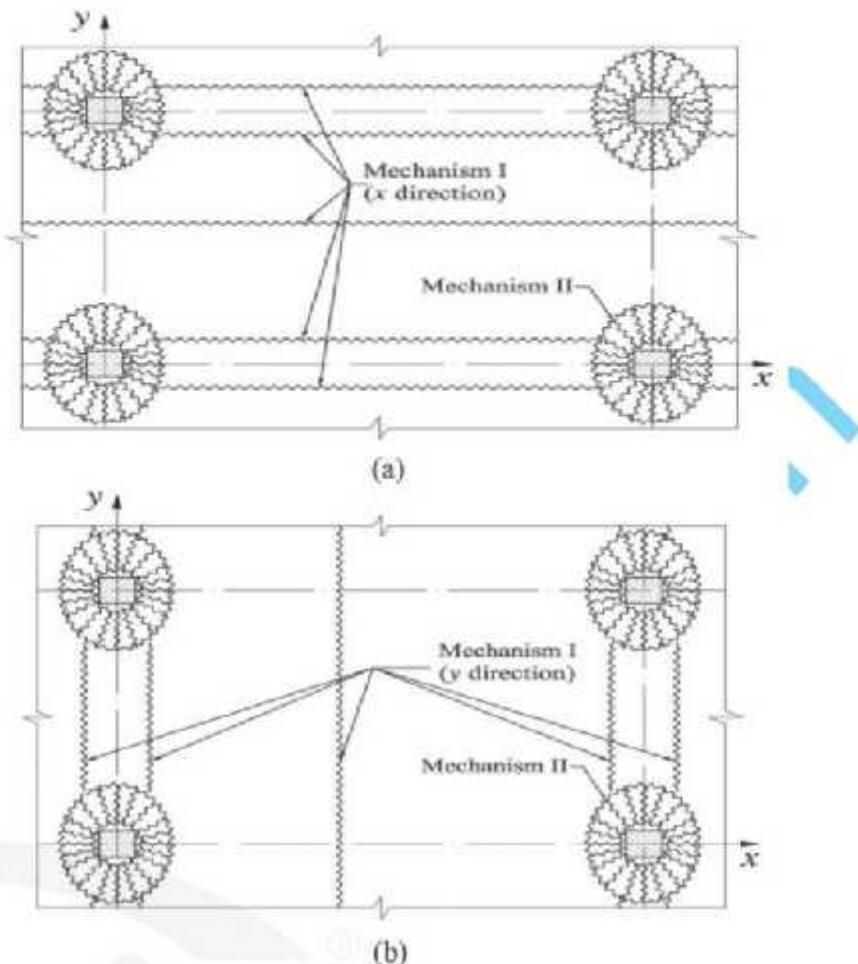


Hình 17 - Mặt bằng sàn trên cọc



Hình 18- Mặt cắt đường moment uốn trên sàn giữa hai cọc

AUBER cũng có giải pháp cho sàn SFRC trên cọc theo lý thuyết dẻo, và kiểm tra khả năng chịu tải của sàn tổng thể (mechanism I) và cục bộ quanh cọc (mechanism II) (như hình ở dưới)



Hình 19 - Mặt bằng sàn vị trí mechanism I và II theo hai phương x,y

Ưu điểm của giải pháp này so với sàn có 2 lớp cốt thép, phải bơm bê tông từ ngoài khu vực sàn vào. Sàn SFRC trên cọc thi công nhanh hơn, do không có thanh thép nên dễ dàng đổ bê tông tại chỗ trong khu vực sàn (xe bồn đi vào dễ dàng).

Hàng triệu mét vuông sàn SFRC trên cọc đã được thi công trên thế giới.

