



# HIỆU QUẢ SỬ DỤNG CỐT SỢI THÉP TRONG VIỆC HẠN CHẾ NỨT KẾT CẤU BÊ TÔNG DO BIẾN DẠNG CO NGÓT

Nguyễn Trung Hiếu<sup>1</sup>

**Tóm tắt:** Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu thực nghiệm về sử dụng vật liệu sợi thép trong việc hạn chế tình trạng nứt trên kết cấu bê tông do biến dạng co ngót của bê tông gây ra. Thí nghiệm vòng kiểm chế theo chỉ dẫn của tiêu chuẩn ASTM C1581 được tiến hành với các mẫu bê tông thường và các mẫu bê tông cốt sợi thép. Kết quả thu được cho thấy khả năng áp dụng của vật liệu này trong việc làm chậm sự hình thành và phát triển vết nứt trên kết cấu bê tông do biến dạng co ngót.

**Từ khóa:** Vết nứt; biến dạng co ngót hạn chế; sợi thép.

**Summary:** This paper presents the results of experimental studies on the use of steel fiber in limiting cracks due to shrinkage deformation of concrete. Restrained Ring Test as instructed by ASTM C1581 was conducted with the conventional concrete specimens and steel fiber reinforced ones. The results showed the applicability of this material in delaying the formation and development of cracks in concrete structures due to shrinkage deformation.

**Keywords:** Crack; restrained shrinkage deformation; steel fiber.

Nhận ngày 10/11/2014, chỉnh sửa ngày 30/11/2014, chấp nhận đăng 31/12/2014



## 1. Mở đầu

Nứt kết cấu bê tông là một trong những nguyên nhân chính làm suy giảm khả năng làm việc (bao gồm cả công năng chịu lực và công năng sử dụng), dẫn đến giảm tuổi thọ của công trình xây dựng bằng bê tông và bê tông cốt thép. Nứt kết cấu bê tông là một vấn đề phức tạp, do nhiều nguyên nhân khác nhau gây ra và có thể xảy ra ở nhiều thời điểm khác nhau từ khi bắt đầu chế tạo và trong suốt quá trình làm việc của bê tông. Trong các nguyên nhân gây ra nứt kết cấu bê tông thì biến dạng co ngót của bê tông (quá trình thay đổi thể tích của bê tông dưới tác động của khí hậu môi trường và các quá trình lý hóa xảy ra bên trong vật liệu bê tông) được xem là một trong những nguyên nhân chính.

Nứt kết cấu bê tông do biến dạng co ngót xảy ra khá phổ biến ở các công trình xây dựng, tại nhiều thời điểm khác nhau liên quan đến đặc điểm của biến dạng co ngót, có thể trong vòng 24h đầu sau khi đổ bê tông (do biến dạng co mềm) hoặc sau thời gian dài kể từ khi công trình được đưa vào sử dụng (do biến dạng co ngót cứng). Trong đó cơ chế gây nứt được giải thích thông qua việc ứng suất kéo trong kết cấu bê tông do biến dạng co ngót gây ra có giá trị vượt quá cường độ chịu kéo của vật liệu bê tông [5,6].

Trên Hình 1 dưới đây minh họa hình ảnh nứt trên kết cấu bê tông thường gặp có nguyên nhân từ biến dạng co ngót của bê tông.

Bê tông cốt sợi thép (BTCST) được định nghĩa như là một hỗn hợp gồm hai phần chính: bê tông thông thường (BTT) và vật liệu cốt sợi thép. Trong đó các tính chất cơ bản của vật liệu bê tông vẫn được đảm bảo và cốt sợi thép được xem như vật liệu gia cường trong hỗn hợp bê tông. Nhiều nghiên cứu đã chứng tỏ hiệu quả của cốt sợi thép trong việc tăng cường độ, tăng tính dẻo của bê tông [7,9]. BTCST đã được sử dụng phổ biến ở nhiều nước trên thế giới, trong các công trình giao thông, công trình dân dụng. Ở nước ta hiện nay, việc sử dụng BTCST trong các công trình xây dựng còn hạn chế.

<sup>1</sup>TS, Khoa Xây dựng Dân dụng và Công nghiệp. Trường Đại học Xây dựng. E-mail: ngtrunghieugd@gmail.com



a) Nứt mặt đường bê tông



b) Nứt vách tầng hầm



c) Nứt sàn nhà cao tầng

**Hình 1.** Một số hình ảnh nứt trên kết cấu bê tông do biến dạng co ngót

Nội dung bài báo trình bày kết quả nghiên cứu thực nghiệm về hiệu quả của việc sử dụng BTCST nhằm hạn chế tình trạng nứt trên kết cấu bê tông do biến dạng co ngót. Nghiên cứu thực nghiệm được tiến hành tại Phòng Thí nghiệm và Kiểm định công trình, Trường Đại học Xây dựng và bao gồm hai nội dung sau:

- Nghiên cứu một số đặc trưng cơ học của vật liệu BTCST có liên quan đến sự hình thành và phát triển của vết nứt trên kết cấu bê tông;
- Nghiên cứu hiệu quả sử dụng BTCST trong việc hạn chế nứt do biến dạng co ngót.



