

BÊ TÔNG CỐT SỢI THÉP CƯỜNG ĐỘ CAO VÀ ỨNG DỤNG

THS. PHẠM DUY ANH

Bộ môn Công trình Giao thông Thành phố

Khoa Công trình - Trường Đại học Giao thông Vận tải

Tóm tắt: Bài viết giới thiệu một số kết quả nghiên cứu về tính chất của bê tông cốt sợi thép cường độ cao và một số ứng dụng của loại vật liệu này trong ngành xây dựng.

Summary: This report introduces the properties of high performance steel fibre reinforced concrete and some applications.

I. PHẦN MỞ ĐẦU

Trong giai đoạn hiện nay, ở Việt Nam, hàng loạt các công trình lớn đang được xây dựng. Các công trình này đã được ứng dụng các công nghệ ứng dụng bê tông và thép tiên tiến trên thế giới. Bên cạnh đó, các loại VLXD mới, đặc biệt là về bê tông siêu dẻo và bê tông cường độ cao cũng được ứng dụng nhằm đáp ứng các yêu cầu đặc biệt cho các công trình xây dựng.

Các vấn đề giảm chiều dày kết cấu, tăng khả năng chịu kéo tương đương với khả năng chịu nén cao, tăng độ dai khi uốn, tăng độ dai va chạm, tăng khả năng chịu tải trọng động, giảm trọng lượng kết cấu, tăng độ tin cậy và tuổi thọ kết cấu đang được nghiên cứu rộng rãi.

Giải pháp tăng cường bê tông bằng các vật liệu dạng sợi là một ý tưởng được các nhà nghiên cứu quan tâm trên thế giới. Riêng đối với ngành xây dựng dân dụng nói chung hay ngành xây dựng cầu đường nói riêng ở Việt Nam thì đây là một vấn đề khá mới mẻ. Các nghiên cứu về bê tông cốt sợi thép cường độ cao (BTCST ĐC) đáp ứng được các yêu cầu về giảm chiều dày kết cấu, tăng khả năng chịu tải trọng, tăng khả năng chịu biến dạng và tăng khả năng chịu va chạm.

Sợi được dùng để gia cường bê tông có rất nhiều loại như sợi thép, sợi cacbon, sợi thủy tinh, sợi chất dẻo, sợi thực vật... trong đó sợi thép là một chọn lựa khá hợp lí vì giá thành rẻ hơn so với sợi cacbon, sợi thủy tinh và khả năng chịu lực lớn hơn so với sợi chất dẻo, sợi thực vật.

BTCST ĐC là một loại vật liệu dựa trên nền vữa xi măng có cốt sợi thép, có cường độ nén lớn hơn 80 MPa và có thể tới 150 MPa. Cốt sợi kim loại tăng khả năng chịu kéo của bê tông và trong một số trường hợp không cần sử dụng cốt thép cấu tạo trong cấu kiện.

II. CÁC TÍNH CHẤT CƠ LÝ CỦA BÊ TÔNG CỐT SỢI CƯỜNG ĐỘ CAO

2.1. Cường độ chịu nén

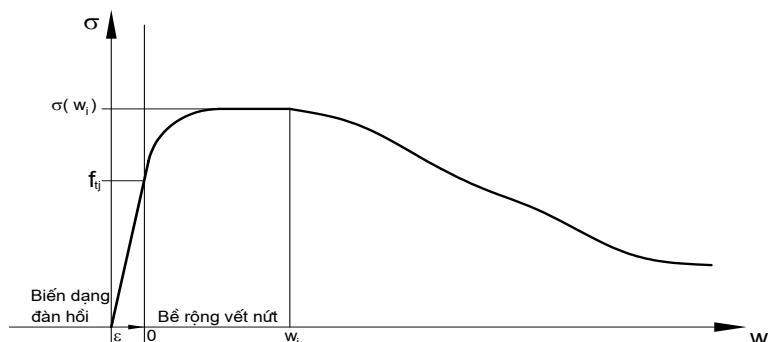
Ứng xử nén được xác định bằng cường độ nén đặc trưng và môđun đàn hồi.

Để tính toán sơ bộ cường độ uốn ULS, ta chấp nhận luật ứng xử quy ước là tuyến tính với một mặt chảy.

Ban đầu mặt chảy ứng với một ứng suất lớn nhất bằng $0,85f_{c28}/\theta_{\gamma_b}$.

Để xác định chính xác cường độ chịu nén của một cấp phối BTCSCĐC thì cần phải tiến hành thí nghiệm.

