

Ảnh hưởng của cốt sợi thép phân tán tới một số đặc tính mới của dầm bê tông xi măng cát chịu uốn

■ PGS. TS. HỒ ANH CƯỜNG; THS. NGUYỄN HUY HÙNG - Trường Đại học Giao thông vận tải
 ■ PGS. TS. NGUYỄN TRUNG HIẾU - Trường Đại học Xây dựng

TÓM TẮT: Bài báo trình bày ảnh hưởng của cốt sợi thép phân tán đến độ bền mỏi (khả năng làm việc dưới tác dụng tải trọng lặp) của dầm bê tông xi măng (BTXM) cát (10x10x40cm) chịu uốn với tỷ lệ 0% và 5% cốt sợi theo khối lượng hỗn hợp bê tông. Kết quả cho thấy: Mẫu 5% cốt sợi chịu được số chu kỳ tác dụng của tải trọng lặp tại thời điểm phá hủy mẫu (độ bền chịu mỏi) nhiều hơn 200% so với mẫu 0%. Bên cạnh đó, độ biến dạng (độ võng của dầm) trong quá trình chịu tải trọng lặp của mẫu 5% cũng ít hơn so với mẫu 0%. Bước đầu có thể kết luận sợi thép đã nâng cao độ bền mỏi - khả năng làm việc của dầm BTXM cát dưới tác dụng của tải trọng lặp. Kết quả nghiên cứu góp phần cho các giải pháp nâng cao chất lượng công trình hạ tầng kỹ thuật tại Việt Nam.

TỪ KHÓA: Sợi thép, bê tông xi măng cát, độ bền mỏi, uốn, biến dạng

ABSTRACT: The paper presents the effect of steel fibers on fatigue resistance (under cyclic loading) of flexural beam (10x10x40cm) Sand Concrete using a content of fiber is 0%, 5% by weight. Preliminary results show that the cyclic loading number at fracture moment of 5% is more than 200% to the ratio 0%. In addition, the strain (beam deflection) during cyclic loading of specimen 5% is smaller than which is of 0%. The study has initial conclusions that the steel fibers enhance the fatigue strength (under cyclic loading) of Sand Concrete flexural beam and also the contribution for improvement solutions of infrastructure works in Vietnam.

KEYWORDS: Steel fibers, sand concrete, fatigue resistance, flexure, strain evolution

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay ở nước ta, tại các công trình giao thông, hạ tầng kỹ thuật, lớp mặt (vỏ) của các công trình này thường được thiết kế, thi công bằng BTXM với chiều dày khoảng 20 - 40cm. Lớp mặt các công trình này thường có diện tích lớn, chịu tác động của tải trọng tĩnh hoặc tải trọng

lặp. Vì vậy, trong quá trình khai thác, đặc biệt dưới tác dụng của tải trọng lặp (mỏi) bê tông thường suy giảm khả năng chịu lực, xuất hiện các vết nứt, giảm tuổi thọ của công trình.

Để nâng cao khả năng làm việc kết cấu BTXM dưới tác dụng tải trọng lặp (độ bền mỏi), giải pháp sử dụng cốt sợi thép phân tán đã được nhiều tác giả nghiên cứu [1-3]. Các tác giả đều kết luận rằng cốt sợi thép nâng cao khả năng chịu lực của kết cấu ở cả hai trạng thái tĩnh và trạng thái động (tải trọng lặp).

BTXM cát là loại vật liệu tương đối mới mẻ ở Việt Nam (mới từ năm 2011) nhưng có tương lai phát triển ứng dụng khá rộng rãi [4].

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu bước đầu về một số đặc tính mới (chịu tải trọng lặp) tính chất cơ lý của BTXM cát cốt sợi thép (BTCST) với tỷ lệ sợi 5% theo khối lượng: Cường độ chịu kéo khi uốn ở tuổi 28 ngày; số chu kỳ tác dụng tại thời điểm phá hủy mẫu và độ biến dạng (độ võng của dầm) trong quá trình chịu tải trọng lặp.

