

# Nghiên cứu sự ảnh hưởng của cốt sợi phân tán đến tính chất cơ lý của bê tông tự lèn

Dương Thanh Qui<sup>1</sup>, Phan Văn Quỳnh<sup>1\*</sup>, Phạm Hữu Thiên<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Viện Vật liệu xây dựng – Bộ Xây dựng

## TỪ KHOÁ

Bê tông tự lèn  
Co ngót  
Kháng nứt  
Sợi PP  
Cường độ

## TÓM TẮT

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu sự ảnh hưởng của hàm lượng cốt sợi phân tán polypropylene (PP) (0,1 đến 0,2 % theo thể tích) đến cường độ chịu nén, cường độ chịu uốn, cường độ chịu kéo, khả năng kháng nứt và độ co ngót của bê tông tự lèn (BTTL). Kết quả nghiên cứu cho thấy khi tăng hàm lượng sợi từ 0,1 đến 0,2 % cường độ chịu nén của BTTL giảm từ 4,56 % đến 7,88 % so với mẫu đối chứng không sử dụng sợi PP. Khả năng chịu kéo của các mẫu BTTL có sự thay đổi không đáng kể trong khi cường độ chịu kéo khi uốn có xu hướng tăng từ 2,12 % đến 8,99 %. Độ co ở tuổi sớm của các mẫu BTTL chứa 0,1 %, 0,15 % và 0,2 % sợi PP được ghi nhận giảm tương ứng ở mức 20,8 %, 32,5 % và 49,4 % so với mẫu đối chứng. Hơn nữa, thời gian nứt ghi nhận ở mẫu đối chứng là 40 giờ, giá trị này tăng lên 58 giờ; 69 giờ và 65 giờ tương ứng cho các mẫu BTTL chứa 0,1 %, 0,15 % và 0,2 % sợi PP.

## KEYWORDS

Self-compacting concrete  
Shrinkage  
Crack resistance  
PP fiber  
Mechanical strength

## ABSTRACT

The influence of dispersed polypropylene (PP) fiber content (i.e., 0.1-0.2 vol.%) on ng compressive strength, flexural strength, tensile strength, crack resistance, and shrinkage of self-compacting concrete (SCC) was investigated in the present study. Experimental results show that increasing PP fiber content from 0.1% to 0.2% caused a 4.56-7.88% reduction in compressive strength of SCC compared to the none fiber specimen. The tensile strength capacity of SCC was found to vary insignificantly while the flexural tensile strength increased from 2.12% to 8.99%. Additionally, the inclusion of 0.1%, 0.15%, and 0.2% PP fibers in SCC led to a 20.8%, 32.5%, and 49.4% in early-age shrinkage as compared to the reference specimen, respectively. Furthermore, the cracking-time recorded in the fiber-free concrete was 40 hours. This value extended to 58 hours, 69 hours, and 65 hours, respectively, for SCC with 0.1%, 0.15%, and 0.2% fiber content.

## 1. Mở đầu

Bê tông tự lèn (BTTL) là một loại vật liệu xây dựng tương đối mới: Hỗn hợp bê tông này có khả năng tự chảy dưới tác động của trọng lượng bản thân, dễ dàng lấp đầy toàn bộ ván khuôn nhưng vẫn duy trì tính đồng nhất và không cần đầm. Do đó, sử dụng BTTL có thể rút ngắn thời gian sản xuất và thi công, giảm tiếng ồn và độ rung, tạo ra bề mặt hoàn thiện đẹp hơn so với bê tông thường.