5.2 SFRC, Bê tông trộn sợi thép kết hợp thanh thép

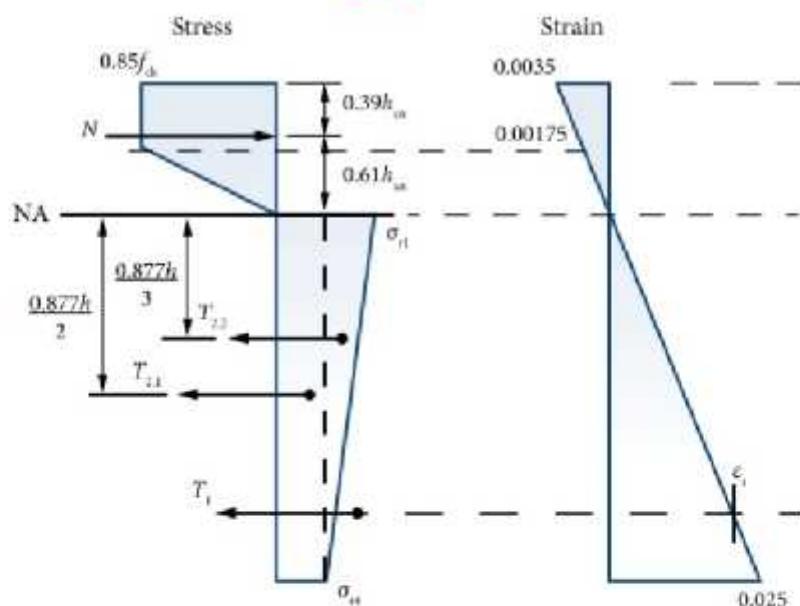
Như đã đề cập ở phần trên, sợi thép và lưới cốt thép thông thường được sử dụng để gia cường bê tông một cách có hiệu quả do khả năng chịu kéo hiệu quả, không gây nứt cho bê tông. Sợi thép được thay thế cho lưới trong các ứng dụng sàn trên nền, sàn trên cọc, cũng như một số ứng dụng cụ thể khác.



Hình 20 - Bê tông sợi thép trộn kết hợp thanh thép

Bên cạnh đó, AUBER giới thiệu một phương án ngày càng trở nên phổ biến khi sử dụng các giải pháp gia cố kết hợp, bao gồm cả sợi thép và cốt thép thông thường. Sự kết hợp hai kiểu gia cố này là giải pháp cạnh tranh khi thiết kế cho ra kết quả với khả năng chịu tải tối ưu mong muốn. Sự đổi mới này đã được thúc đẩy bởi việc kết hợp các lựa chọn gia cố kết hợp và biện pháp thi công phù hợp.

AUBER đã có giải pháp cho SFRC kết hợp thanh thép cùng với thí nghiệm thực nghiệm cho ra khả năng chịu tải kết cấu theo điều kiện tới hạn (ULS) và điều kiện sử dụng (SLS) (chuyển vị, nứt ...)



Hình 21 - Biểu đồ ứng suất- biến dạng trong cấu kiện SFRC kết hợp thanh thép



Công ty TNHH Xây Dựng và Thương Mai Auber
Số 38 Đường số 2, Phường 5, Quận 8
Thành phố Hồ Chí Minh
Website: <http://auber.com.vn>

6 BÊ TÔNG TRỘN SƠI THÉP (SFRC) KHI CHỊU CẮT

Sợi thép trộn vào bê tông nói chung là tăng khả năng chống cắt của cấu kiện bê tông. Nhiều nghiên cứu cho thấy SFRC có nhiều ưu điểm khi dùng để tăng hoặc bổ sung cho thép đai trong dầm:

- 1- Sự phân bố ngẫu nhiên của sợi thép trong khối bê tông làm chúng có khoảng cách nhỏ hơn nhiều so với thép đai do đó vết nứt sẽ được chia ra phân bố đều, bể rộng vết nứt sẽ giảm
- 2- Ứng suất kéo trước khi nứt và kéo tối hạn được tăng khi có sợi thép trong bê tông
- 3- Ứng suất cắt do ma sát mỗi sợi thép tăng do khả năng giữ lại và sợi thép nối hai bên vết nứt

Đối với lực cắt lớn, thêm thép chịu cắt như thép đai là cần thiết. Khi có thêm sợi thép thì sẽ giảm khoảng cách và/hoặc giảm đường kính của thép đai. Kinh tế nhất là sẽ dùng toàn bộ sợi thép để chịu cắt cho cấu kiện.

6.1 Chịu cắt

Thêm sợi thép vào cấu kiện không có thép đai chịu cắt làm cho sự phá hoại ở trạng thái dẻo sẽ như trường hợp có thép đai.

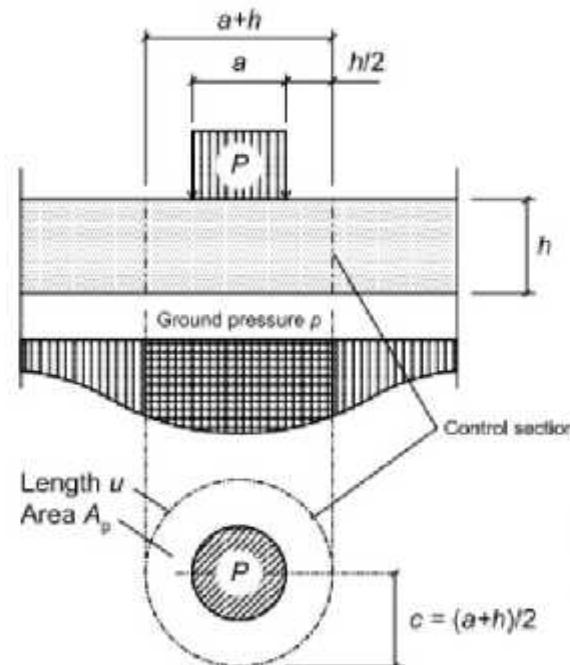
Tác động của các sợi thép lên khả năng chống cắt có thể được giải thích do các sợi thép tại vị trí nứt duy trì liên kết giữa các cốt phoi trong bê tông, và làm xuất hiện các lực dọc, tham gia vào cân bằng lực trong nội bộ cấu kiện.