Kết quả được so sánh với bê tông đối chứng (0% sợi) nhằm sáng tỏ thêm cơ chế làm việc, hiệu quả của sợi thép đến đặc tính mới của BTXM cát. Qua đó, bước đầu đánh giá khả năng áp dụng vật liệu này trong xây dựng kết cấu mặt đường BTXM ở nước ta

2. CHƯƠNG TRÌNH THÍ NGHIỆM

2.1. Vật liệu



Hình 2.1: Sợi thép dùng trong nghiên cứu

Sợi thép được chế tạo từ thép carbon, cường độ chịu kéo >1100MPa, tiết diện hình tròn, chiều dài sợi 30mm,

đường kính 0.5 mm (Hình 2.1). Xi măng poóc-lăng PCB 40 (Nhà máy Xi măng Bút Sơn), cường độ chịu nén 28 ngày $R_{n,28} > 48.5$ (MPa). Cát vàng tự nhiên có khối lượng thể tích 2.62 (T/m³), có kích cỡ 0÷4mm, hệ số hấp thụ nước 1.9%. Tro bay nhiệt điện Phả Lại có kích thước hạt trung bình 28.47µm, khối lượng riêng 2.45 g/cm³. Phụ gia Viscocrete 3000-10 (hãng Sika), gốc Polycarboxylate, có màu nâu nhạt, khối lượng thể tích (ở 20°C) là 1.050 - 1.080 kg/lit, độ PH: 4.25 + 5.75. Ngoài ra, có sử dụng Silicafume Sikacrete PP1.

2.2. Chế tạo hỗn hợp vật liệu

Nghiên cứu đã chế tạo được công thức BTCST được ký hiệu BTSCS tương ứng 5% cốt sợi theo khối lượng và một công thức bê tông đối chứng (BTDC - không sử dụng cốt sợi), ký hiệu BTOCS. Trong tất cả các hỗn hợp, tỷ lệ N/X cũng như lượng phụ gia siêu dẻo Viscocrete 3000-10 được giữ nguyên. Kết quả công thức thành phần của hỗn hợp được thể hiện ở Bảng 2.1 sau quá trình chế tạo.

Bảng 2.1. Thành phần của các hỗn hợp (kg/m³)

LOẠI MẪU	SILICAFUME (kg/m ³)	NƯỚC (lít/m ³)	XI MĂNG (kg/m ³)	TRO BAY (kg/m ³)	CÁT (kg/m ³)	PHỤ GIA (lít/m ³)	CỐT SỢI THÉP (% khối lượng)
BTOCS	52	168	520	312	1256	7.8	0
BTSCS	52	168	520	312	1256	7.8	5

2.3. Các thí nghiệm

2.3.1. Thí nghiệm cường độ chịu kéo khi uốn

Thí nghiệm cường độ chịu kéo khi uốn được thực hiện theo NF-EN12390-5 với trường hợp uốn 3 điểm (lực tác dụng ở giữa dầm) có tham khảo Tiêu chuẩn TCVN 3119:1993. Mẫu có kích thước 100x100x400mm. Với mỗi loại bê tông, cũng sử dụng 3 mẫu. Kết quả được lấy trung bình của 3 giá trị thí nghiệm.

2.3.2. Thí nghiệm mỏi

Dạng tải trọng: Tải trọng tác dụng lên mẫu có dạng hình sin.

Căn cứ khoa học lựa chọn P_{max}/P_{phá hủy}:

- Theo các tài liệu hiện nay về mặt đường BTXM, khi P_{max}/P_{phá hủy} > 0.75 thì tấm sẽ nhanh chóng bị phá hoại do mỏi. Ngược lại, với P_{max}/P_{phá hủy} < 0.45 thì hầu như tấm ít bị phá hoại do mỏi.

- Bên cạnh đó, theo [5] trích dẫn từ kết quả của Viện Nghiên cứu Khoa học Đường bộ Liên Xô cũ, hệ số an toàn xét đến mỏi nằm trong phạm vi từ 1.2 (tương ứng P_{max}/P_{phá hủy} = 0.85) đến 2.0 (P_{max}/P_{phá hủy} ≤ 0.5. Khi đó, số lần tác dụng của trùng phục > 1500000 vật liệu vẫn chưa bị phá hoại).