Thực tế nghiên cứu cho thấy, khả năng điền đầy, khả năng chảy và khả năng chống phân tầng là các đặc tính quan trọng của BTTL đạt được bằng cách tăng lượng hạt mịn (<0,125 mm), giảm tỷ lệ nước/chất kết dính (N/CKD) và sử dụng phụ gia siêu dẻo. Tuy nhiên, do hàm lượng hạt mịn tương đối cao, khối lượng vữa xi măng trong BTTL tăng lên làm cho khả năng xảy ra co ngót cũng ở mức cao. Để giảm bớt hàm lượng CKD, thông thường phải sử dụng phụ gia điều chỉnh độ nhớt để cải thiện khả năng chống phân tầng của BTTL [1]. Bê tông tự lèn cốt sợi (FRSCC) là một loại bê tông mới kết hợp những ưu điểm của BTTL với những ưu điểm của việc bổ sung cốt sợi cho bê tông. FRSCC có thể giải quyết hai yếu tố đối nghịch nhau là tăng khả năng

chống nứt của BTTL và cải thiện khả năng thi công kém của bê tông cốt sợi. FRSCC đã được ứng dụng rộng rãi trong việc xây dựng lớp lót đường hầm, tà vẹt đường sắt và sửa chữa mặt đường đường cao tốc hay sân bay.

Trên thế giới cũng đã có nhiều nghiên cứu về việc bổ sung cốt sợi phân tán vào BTTL nhằm cải thiện các đặc tính của loại vật liệu này. Abbas và Umar [1] đã nghiên cứu tính chất của hỗn hợp BTTL với sợi thép. Kết quả chỉ ra rằng tính công tác của hỗn hợp bê tông giảm đáng kể khi tăng hàm lượng sợi trong cấp phối. Khi sử dụng sợi thép trong BTTL có thể giúp nâng cao tải trọng xuất hiện vết nứt ban đầu và tải trọng phá hủy. Một nghiên cứu khác cũng khẳng định rằng so với bê tông tự lèn thông thường thì độ bền kéo khi ép chèn của BTTL đã tăng 54 %, xấp xỉ 88 % và gần gấp đôi tương ứng với hàm lượng sợi thép được thêm vào là 0,25 %, 0,50 % và 0,75 % [2]. Jatale và Mangulkar [3] đã báo cáo rằng việc kết hợp các sợi thép trong BTTL đã làm tăng cường độ uốn lên rất nhiều so với bê tông thông thường và ứng với hàm lượng sợi thép ở 3,5 % sẽ làm bê tông có giá trị cường độ uốn cao nhất.

Việc sử dụng cốt sợi thủy tinh cũng được sử dụng cho BTTL trong các nghiên cứu của Ahmad và các cộng sự [4]. Kết quả cho thấy cường

\*Liên hệ tác giả: Phanvanquynh.nuce@gmail.com

Nhận ngày 08/05/2024, sửa xong ngày 17/02/2025, chấp nhận đăng ngày 18/02/2025

Link DOI: <https://doi.org/10.54772/jomc.01.2025.700>

độ nén và cường độ kéo của BTTL cao hơn đáng kể so với bê tông thường. Việc thêm sợi thủy tinh làm tăng cường độ nén, cường độ kéo và mô đun đàn hồi của BTTL. Umar và các cộng sự [5] đã so sánh tính chất của BTTL sử dụng sợi thủy tinh và sợi polyvinyl alcohol (PVA) với hàm lượng tương ứng là  $0,6 \text{ kg/m}^3$  và  $2 \text{ kg/m}^3$ . Kết quả nghiên cứu đã chỉ ra rằng, sợi thủy tinh làm tăng 8,2 % cường độ kéo và 3,75 % cường độ chịu uốn trong khi sợi PVA làm tăng 10,48 % cường độ kéo và 5,65 % cường độ uốn của BTTL. Bên cạnh đó, Rao và các cộng sự [6] đã thử nghiệm và thấy rằng việc bổ sung sợi thủy tinh vào hỗn hợp BTTL làm giảm tách nước, cũng như giảm khả năng nứt và cải thiện tính hoàn thiện bề mặt và tính đồng nhất của hỗn hợp bê tông. Các tác giả cũng quan sát thấy rằng sự có mặt của sợi thủy tinh trong đầm bê tông tự lên cốt sợi thủy tinh không cải thiện được bất kỳ cường độ uốn nào. Ahmad và các cộng sự [7] đã nghiên cứu tính chất của BTTL sử dụng cốt sợi polypropylene (PP). Kết quả cho thấy cường độ kéo của bê tông tăng lên đến gần 40 % khi thêm sợi PP đến 2 %. Khi tăng hàm lượng sợi vượt quá 2 % thì cường độ kéo lại giảm xuống. Bhalchandra và Bajirao [8] đã tiến hành bổ sung các loại sợi khi chế tạo BTTL và độ bền kéo đứt của BTTL đã tăng lên. Họ cũng nhận thấy rằng tỷ lệ thể tích tối ưu của sợi để tăng độ bền kéo đứt là 1,7 %.