AUBER sẽ cung cấp để hỗ trợ bạn thiết kế và lựa chọn giải pháp đúng đắn cho cấu kiện chịu cắt.

6.2 Chống xuyên thủng:

Khả năng chống xuyên thủng của bê tông trộn sợi thép có cơ chế cũng giống như những giải thích ở mục 6.1 phía trên.

Đối với sợi thép gia cường tấm bê tông trên nền đất, một trong những ứng dụng quan trọng của bê tông trộn sợi thép, thì khả năng chống xuyên thủng không được coi trọng như khả năng chống uốn. Do nhu cầu bị phân tán, thông tin đầu vào không đầy đủ, khả năng chống xuyên thủng của bê tông trộn sợi thép là duy nhất, cho cả lực cắt và mô men uốn.



Hình 22 - Mặt cắt & mặt bằng tải tác dụng lên sàn trên nền

Các thí nghiệm đã xác nhận khả năng chịu uốn được xem như giá trị chủ yếu khi có sự phá hoại trong nền bê tông trộn sợi thép. Với cấu kiện có hàm lượng thép khoảng 0.1%, khả năng chịu uốn luôn quyết định so với khả năng chịu cắt khi phá hoại. Với mẫu bê tông đơn thuần, sự phá hoại dòn ngay lập tức, trong khi với bê tông trộn sợi thép sự phá hoại ở trạng thái chảy dẻo.

7 TỔNG KẾT

Những loại kết cấu phù hợp với bê tông trộn sợi thép, phổ biến ở Việt Nam:

- 1- Sàn trên nền, đường, bâi container (SFRC)
- 2- Sàn trên cọc (SFRC)
- 3- Móng băng, móng bè, móng thiết bị, móng bể chứa nhiên liệu (SFRC & thanh thép)
- 4- Sàn chịu tải cực nặng, chịu va đập (SFRC & thanh thép)

Auber nghiên cứu chuyên và đưa vào thực tiễn áp dụng cho sàn trên nền của nhà công nghiệp và nền đường cứng. Bê tông trộn sợi thép áp dụng cho nền nhà công nghiệp và nền đường cứng rất thông dụng ở nhiều nước, phương pháp thiết kế dựa trên thực nghiệm (các thí nghiệm xác định hệ số) cùng với giả định mô hình cụ thể cho tương tác giữa tấm cứng và nền dưới tấm (lớp subbase).



Công ty TNHH Xây Dựng và Thương Mai Auber
Số 38 Đường số 2, Phường 5, Quận 8
Thành phố Hồ Chí Minh
Website: <http://auber.com.vn>

Thông thường việc xác định ứng suất phân bố trên nền đàm hồi theo phương pháp Westergaard, dựa trên lý thuyết đàm hồi. Đối với bê tông trộn sợi thép, lý thuyết lại là biến dạng dẻo (Yield line theory) tiếp cận thiết kế, cho tối ưu về mặt kinh tế.

Ở Việt Nam, sàn công nghiệp được coi là kết cấu thứ yếu, không quan trọng như các loại kết cấu khác. Hậu quả là thiết kế với hệ số an toàn hoàn toàn khác với các loại kết cấu khác. AUBER đưa ra hệ số an toàn theo chuẩn quốc tế mà vẫn đảm bảo tính kinh tế phù hợp ở điều kiện Việt Nam.

Sàn trên nền	Thiết kế truyền thống (bê tông cốt thép)	Giải pháp của AUBER (bê tông trộn sợi thép)
Tải trên sàn (cùng tải trọng)	$q = 10 \text{ kN/m}^2$	$q = 10 \text{ kN/m}^2$
Cấu tạo lớp sàn	Chiều dày sàn: 200mm Thép : D10-200 (12.96 kg/m ²)	Chiều dày sàn: 180mm Sợi thép: hàm lượng 20kg/m ³ (3.6 kg/m ²)
Giá thành (tham khảo)	473,226 vnd/m ²	342,000 vnd/m ² (Giá thành giảm 38%)

Ngoài việc đưa ra thiết kế phù hợp và chi tiết chính xác, cần có thêm các yêu cầu về nền đất phải được đầm chặt, tay nghề thi công cao, bảo dưỡng cẩn thận.