Vì vậy, nghiên cứu lựa chọn hai tỷ số ứng suất P_{max}/P_{phá hủy} = (0.55 và 0.65) để có thể thí nghiệm đạt đến trạng thái phá hủy của vật liệu mà vẫn phản ánh được phần nào điều kiện làm việc thực tế tấm BTXM mặt đường ô tô.

Do đặc tính của thiết bị thí nghiệm chỉ cho phép tạo ra tải trọng mỗi một chiều nên để đảm bảo bộ phận gia tải luôn ở trạng thái tiếp xúc với mẫu trong suốt quá trình thí nghiệm, bài báo lựa chọn P_{mín} = 0.5kN.

Căn cứ lựa chọn tần số tải trọng lặp:

- Theo đề xuất của [6], một ô tô chạy với tốc độ 48 - 64 km/h có tần số tác dụng tải trọng bánh xe lên mặt đường khoảng 8Hz.

- Cùng theo khuyến cáo trong tiêu chuẩn [7], thí nghiệm độ bền mỏi của bê tông nhựa dùng trong mặt đường ô tô, tần số tải thí nghiệm thường được đặt trong phạm vi từ 5Hz đến 10Hz và thông thường lấy tần số 10Hz.

Từ các căn cứ trên, xét đến điều kiện thí nghiệm, nghiên cứu đã lựa chọn sử dụng tần số tải trọng là 10Hz.

Để xác định được diễn biến phát triển độ võng dầm dưới tác dụng tải trọng lặp, để tải sử dụng kết hợp đầu đo biến dạng LVDT (Linear Variable Differential Transformer) đo tại vị trí giữa dầm và ở phía trên dầm như Hình 2.2. Với mỗi loại bê tông, cũng sử dụng ít nhất 3 mẫu. Kết quả được lấy trung bình của 3 giá trị thí nghiệm.

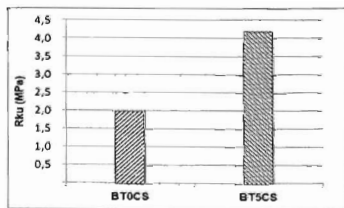


Hình 2.2: Thí nghiệm mỏi có lắp đặt đầu đo biến dạng LVDT

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Cường độ chịu kéo khi uốn

Hình 3.1 giới thiệu kết quả cường độ chịu kéo khi uốn R_{ku} của mẫu BTSCS > 2 lần R_{ku} mẫu BTOCS. Các phân tích về sự cải thiện cường độ chịu kéo khi uốn nhờ sử dụng cốt sợi thép sẽ được phân tích sâu hơn ở các mục tiếp theo.



Hình 3.1: Kết quả cường độ chịu kéo khi uốn R_{ku}

3.2. Độ bền mỏi

Bảng 3.1 thống kê giá trị tải trọng thí nghiệm P_{max} đối với bê tông BTOCS và BTSCS trong thí nghiệm tải trọng lặp.

Các kết quả thí nghiệm với xác định số chu kỳ tại thời điểm mẫu bị phá hủy (mẫu bị gãy) để xác định tuổi thọ mỏi tương ứng với hai tỷ số 0.65 và 0.55 của hai loại bê tông BTOCS và BTSCS được tổng hợp ở Bảng 3.1.

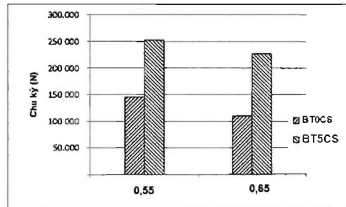
Bảng 3.1. Giá trị tải trọng thí nghiệm Pmax đối với bê tông BTOCS và BTSCS

Loại BT	Rku (MPa)	P phá hủy (kN)	Tỷ số P _{max} / P _{phá hủy}	
			0,65	0,55
BTOCS	2.0	4.4	2.9	2.4
BTSCS	4.2	9.3	6.1	5.1