Tại Việt Nam, các nghiên cứu về việc sử dụng cốt sợi phân tán vào BTTL còn rất khiêm tốn. Chánh [9] nghiên cứu chế tạo BTTL sử dụng các loại vật liệu sẵn có gồm xi măng PC40, phụ gia siêu dẻo, silicafume, bột đá vôi, cát 0-5 mm) và đá dăm 5-20 mm. Kết quả cho thấy sử dụng hàm lượng xi măng  $> 400 \text{ kg/m}^3$  có thể chế tạo BTTL đạt mác 600. Đức [10] đã nghiên cứu ảnh hưởng của sự phân bố sợi thép trong hỗn hợp BTTL đến khả năng chịu kéo khi uốn. Kết quả cho thấy, khả năng chịu kéo khi uốn của BTTL có cốt sợi thép bị ảnh hưởng bởi quá trình đổ bê tông và sắp xếp của các sợi thép.

Bê tông tự lên được sử dụng rộng rãi trong các công trình xây dựng mang lại hiệu quả về kinh tế, cải thiện chất lượng của bê tông, đồng thời nâng cao được độ bền và linh hoạt trong điều kiện thi công. BTTL mang lại nhiều ưu điểm vượt trội như: giảm chi phí hoàn thiện bề mặt, chi phí nhân công, chi phí thiết bị và thi công nhanh chóng; Dễ dàng lắp đặt ván khuôn, có thể chế tạo những cấu kiện mỏng cho nên giảm lượng bê tông; Bề mặt bê tông đồng nhất và phẳng, không cần sử dụng đầm rung giảm khả năng bị thấm nước, kháng thâm nhập của Clo, giảm cacbonat hóa và những ảnh hưởng khắc nghiệt thời tiết giúp tăng

tuổi thọ, độ bền; Công trình sử dụng BTTL giúp giảm tiếng ồn thi công và giúp phần nào làm giảm ảnh hưởng đến môi trường xung quanh. Tuy nhiên, ngoài những ưu điểm nổi bật nêu trên thì BTTL cũng có những hạn chế cần phải khắc phục để có thể ứng dụng hiệu quả vào các công trình. Một trong những vấn đề cần quan tâm khi sử dụng BTTL là hàm lượng bột mịn cao ảnh hưởng đến độ co ngót và cường độ kéo, uốn của bê tông. Việc bổ sung cốt sợi phân tán vào BTTL được mong đợi sẽ cải thiện cường độ kéo, cường độ uốn, độ co tuổi sớm ngày và khả năng kháng nứt của bê tông. Từ đó, nâng cao hiệu quả kỹ thuật trong việc sử dụng BTTL cho các công trình xây dựng. Trên cơ sở đó, nghiên cứu này tiến hành đánh giá ảnh hưởng của các hàm lượng sợi PP khác nhau đến các đặc tính kỹ thuật của BTTL chế tạo từ nguồn nguyên vật liệu sẵn có tại địa phương. Cụ thể, sự thay đổi về cường độ chịu nén, cường độ chịu uốn, cường độ chịu kéo, khả năng kháng nứt và độ co ngót của BTTL sẽ được khảo sát và bàn luận chi tiết.