2.2. Ứng xử kéo



Hình 1.1. Ví dụ ứng xử kéo của BTCS CDC (trường hợp vật liệu hoá bền)

Ứng xử kéo của vật liệu được đặc trưng bằng:

Phần biến dạng đàn hồi giới hạn bằng cường độ kéo của vữa xi măng f_{tj}

Phần trước khi nứt đặc trưng bằng cường độ kéo của vật liệu cốt sợi nhận được sau khi vữa xi măng nứt.

Từ những thí nghiệm đặc trưng phụ thuộc loại kết cấu nghiên cứu (tấm mỏng, tấm dày, dầm hay vò) và có thể một trong hai loại (kéo đúng tâm hoặc kéo thông qua uốn), có thể đưa ra những hệ số cho phép chuyển kết quả thí nghiệm thành một quy luật ứng xử kéo “nội tại”, không phụ thuộc kích thước mẫu và loại thí nghiệm thực hiện.

Các đặc trưng của một vài loại BTCS SCD

Đặc trưng	Ductal	BSI	1463F (EDF)	Thí nghiệm
Cường độ nén ngày 28	200 MPa (sau xử lý nhiệt)	180 MPa	147 MPa	$\Phi \geq 5L_r$ hoặc $\Phi \geq 6 D_{max}$
Cường độ kéo đúng tâm ngày 28	9 MPa (có khác)	9,1 MPa (không khác)	đang xét	$\Phi = 70 \text{ mm}$
Kéo uốn lăng trụ	42 MPa	45 MPa	20 MPa	Lăng trụ 4x4x16
σ_{bt} trung bình ($w = 0,3 \text{ mm}$)	12 MPa	7,9 MPa	đang xét	PP AFREM = đường cong
Môđun đàn hồi E	58 GPa	65 GPa	57 GPa	Thí nghiệm trên lăng trụ
Môđun động E_d (0,5 mm, 1 đến 10 Hz)	60 GPa	60,1 GPa	56,5 GPa	
Môđun trượt G	24 GPa	25 GPa	24 GPa	
Hệ số Poisson	0,2	0,2	0,183	TC Pháp
Hệ số dẫn nở nhiệt	11,8 $\mu\text{m/m}^\circ\text{C}$	10,4 $\mu\text{m/m}^\circ\text{C}$		
Co ngót tổng	550 $\mu\text{m/m}$	570 $\mu\text{m/m}$		TC Pháp tr.15-433
Từ biến riêng và do mất nước	$K_{\eta} = 0,3$ sau XLN $K_{\eta} = 1$ không XLN	$K_{\eta} = 0,8$ không XLN		Phương pháp LCPC/RILEM
Độ rỗng	1,9%			
Hấp phụ	0,06 g/cm ²	0,22 g/cm ²		
Thấm khí	$< 10^{-20} \text{ m}^2$			

Các giá trị trên đây là các giá trị đưa ra bởi nhà cung cấp BTCS CDC.

2.3. Mô đun đàn hồi

Kết quả thí nghiệm với các loại BTCS CĐC đã biết hiện nay chúng tỏ:

- Chưa xác định được công thức tính toán.
- Có thể sử dụng lý thuyết đồng nhất hoá (mô hình “3 quả cầu” của LCPC) cho kết quả đúng
- Xác định trực tiếp thông qua thí nghiệm.

Giá trị chỉ định thường dùng là 55 GPa.

Khi các bước nghiên cứu trước được biết chi tiết hơn, mô đun tính cần rút ra từ một thí nghiệm.

2.4. Hệ số Poisson

Các giá trị của hệ số Poisson của các loại BTCS CĐC khác nhau đã biết được đưa ra trong bảng tổng hợp trên.

Thông thường có thể lấy $\nu = 0,2$.

2.5. Hệ số giãn nở nhiệt

Các giá trị của hệ số giãn nở nhiệt của các loại BTCS CĐC khác nhau đã biết được đưa ra trong bảng tổng hợp trên.

Thông thường có thể tính bằng $1,1 \cdot 10^{-5} \text{ m/m}^{\circ}\text{C}$.

2.6. Từ biến - co ngót

Co ngót

Trong trường hợp BTCS CĐC, co ngót chủ yếu do mất nước khi thủy hóa. Trong trường hợp xử lý nhiệt, co ngót tổng xảy ra hoàn toàn do loại co ngót này.

Thông thường có thể lấy là $550 \mu\text{m/m}$.

Từ biến

Trong trường hợp xử lý nhiệt, từ biến được giảm nhiều.

Thông thường có thể lấy giá trị hệ số từ biến sau một thời gian dài là 0,8 khi không xử lý nhiệt; là 0,2 trong trường hợp xử lý nhiệt.