Khi thi công, so với sàn bê tông cốt thép thông thường, không có lưới cốt thép nên xe đổ bê tông trộn sợi thép dễ dàng đổ (không cần tránh lưới thép), không lo lắng sắp xếp thanh thép đúng vị trí như thiết kế. Bê tông trộn sợi thép cho phép thi công nhanh hơn và không gây cản trở các phương pháp như láng nền sử dụng tia laser, do đó cải thiện tốc độ và chất lượng thi công.

Những ưu điểm ở trên và một số yếu tố kinh tế đã thuyết phục rất nhiều chủ đầu tư trên thế giới, những nhà sản xuất trong nước hoặc các công ty đa quốc gia.

Auber hỗ trợ chi tiết liên quan đến thiết kế, chi tiết điển hình và trình tự thi công tiêu chuẩn quốc tế cho bê tông trộn sợi thép áp dụng cho nền nhà công nghiệp và nền đường cứng.

Chúng tôi cung cấp báo cáo thiết kế và những thí nghiệm liên quan sẽ cung cấp đầy đủ cho khách hàng như minh chứng cho chất lượng sản phẩm của Auber.



Công ty TNHH Xây Dựng và Thương Mai Auber
Số 38 Đường số 2, Phường 5, Quận 8
Thành phố Hồ Chí Minh
Website: <http://auber.com.vn>

8 PHỤ LỤC 1 – THÔNG SỐ KỸ THUẬT SỢI THÉP

Technical data sheet



HE 1/50

Dimensions

Wire diameter (d)	1.00 mm (± 0.04 mm)
Wire length (L)	50.0 mm ($\pm 2/-3$ mm)
Hook length (l and l')	1 - 4
Hook depth (h and h')	1.80 mm ($\pm 1/-0$ mm)
Bending angle (α and α')	45° (min. 30°)
Aspect ratio (L/d)	50
Camber of the fibre	max. 5% of L
Torsion angle of the fibre	< 30°
Number of fibres per kg	3100
Total fibre length per 10 kg	1525 m

Material characteristics

- Breaking strength of down wire: 1150 N/mm²

Packaging

Recyclable cardboard boxes	
Net weight /box	25 kg
Boxes/palette	40
Weight/palette	1200 kg