## 2. Vật liệu và phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Vật liệu sử dụng và cấp phối

Vật liệu được sử dụng để chế tạo BTTL trong nghiên cứu này gồm: Xi măng PCB40 Nghi Sơn, phù hợp với yêu cầu kỹ thuật của TCVN 6260:2020; Cát sông Lô với mô đun độ lớn 2,57 đáp ứng theo TCVN 7572-4:2006; Đá dăm có kích thước 5-10 mm; Tro bay Vĩnh Tân, đáp ứng chỉ tiêu kỹ thuật theo TCVN 10302:2014; Silicafume; Phụ gia siêu dẻo; Nước và Sợi PP (loại sợi đơn dài 12 mm không thấm nước, bền kiềm và muối clorua).

BTTL được chế tạo sử dụng hỗn hợp chất kết dính ba thành phần gồm 70 % xi măng, 20 % tro bay và 10 % silica fume. Sợi PP được sử dụng với các hàm lượng 0,1 %; 0,15 % và 0,2 % theo thể tích bê tông. Cấp phối thí nghiệm ở cùng tỷ lệ nước/xi măng là 0,38 được thiết kế và trình bày trong Bảng 1. Lưu ý rằng, hàm lượng phụ gia siêu dẻo được thay đổi từ 1,0 % đến 1,6 % theo khối lượng chất kết dính để không chế độ chảy của hỗn hợp BTTL trong khoảng 550-650 mm nhằm khảo sát ảnh hưởng của hàm lượng sợi PP đến các tính chất của hỗn hợp BTTL (độ chảy loang) và mẫu BTTL (cường độ chịu nén, cường độ chịu kéo trực tiếp, cường độ chịu kéo khi uốn, độ co tuổi sớm và khả năng kháng nứt).

**Bảng 1.** Cấp phối thí nghiệm cho  $1 \text{ m}^3$  BTTL.

Kí hiệu	Xi măng (kg)	Silica Fume (kg)	Tro bay (kg)	Cát (kg)	Đá dăm	Nước (kg)	Sợi PP (kg)	Phụ gia siêu dẻo
CP1	294	42	84	826	1038	160	0.00	4.20
CP2	294	42	84	826	1038	160	0.91	5.04
CP3	294	42	84	826	1038	160	1.37	5.88
CP4	294	42	84	826	1038	160	1.82	6.72

## 2.2. Phương pháp nghiên cứu

Độ chảy loãng của hỗn hợp BTTL được xác định theo TCVN 12209:2018;

Cường độ chịu kéo khi uốn ở 28 ngày của các mẫu BTTL được xác định theo TCVN 3119:2022; Phương pháp xác định cường độ chịu kéo trực tiếp BTTL ở 28 ngày tuổi (Hình 1) trong nghiên cứu này được tham khảo theo hướng dẫn thiết kế bê tông siêu tính năng của viện Công nghệ Xây dựng Hàn Quốc – KICT (Korea Institute of Construction Technology) [11].



Hình 1. Mẫu thí nghiệm cường độ chịu kéo trực tiếp của BTTL.

Bộ dụng cụ xác định khả năng kháng nứt của BTTL theo ASTM C1581. Cấu tạo và kích thước của thiết bị đo được thể hiện trên Hình 2. Mẫu BTTL được chế tạo dưới dạng vòng có chiều cao 150 mm, đường kính trong 330 mm và đường kính ngoài 406 mm. Các vòng bê tông được đặt trên một tấm để chống thấm nước. Sau 24 giờ, các vòng thép bên ngoài được tháo khuôn và trên các vòng bê tông được che phủ để ngăn chặn sự bay hơi ẩm. Để đo biến dạng của vòng thép, đặt hai cảm biến đo biến dạng ở giữa chiều cao vòng thép theo hướng ngược nhau. Dữ liệu được ghi lại liên tục theo thời gian bằng một bộ ghi dữ liệu.



Hình 2. Thí nghiệm khả năng kháng nứt của bê tông.