## 2. Nghiên cứu thực nghiệm

### 2.1 Vật liệu sợi thép và cấp phối vật liệu chế tạo

Vật liệu sợi thép được sử dụng trong nghiên cứu do Tập đoàn MACCAFERRI (Italia) sản xuất và Công ty CP GETECCO phân phối ở Việt Nam. Đây là loại cốt sợi thép có tiết diện tròn, chiều dài  $l=50$  mm và có móc ở hai đầu để tăng độ bám dính với bê tông (Hình 2). Một số đặc trưng cơ lý của cốt sợi thép được trình bày trong Bảng 1.

**Bảng 1.** Một số đặc trưng cơ lý của cốt sợi thép sử dụng trong nghiên cứu

Đường kính sợi thép D	0,75 mm
Chiều dài sợi thép L	50 mm
Tỷ lệ L/D	67
Số lượng sợi thép trên 01 kg cốt sợi	5700
Cường độ chịu kéo $R_m$	> 1100 MPa
Biến dạng cực hạn $\epsilon_u$	< 4%


**Hình 2.** Sợi thép sử dụng trong nghiên cứu và chế tạo bê tông cốt sợi thép

Thành phần cấp phối vật liệu chế tạo BTCST và BTT được giới thiệu trên Bảng 2 dưới đây. BTCST sử dụng cấp phối vật liệu tương tự với BTT và được bổ sung cốt sợi thép với hàm lượng  $40 \text{ kg/m}^3$ . Theo một số tài liệu [7,9], đây là hàm lượng cốt sợi thép được sử dụng phổ biến trong các công trình xây dựng hiện nay ở các nước trên thế giới.

**Bảng 2.** Thành phần cấp phối vật liệu chế tạo BTT và BTCST ( $\text{kg/m}^3$ )

Mẫu thí nghiệm	Xi măng PCB40	Cát vàng	Đá 1×2	Nước	Cốt sợi thép
BTT	477	597	1250	180	0
BTCST	477	597	1250	180	40

Bảng 3 trình bày kết quả thí nghiệm xác định một số đặc trưng cơ học của vật liệu BTT và BTCST được chế tạo theo cấp phối vật liệu trên. Thí nghiệm xác định cường độ chịu nén, cường độ chịu kéo khi uốn và mô đun đàn hồi được thực hiện theo chỉ dẫn trong các tiêu chuẩn TCVN 3118:1993 [2], TCVN 5726:1993 [3], TCVN 3119:1993 [4]. Có thể thấy, sự có mặt của cốt sợi thép góp phần cải thiện các đặc trưng cơ học của bê tông. Trong đó, việc cường độ chịu kéo của bê tông được cải thiện khi có mặt cốt sợi thép cho thấy khả năng áp dụng loại vật liệu này nhằm hạn chế nứt trên kết cấu bê tông.

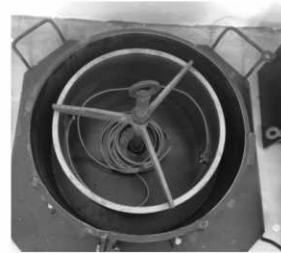
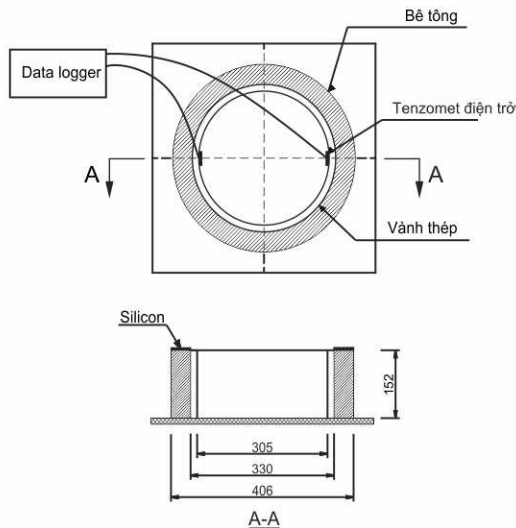
**Bảng 3.** Một số đặc trưng cơ học của vật liệu BTT và BTCST

Mẫu thí nghiệm	Cường độ chịu nén (MPa)	Cường độ chịu kéo khi uốn (MPa)	Mô đun đàn hồi (MPa)
BTT	38,50	4,90	33,5*10 <sup>4</sup>
BTCST	43,07	6,55	42,0*10 <sup>4</sup>