2.7. Cường độ chịu va chạm

Ứng xử động của BTCS CĐC được nghiên cứu trong khuôn khổ ứng dụng trên sàn của kho chứa hàng, chịu một thí nghiệm rơi trong khi chịu tải, tương ứng với một va chạm đủ lớn và tốc độ biến dạng cục bộ lớn (1 s^{-1} , so sánh với tốc độ biến dạng đạt được của các công trình khi chịu hoạt tải là 10^{-6} đến 10^{-4} s^{-1})

Như phần lớn các loại bê tông cốt sợi, BTCS CĐC có một khả năng phân tán năng lượng lớn, điều này trước tiên rất có lợi với tải trọng động. Hơn nữa, cường độ chịu kéo cao cũng có thể cho phép hạn chế nứt và sự toàn vẹn của kết cấu cả trong trường hợp va chạm tương đối cứng.

Người ta đã chứng minh rằng với tốc độ “thường gặp” của va chạm và lực khi tai nạn trên các kết cấu xây dựng (cho tốc độ biến dạng từ 10^{-3} đến 1 s^{-1}), hiện tượng này dẫn đến sự tăng cường độ đạt tới 2 lần khi kéo và 1,5 lần khi nén. Tính đến độ lớn này, nhất là trường hợp kéo, cần thiết tạo mô hình đủ chính xác của ứng xử động của vật liệu để tận dụng nó tốt hơn trong những ứng dụng đặc biệt.

Ta thấy rằng với những BTCS CĐC đã biết, độ tăng của f_{ij} là $0,8\text{ MPa/u.log10}$, so với giá trị hiện nay của bê tông thường là khoảng $0,7\text{ MPa/u.log10}$.

Với bê tông cốt sợi, sự tăng cường độ của vữa tạo nên hiệu quả trực tiếp trên cường độ chịu nén và giới hạn nứt, và hiệu quả không trực tiếp trên phần trước cực đại kéo, do sự tách các cốt sợi quanh vết nứt làm tăng cường độ của vữa xung quanh. Tuy nhiên trong phần trước cực đại, vữa thực hiện nhiệm vụ neo thoát tiên đã bị phá hủy, từ đó dẫn đến một sự tăng nhỏ hơn của ứng suất sau khi nứt so với cường độ đã nói. Cũng như với BTCS CĐC, thí dụ cho thấy một độ tăng của σ_{bt} là $0,5\text{ MPa/u.log10}$.

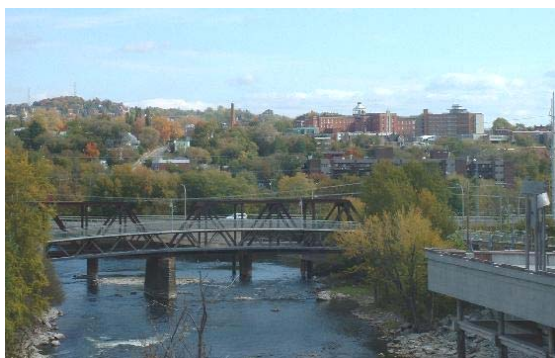
	Giá trị gần như tính tham khảo (0,05 MPa)	Độ biến đổi tốc độ (MPa/u.log)
Cường độ chịu kéo	8 MPa	+ 0,8
Ứng suất tương ứng với độ mở rộng vết nứt là 1 mm	7 MPa	+ 0,5
Mô đun Young	52 000 MPa	khoảng + 450

III. CÁC KIỂU KẾT CẤU SỬ DỤNG BTCS CĐC TRÊN THẾ GIỚI

CT 2

◆ Cầu cho người đi bộ Sherbrooke

Cầu đi bộ Sherbrooke ở Sherbrooke, Quebec là công trình kiến trúc kỹ thuật đầu tiên xây dựng bằng BTCS CĐC trên thế giới vào năm 1997.



Với khẩu độ 60m, kết cấu dành cho người đi bộ này được đúc sẵn và ứng lực trước, mặt cầu làm bằng BTCS CĐC.

◆ Trạm thu phí Millau phía Nam nước Pháp

Mái của trạm thu phí được ghép bởi 50 khối đúc sẵn có kích thước $28 \times 2 \times 0,01\text{ m}$, tất cả đều được làm bằng bê tông Ceracem.

Mái này sẽ trông như một tấm xoắn khổng lồ, dài 98 m và rộng 28 m, với chiều dày lớn nhất là 85 cm tại vùng trung tâm.