Bộ dụng cụ đo co mềm và co cứng của bê tông theo tiêu chuẩn Áo OENORM B3329:2009 (Hình 3), kích thước 100x60x1000 mm, cảm biến đo chuyển vị dài đo 1,0 mm/m, độ phân giải 0,001 mm. Cảm biến chuyển vị được gắn với bộ ghi dữ liệu.



Hình 3. Cấu tạo thiết bị đo co ngót của bê tông.

## 3. Kết quả nghiên cứu

### 3.1. Ảnh hưởng của sợi PP đến độ chảy loãng của hỗn hợp BTTL

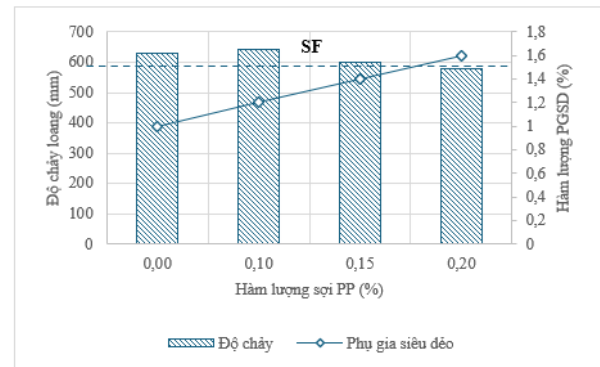
Kết quả thí nghiệm ảnh hưởng của hàm lượng sợi PP đến độ chảy loãng của hỗn hợp BTTL được cho trong Bảng 2.

Bảng 2. Kết quả độ chảy loãng của BTTL cốt sợi PP.

Cấp phối	Hàm lượng sợi PP (%)	Hàm lượng phụ gia siêu dẻo (%)	Độ chảy loãng (mm)
CP1	0	1,0	630
CP2	0,10	1,2	640
CP3	0,15	1,4	600
CP4	0,20	1,6	580

Việc tăng hàm lượng sợi PP làm giảm độ chảy loãng của hỗn hợp BTTL, thể hiện qua sự tăng hàm lượng phụ gia siêu dẻo từ 1 % theo khối lượng xi măng đối với cấp phối đối chứng lên 1,2 %; 1,4 % và 1,6 % tương ứng với các cấp phối chứa hàm lượng sợi PP 0,1 %; 0,15 % và 0,20 % để đảm bảo độ chảy loãng của hỗn hợp BTTL đạt mức thiết kế SF1 trong khoảng 550÷650 mm theo TCVN 12209:2018 như trong Hình 4.

Khi cho sợi PP vào BTTL, hỗn hợp bê tông mất đi một phần lượng nước nhào trộn để làm ướt sợi do đó làm tăng lượng cần nước. Hơn nữa sợi PP có dạng mảnh, dài, và rối làm giảm độ linh động của hỗn hợp bê tông. Điều này cũng phù hợp với một số nghiên cứu trên thế giới [11, 12].



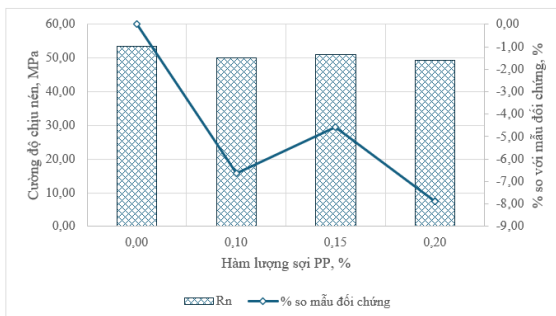
Hình 4. Ảnh hưởng của hàm lượng sợi PP đến độ chảy loãng của hỗn hợp BTTL.