The fibres are oriented in one direction

Pallets are wrapped or wrapped in a plastic foil

Available also in big bag of 500 kg

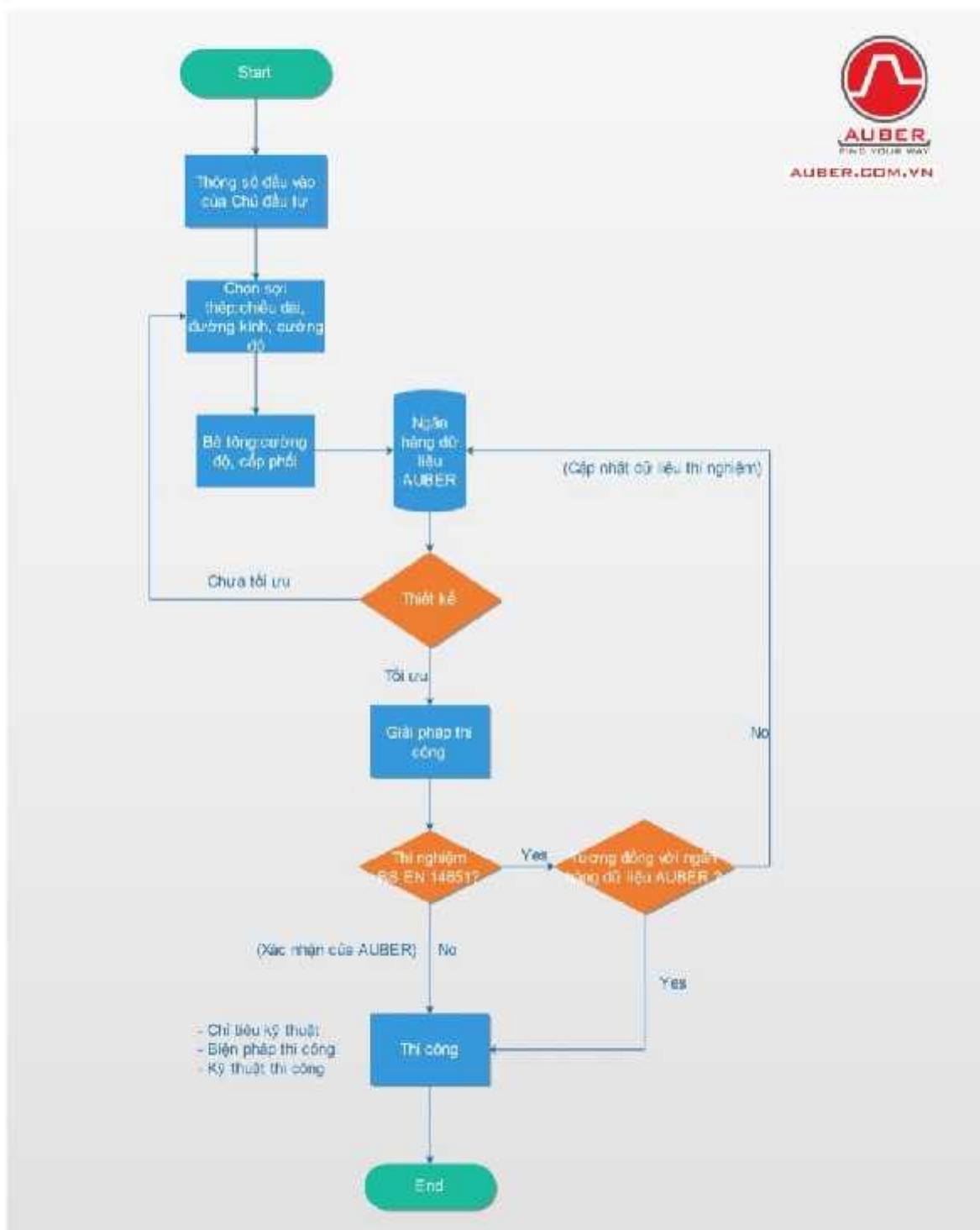
Miscellaneous

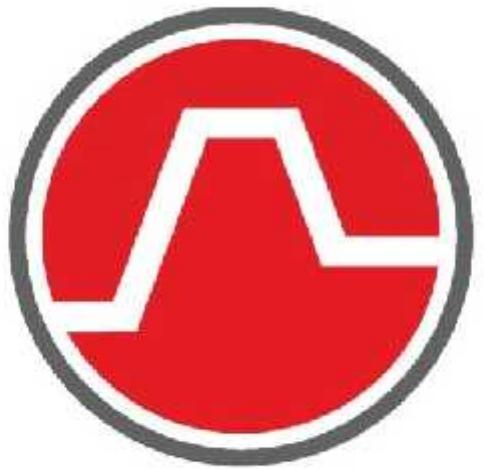
The described fibre is in accordance with the following standards:

- EN 14889-1 type 1 (cold-drawn wire)
- ASTM A820/A820M-04 type 1 (cold-drawn wire)



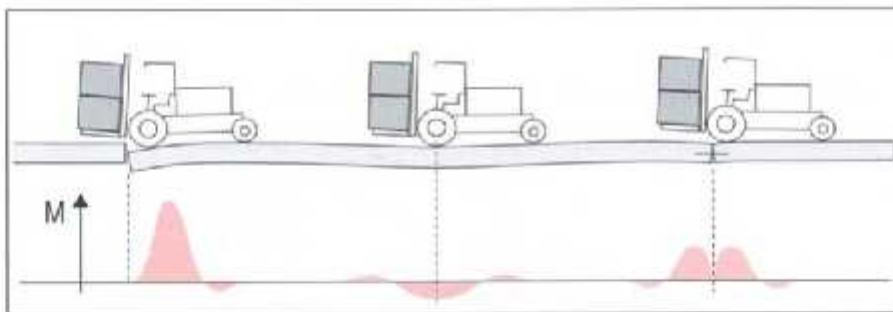
9 PHỤ LỤC 2 – TRÌNH TỰ DỊCH VỤ THIẾT KẾ - THI CÔNG CHO SÀN SFRC





AUBER
FIND YOUR WAY

AUBER STEEL FIBER REINFORCEMENT CONCRETE SLABS ON GROUND - Detail design



Prepared by Nguyen Hoa, founder/manager of Auber Co., Ltd.

This design guide is copyright. Reproduction of the whole or any part thereof must not be made without the express permission of Auber Co., Ltd

Information in this guide has been prepared by Auber® based on generally accepted design rules, techniques, theory; experiment testing result and experience on building construction. It is intended for use by qualified structural/civil engineers and although true and accurate to the best of our knowledge no warranty is given or implied in regard to any particular design unless expressly provided in writing by a designated representative of Auber.