Cấu trúc tổ ong của nó sẽ như một cánh máy bay và làm từ những phần đúc sẵn, rộng 2m, tác động với nhau bởi ứng suất trước, 1000 m³ Ceracem (R) được sử dụng, khối lượng tổng cộng là 2800 tấn.



Ceracem là kết quả chọn lọc và sự kết hợp những loại vật liệu khác nhau. Nó bao gồm chất trộn, chất phụ hoá dẻo mới, cốt sợi và nước. Các sợi này có thể là sợi kim loại hay sợi tổng hợp.



- Chất nhào trộn: 2355 kg/m³
- Chất hoá dẻo: 44,6 kg/m³
- Nước: 195 kg/m³
- Sợi kim loại: 195 kg/m³ IFT Uncloc 20/03

♦ Cầu Bourges-Valence ở Đông nam nước Pháp

Cầu được làm từ bê tông có cường độ rất cao (BTCSCĐC), gồm có 2 nhịp dài khoảng 20m và được hoàn thành năm 2001

- Kích thước dầm :
- Chiều dài : 20.50 m và 22.50 m
 - Chiều cao : 0.90 m
 - Chiều rộng : 2.40 m
 - Chiều dày : 11 cm
 - Khối lượng : 37 tấn



Lượng lớn sợi thép được sử dụng (3% theo thể tích cho cây cầu Bourg-les-Valence) để cho bê tông có độ dẻo tốt khi chịu ứng suất kéo.

Các sợi sử dụng phải thẳng (dài 20 mm, đường kính 0,3 mm) và được cho vào hỗn hợp vữa xi măng. Chúng được làm từ thép cường độ cao ($\sigma_n = 1200 \text{ MPa}$).

Tính chất lưu biến của bê tông BSI tươi đặc biệt hơn: nó là một loại chất lỏng nhớt và có khả năng tự san bằng và chảy lan rộng với đường kính 64 cm với khuôn hình nón DIN và bàn không rung động. Điều đó có nghĩa là ở đây đã sử dụng bê tông tự đầm cốt sợi thép cường độ cao.

Thời gian giữ được độ chảy của loại bê tông này có thể đáp ứng được yêu cầu của thi công cầu. Ví dụ như bê tông BSI sử dụng cho cây cầu Bourg-les-Valence phải có thời gian công tác ít nhất là 1h.

Chiều dày tương đương của bản mặt là 0.25 m, so sánh với 0.75 m cho trường hợp thông thường và 0.37 m cho bản mặt HPC. Vì vậy lợi ích của BTCSCĐC là giảm trọng lượng bản thân của dầm đi 3 lần.

BSI có khả năng tự lèn chặt, với hàm lượng sợi là 3%, vì thế việc đúc bê tông này thật đơn giản, không gây tiếng ồn. Khoảng thời gian quan trọng của quá trình nhào trộn là 15 phút.

CT 2

IV. KẾT LUẬN

Các vấn đề giảm chiều dày kết cấu, tăng khả năng chịu kéo tương đương với khả năng chịu nén cao, tăng độ dai khi uốn, tăng độ dai va chạm, tăng khả năng chịu tải, chiều cao nhà, giảm nhẹ trọng lượng kết cấu, tăng độ tin cậy và tuổi thọ kết cấu là rất cần thiết.

Giải pháp tăng cường bê tông bằng các vật liệu dạng sợi là một ý tưởng được các nhà nghiên cứu quan tâm. Riêng đối với ngành xây dựng dân dụng nói chung hay ngành xây dựng cầu đường nói riêng ở Việt Nam thì đây là một vấn đề khá mới mẻ. Các nghiên cứu về Bê tông cốt sợi thép cường độ cao đáp ứng được các yêu cầu về giảm chiều dày kết cấu, tăng khả năng chịu biến dạng và tăng khả năng chịu va chạm.

Tài liệu tham khảo

- [1] M. LAQUERBE. Le Béton. RENNES, 1999
- [2] Nguyễn Việt Trung. Phụ gia và hoá chất dùng cho bê tông. NXB Xây dựng, 2004.
- [3] Bernhard R. Maidl. Steel Fibre Reinforced Concrete.
- [4] Ultra High Performance Fibre-Reinforced Concretes - AFGC Groupe de travail BFUP
- [5] Les bétons de fibres métalliques - Paris 1998
- [6] Stress Analysis of fiber-Reinforced Materials - M. W. Hyer - 1998
- [7] Tập san công nghiệp bê tông Việt Nam 5-2003 - bài số 2.
- [8] Nguyễn Việt Trung, Nguyễn Ngọc Long, Phạm Duy Anh. Bê tông cốt sợi thép. NXB Xây dựng, 2004 ♦