### 3.2. Ảnh hưởng của sợi PP đến cường độ chịu nén, cường độ chịu kéo và cường độ chịu uốn của bê tông tự lèn

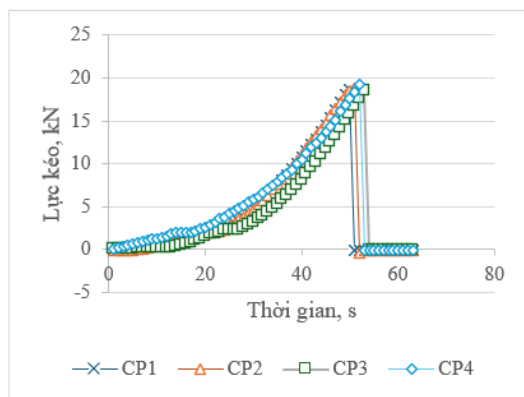
Kết quả thí nghiệm ảnh hưởng của hàm lượng sợi PP đến cường độ chịu nén ( $R_n$ 28), cường độ chịu kéo trực tiếp ( $R_k$ 28) và cường độ chịu kéo khi uốn ( $R_{ku}$ 28) của các mẫu BTTL được thể hiện trên Bảng 3.

Có thể nhận thấy rằng, khi thêm sợi PP vào BTTL với hàm lượng từ 0,1 % đến 0,2 % theo thể tích bê tông làm giảm cường độ chịu nén. Cường độ chịu nén của BTTL sử dụng cốt sợi PP giảm từ 4,56 % đến 7,88 % so với mẫu đối chứng không sử dụng sợi PP (Hình 5). Kết quả nghiên cứu của Zeyada [13] cũng chỉ ra rằng sợi PP không cải thiện đáng kể đến cường độ chịu nén của bê tông và thậm chí nó còn làm giảm cường độ chịu nén khi tăng dần hàm lượng sợi. Sở dĩ, khi thêm sợi PP vào BTTL với hàm lượng 0,1 % đến 0,2 % lại làm giảm cường độ chịu nén của bê tông có thể là do máy trộn không phù hợp để có thể phân tán đều các sợi vào bê tông dẫn đến sự phân bố không đồng đều của sợi PP gây ứng suất cục bộ trong quá trình nén.

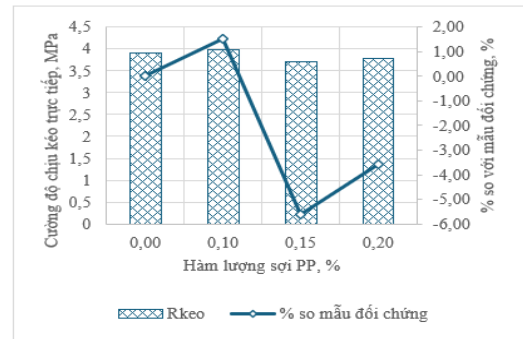
Từ kết quả cường độ chịu kéo trực tiếp trên Bảng 3 và biểu đồ thể hiện lực chịu kéo trực tiếp của BTTL (Hình 6 và Hình 7) có thể thấy khi sử dụng sợi PP với hàm lượng từ 0,1 % đến 0,2 % theo thể tích thì sự thay đổi giá trị cường độ chịu kéo trực tiếp trên các mẫu bê tông là không đáng kể và không có xu hướng rõ rệt. Mẫu sử dụng 0,1 % sợi PP (CP2) cho cường độ chịu kéo trực tiếp lớn nhất và chỉ cao hơn mẫu đối chứng (CP1) khoảng 1,15 %. Trong khi đó, mẫu 0,15 % sợi PP thấp hơn mẫu đối chứng 5,61 % và mẫu 0,2 % sợi PP thấp hơn mẫu đối chứng 3,57 %.



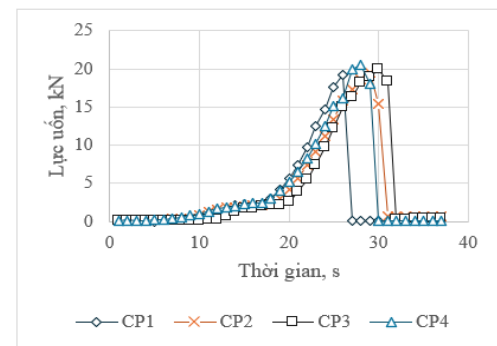
Hình 5. Cường độ chịu nén của BTTL sử dụng cốt sợi PP.