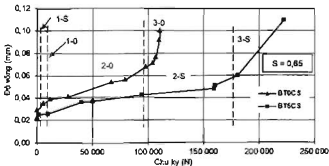
Bảng 3.2. Tổng hợp kết quả thí nghiệm tải trọng lặp của mẫu BTOCS và BTSCS ở hai tỷ số 0.55 và 0.65

Tỷ số Pmax / Pphá hủy	Loại BT	Tần số (Hz)	Số chu kỳ tại thời điểm mẫu bị phá hủy (gãy)
			Trung bình 3 mẫu
			0.65
	BTSCS	10	227201
0.55	BTOCS	10	146435
	BTSCS	10	253435

Bên cạnh đó, các cột trên Hình 3.2 cho thấy xu hướng giảm tuổi thọ mỗi khi tăng tỷ số từ 0.55 đến 0.65. Chứng tỏ, khi tỷ số ứng suất tăng, mức độ suy giảm tuổi thọ mỗi của BTSCS ít hơn so với BTOCS, vai trò của cốt sợi thép rõ rệt hơn khi nâng cao tuổi thọ mẫu.



Hình 3.2: Xu hướng giảm tuổi thọ mỗi khi tăng tỷ số từ 0.55 đến 0.65 của hai loại BTOCS và BTSCS



Hình 3.3: Sự phát triển của độ võng của hai loại BTOCS và BTSCS dưới tác dụng của tải trọng lặp, tỷ số 0.65

Hình 3.3 làm rõ hơn trạng thái biến dạng - độ võng của dầm BTCST dưới tác dụng của tải trọng lặp với trường hợp tỷ số 0.65. Trong khuôn khổ giới hạn của đề tài, báo cáo này chỉ phân tích diễn biến của độ võng tương ứng với giới hạn trên (Pmax) của lực tác dụng

Dựa trên các kết quả theo dõi của [8], ở đây cũng có thể chia ra 3 trạng thái phát triển độ võng của dầm (được

phân chia thông qua 3 vùng 1-S, 2-S, 3-S - trường hợp BTSCS và 3 vùng 1-0, 2-0, 3-0 của BTOCS).

Ở vùng thứ nhất (1-S hay 1-0), tương ứng với khoảng dưới 10 chu kỳ tác dụng, độ võng tăng rất nhanh. Tiếp đến vùng thứ 2 (2-S, 2-0), độ võng vẫn tăng như tốc độ tăng đã giảm. Tiếp đến vùng 3 (3-S và 3-0), biến dạng tăng đột biến và dẫn đến trạng thái gãy mẫu.

Trên Hình 3.3, đường chấm vòng lượn nằm ở dưới đường chấm tam giác, điều này cho thấy, trong suốt quá trình chịu tải trọng, độ võng của dầm có cốt sợi thép BTSCS luôn bé hơn so mẫu đối chứng - không sợi BTOCS. Hơn nữa, ở vùng 3, trong khi đường màu xanh gần như vòng góc trục hoành trong khi đường màu đỏ vẫn có một góc nghiêng. Điều này cho thấy, dù sắp bị gãy nhưng tốc độ phá hủy của mẫu cốt sợi vẫn chậm hơn so với mẫu không có sợi. Một lần nữa, sợi lại đóng vai trò làm giảm tốc độ phá hủy và kéo dài khả năng làm việc của mẫu.

Để giải thích được rõ hơn kết quả về cường độ chịu kéo khi uốn (Hình 3.1) và ứng xử về mỏi (Hình 3.2 và 3.3) ở trên, ta có thể phân tích cơ chế làm việc của sợi trong pha nén (vữa xi măng + sợi) của bê tông như sau:

(1) Một phần tải trọng được truyền theo phương dọc và phương vòng góc với sợi và được phân bố đều trong vật liệu nén;

(2) Hình thành cơ chế bắc cầu (bridging) - khâu vết nứt, đặc biệt với các vết nứt vi mô. Ứng suất tập trung tại đầu các vết nứt sẽ được các sợi hấp thụ và truyền sang pha nền. Do đó, tại đầu các vết nứt, ứng suất sẽ giảm đi, dẫn đến làm chậm, hạn chế sự phát triển, tạo mạng lưới các vết nứt vi mô và tiến tới ngăn chặn sự hình thành vết nứt vi mô, từ đó làm chậm quá trình phá hủy bê tông, tăng khả năng chịu lực của mẫu.