**2.2 Nghiên cứu thực nghiệm sử dụng cốt sợi thép nhằm hạn chế nứt bê tông do biến dạng co ngót**

Nhằm làm sáng tỏ khả năng của cốt sợi thép trong việc hạn chế nứt trên kết cấu bê tông do biến dạng co ngót, thí nghiệm Vòng kiểm chế (Restrained Ring Test) theo chỉ dẫn trong tiêu chuẩn ASTM C1581 [8] đã được tiến hành với các mẫu thí nghiệm chế tạo bằng vật liệu BTT và BTCST. Đây là phương pháp thí nghiệm được sử dụng phổ biến hiện nay trong việc đánh giá tình trạng nứt trên kết cấu bê tông do biến dạng co ngót gây ra.

Quy cách mẫu thí nghiệm được trình bày trên Hình 3, tuân thủ theo chỉ dẫn trong tiêu chuẩn ASTM C1581. Vành tròn bằng bê tông có chiều dày 38 mm, đường kính trong 330 mm, chiều cao 152 mm được đổ xung quanh một vành thép tròn dày 12,5 mm, đường kính trong 305 mm và có cùng chiều cao với vành bê tông. Chế tạo 02 mẫu thí nghiệm ứng với mỗi loại vật liệu BTT và BTCST.



a) Kích thước mẫu thí nghiệm

b) Hình ảnh khuôn và mẫu thí nghiệm

**Hình 3.** Quy cách mẫu thí nghiệm Vòng kiểm chế (theo ASTM C1581)

Khi vành bê tông bị co ngót sẽ tạo ra áp lực nén lên vành thép. Áp lực này gây ra biến dạng của vành thép. Biến dạng co ngót của vành bê tông càng cao thì biến dạng của vành thép càng lớn. Trong thí nghiệm này, thông số được đo đạc là biến dạng của vành thép theo thời gian, thông qua 02 tenzomet điện trở (Strain-Gages) được dán ở mặt trong của vành thép (Hình 3a). Các tenzomet điện trở được kết nối với bộ thu thập, xử lý số liệu P3, do hãng Vishay-USA sản xuất, cho phép tự động ghi nhận số liệu biến dạng trên vành thép theo thời gian.

Biến dạng co ngót của vành bê tông bị ngăn cản bởi vành thép sẽ tạo ra ứng suất kéo trong vành bê tông và khi biến dạng co ngót đủ lớn sẽ dẫn đến ứng suất kéo trong vành bê tông vượt quá khả năng chịu kéo của bê tông. Lúc này, xuất hiện vết nứt trên kết cấu bê tông và đồng thời áp lực lên vành thép giảm đi dẫn đến biến dạng của vành thép đo qua các tenzomet điện trở cũng giảm xuống. Căn cứ vào dấu hiệu này cho phép xác định được thời điểm xuất hiện vết nứt trên vành bê tông do biến dạng co ngót gây ra.

Quy trình thí nghiệm được thực hiện theo chỉ dẫn trong tiêu chuẩn ASTM C1581. Sau 01 ngày đổ bê tông, tiến hành tháo phân khuôn thép phía ngoài vành bê tông và chuyển các mẫu thí nghiệm vào buồng khí hậu (có nhiệt độ, độ ẩm được giữ ổn định ở 27°C và 80%). Bề mặt trên của mẫu bê tông được phủ lớp silicon để đảm bảo sự bay hơi nước diễn ra trên bề mặt xung quanh của mẫu thí nghiệm. Ngay sau đó, kết nối các tenzomet điện trở với thiết bị P3 và bắt đầu ghi nhận số liệu biến dạng trên vành thép với chu trình 600 giây/lần ghi số liệu. Thí nghiệm kết thúc khi số đo biến dạng trên các tenzomet điện trở giảm gần về không.

Hình 4 giới thiệu thí nghiệm Vòng kiểm chế đang tiến hành trên 02 mẫu thí nghiệm được chế tạo bằng vật liệu BTCST. Sau khi xuất hiện vết nứt trên bề mặt vành bê tông, bề rộng vết nứt xác định bằng thiết bị quang học đo nứt chuyên dụng nhãn hiệu DJK (do Trung Quốc sản xuất). Thiết bị này cho phép đo được vết nứt có bề rộng nhỏ nhất 0,01 mm (Hình 5).