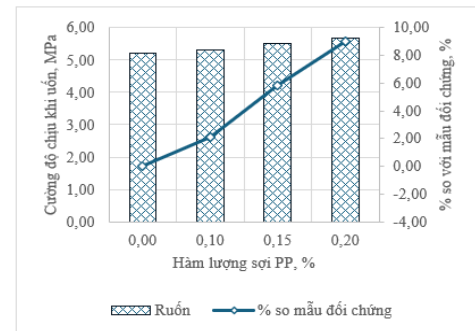
Hình 6. Lực chịu kéo trực tiếp của BTTL sử dụng sợi PP.



Hình 7. Ảnh hưởng của hàm lượng sợi PP đến cường độ chịu kéo trực tiếp của BTTL.



Hình 8. Lực chịu kéo khi uốn của BTTL sử dụng sợi PP.



Hình 9. Ảnh hưởng của hàm lượng sợi PP đến cường độ chịu kéo khi uốn của BTTL.

Kết quả thí nghiệm cường độ chịu kéo khi uốn BTTL được cho trong Bảng 3 và được mô tả trên Hình 8 và Hình 9. Kết quả thí nghiệm cho thấy khi sử dụng sợi PP với hàm lượng từ 0,1 % đến 0,2 % thì cường độ chịu kéo khi uốn của BTTL có xu hướng tăng lên từ 2,12 % đến 8,99 %. Ngoài ra, nhìn vào biểu đồ lực chịu kéo khi uốn của BTTL trên Hình 9 có thể thấy đối với mẫu đối chứng khi bê tông đạt đến khả năng chịu kéo khi uốn lớn nhất thì mẫu bê tông ngay lập tức bị phá hủy và mất khả năng chịu lực. Trong khi đó, đối với các mẫu sử dụng sợi PP, khi bê tông đạt đến cường độ chịu kéo lớn nhất thì bê tông giảm ứng suất từ từ rồi sau đó mới bị phá hủy. Hiện tượng giảm ứng suất kéo khi uốn từ từ chỉ xảy ra đối với mẫu chịu uốn mà không xảy ra đối với mẫu chịu kéo trực tiếp.

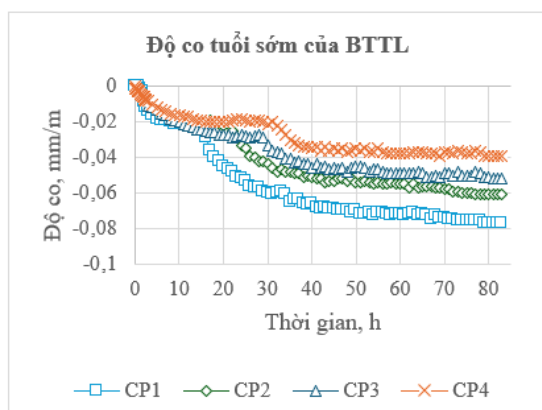


**Bảng 3.** Kết quả thí nghiệm tính chất cơ lý của BTTL.

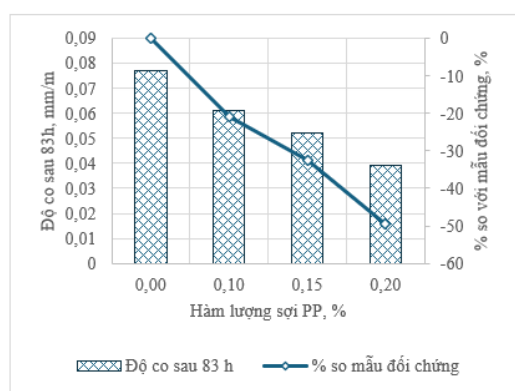
Cấp phối	Kết quả thí nghiệm		
	Cường độ chịu nén, $R_{n,28}$ (MPa)	Cường độ chịu kéo trực tiếp, $R_{k,28}$ (MPa)	Cường độ chịu kéo khi uốn, $R_{l,28}$ (MPa)
CP1	53,56	3,92	5,16
CP2	50,00	3,98	5,33
CP3	51,11	3,70	5,52
CP4	49,33	3,78	5,69