3. KẾT LUẬN

Bài báo tập trung nghiên cứu ảnh hưởng của cốt sợi thép (tỷ lệ 0%, 5% theo khối lượng) đến một số tính chất của BTXM trong kết cấu tấm (mặt đường ô tô), vỏ công trình. Kết luận cho thấy, cốt sợi thép nâng cao khả năng chịu lực trong thái tĩnh cũng như trạng thái động - chịu tải trọng lặp cho BTXM, cụ thể:

- Cường độ chịu kéo khi uốn của BTSCS lớn hơn hai lần so với bê tông không sử dụng cốt sợi BTOCS.
- Tại tỷ số 0.55, số chu kỳ chịu tải trọng lặp tại thời điểm phá hủy mẫu (mẫu gãy) - tuổi thọ mỏi của BTSCS lớn hơn 1.75 lần so với BTOCS. Trong khi đó, khi tăng tỷ số lên 0.65 thì tuổi thọ mỏi của BTSCS lớn hơn hai lần so với BTOCS.
- Các tham số thí nghiệm môi phù hợp với điều kiện khai thác của tấm BTXM mặt đường ô tô nên kết quả nghiên cứu có thể góp phần bổ sung cơ sở lý luận khoa học trong việc đề xuất ứng dụng tải trọng lặp trong xây dựng: (1) Mặt đường BTXM cát, (2) tấm mỏng BTXM cát, (3) gia cường mặt đường BTXM cũ...

Tài liệu tham khảo

[1]. M. Heeralal, P. Rathish Kumar, Y.V. Rao (2009), *Flexural fatigue characteristics of steel fiber reinforced recycled aggregate concrete (SFRRAC)*, UDC

624.012.45:691.322(045). FACTA UNIVERSITATIS. Series: Architecture and Civil Engineering vol.7, no.1, pp.19-33, DOI: 10.2298/FUACE0901019H.

[2]. Benard Isojeh, Maria El-Zeghayar and Frank J. Vecchio (September-October 2017), *Fatigue Resistance of Steel Fiber-Reinforced Concrete Deep Beams*, ACI Structural Journal.

[3]. Toumi, T.-H. Nguyen & A. Turatsinze (2015), *Modelling of the debonding of steel fibre reinforced and rubberised cement-based overlays under fatigue loading*, European Journal of Environmental and Civil Engineering, vol.19, no.6, 672-686, <http://dx.doi.org/10.1080/19648189.2014.965848>.

[4]. Nguyễn Thanh Sang (2011), *Nghiên cứu thành phần, tính chất cơ học và khả năng ứng dụng bê tông cốt thép xây dựng đường ô tô ở Việt Nam*, Luận án Tiến sĩ, Trường Đại học GTVT.

[5]. PGS. TS. Phạm Huy Khang (2008), *Thiết kế mặt đường BTXM đường ô tô và mặt đường sân bay*, NXB. GTVT, Hà Nội.

[6]. Shell International Petroleum Company Ltd. (1978), *Shell Pavement design manual*, London.

[7]. ASTM D7460 - 10, *Standard Test Method for Determining Fatigue Failure of Compacted Asphalt Concrete Subjected to Repeated Flexural Bending*.

[8]. Pons G., *Comportement des bétons soumis à des sollicitations cycliques: Bibliographie critique sur les limites de fatigue et sur les lois du comportement rhéologique*, AFREM, Groupe "Mécanique de la rupture des bétons", Communication du 16 Décembre 1982.

Ngày nhận bài: 20/4/2019

Ngày chấp nhận đăng: 10/5/2019

Người phản biện: PGS. TS. Vũ Đức Chính

PGS. TS. Nguyễn Hữu Trí