**Hình 4.** Hình ảnh thí nghiệm Vòng kiểm chế (mẫu BTCST)

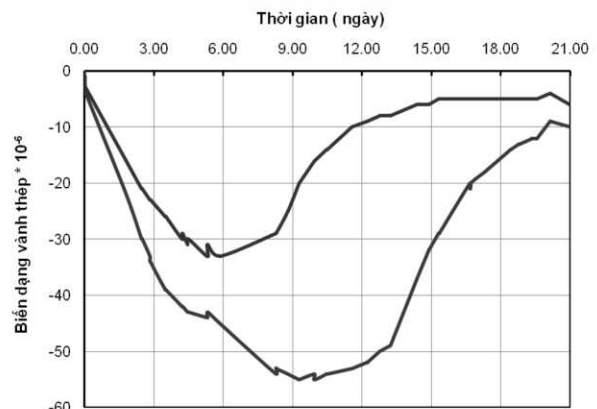


**Hình 5.** Đo bề rộng vết nứt trên vành bê tông

Hình 6 trình bày biểu đồ biến dạng của vành thép theo thời gian, do biến dạng co ngót của vành bê tông gây ra. Mỗi giá trị biến dạng của vành thép trên biểu đồ là trung bình cộng giá trị biến dạng đo được thông qua 02 tenzomet điện trở. Kết quả thu được cho thấy:

- Thời gian xuất hiện vết nứt trên vành bê tông do biến dạng co ngót: đối với mẫu BTT, thời gian xuất hiện vết nứt là 5 ngày. Với mẫu BTCST, thời gian xuất hiện vết nứt khoảng 10 ngày. Sự có mặt của cốt sợi thép cho phép làm chậm quá trình hình thành vết nứt trên kết cấu bê tông. Kết quả này kết hợp với việc cường độ chịu kéo của BTCST được cải thiện là một trong những cơ sở cho thấy hiệu quả của việc sử dụng cốt sợi thép trong việc hạn chế nứt trên bê tông.

- Sự làm việc của cốt sợi thép sau khi xuất hiện vết nứt trên kết cấu bê tông: ở cùng một thời điểm sau khi nứt, biến dạng trên vành thép do co ngót của mẫu BTCST gây ra lớn hơn nhiều so với biến dạng trên vành thép do co ngót của mẫu BTT. Bên cạnh đó, bề rộng vết nứt trên vành bê tông đo được ở thời điểm xuất hiện vết nứt là 0,21 mm với các mẫu BTT và 0,08 mm đối với mẫu BTCST. Qua kết quả này có thể nhận thấy sau khi bê tông nứt, các sợi thép đã đóng vai trò truyền lực qua vết nứt, qua đó hạn chế sự mở rộng của vết nứt và đảm bảo được tính liên tục của kết cấu.



**Hình 6.** Biểu đồ biến dạng của vành thép theo thời gian



### 3. Kết luận

- Nứt trên kết cấu bê tông do biến dạng co ngót là một trong những nguyên nhân làm giảm chất lượng công trình, giảm khả năng chịu lực cũng như tuổi thọ công trình. Việc nghiên cứu, đề xuất các giải pháp nhằm hạn chế nứt do co ngót ở kết cấu bê tông là rất cần thiết.

- Thí nghiệm Vòng kiểm chế cho thấy *hiệu quả của cốt sợi thép trong việc hạn chế nứt trên kết cấu bê tông do biến dạng co ngót. Sự có mặt của cốt sợi thép làm chậm quá trình hình thành vết nứt và hạn chế sự mở rộng của vết nứt. Kết quả này cho thấy sử dụng bê tông cốt sợi thép là một giải pháp có thể được áp dụng trong việc hạn chế nứt do biến dạng co ngót.*

#### Tài liệu tham khảo

1. TCVN 3105 (1993), *Lấy mẫu, chế tạo và bảo dưỡng mẫu thử bê tông.*
2. TCVN 3118 (1993), *Bê tông nặng, Phương pháp xác định cường độ chịu nén.*
3. TCVN 5726 (1993), *Bê tông nặng, Phương pháp xác định cường độ lắng trụ và mô đun đàn hồi khi nén tĩnh.*
4. TCVN 3119 (1993), *Bê tông nặng, Phương pháp xác định cường độ chịu kéo khi uốn.*
5. ACI 209.1R-05 (2005), *Report on Factor Affecting Shrinkage and Creep of Hardened Concrete*, Report by ACI Committee 209, American Concrete Institute.
6. ACI 224R-01 (2001), *Control of Cracking in Concrete Structures*, Reported by ACI Committee 224, American Concrete Institute.
7. ACI 544.1R (2002), *State of the Art Report on Fiber Reinforced Concrete*, American Concrete Institute.
8. ASTM C 1581 (2004), *Standard Test Method for Determining Age at Cracking and Induced Tensile Stress Characteristics of Mortar and Concrete under Restrained Shrinkage*, ASTM International, West Conshohocken, PA.
9. Bentur A., Mindess S., (1990), *Fibre Reinforced Cementitious Composites*, Elsevier Applied Science.