### 3.3. Ảnh hưởng của sợi PP đến độ co tuổi sớm của BTTL

Kết quả thí nghiệm độ co sau 83 giờ của BTTL sử dụng sợi PP và độ co theo thời gian được trình bày trong Hình 10 và Hình 11. Kết quả thí nghiệm cho thấy khi tăng hàm lượng sợi PP làm giảm đáng kể độ co tuổi sớm của BTTL. Cụ thể, với hàm lượng sợi 0,1 %; 0,15 % và 0,2 % thì độ co tuổi sớm của bê tông tự lên giảm tương ứng 20,8 %; 32,5 % và 49,4 % so với mẫu đối chứng, chủ yếu là do hiệu ứng liên kết của sợi PP với ma trận chất kết dính và cốt liệu trong BTTL.



**Hình 10.** Độ co ở tuổi sớm của BTTL.



**Hình 11.** Ảnh hưởng của hàm lượng sợi PP đến cường độ co ngót.

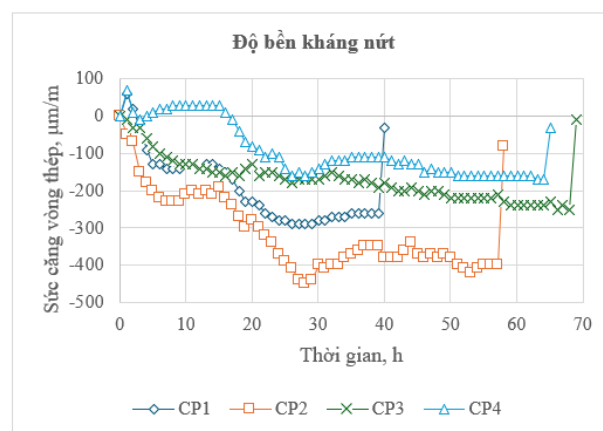
### 3.4. Ảnh hưởng của sợi PP đến khả năng kháng nứt của BTTL

Kết quả xác định thời gian xuất hiện vết nứt của BTTL được trình bày trên Bảng 4. Ảnh hưởng của hàm lượng sợi PP đến khả năng kháng

nứt của BTTL được thể hiện trên Hình 12. Kết quả thí nghiệm cho thấy khi tăng hàm lượng sợi PP từ 0,1 % lên 0,15 % và 0,2 % làm tăng thời gian nứt bê tông từ 40 giờ (ghi nhận ở mẫu đối chứng) lên 58 giờ; 69 giờ và 65 giờ tương ứng ở các mẫu CP2, CP3 và CP4. Có thể thấy việc bổ sung hàm lượng cốt sợi PP giúp cải thiện đáng kể khả năng kháng nứt ở tuổi sớm của các hỗn hợp BTTL nhờ hiệu quả liên kết của sợi với các thành phần vật liệu trong hỗn hợp.

**Bảng 4.** Thời gian xuất hiện vết nứt trên mẫu BTTL.

Cấp phối	Hàm lượng sợi PP (%)	Thời gian nứt (giờ)
CP1	0	40
CP2	0,1	58
CP3	0,15	69
CP4	0,2	65



**Hình 12.** Ảnh hưởng của sợi PP đến khả năng kháng nứt của BTTL.

## 4. Kết luận

- Việc sử dụng sợi PP không làm ảnh hưởng đến độ chảy loãng của hỗn hợp bê tông bằng cách điều chỉnh hàm lượng phụ gia siêu dẻo.
- Khi tăng hàm lượng sợi từ 0,1 %, 0,15 % và 0,2 % thì cường độ chịu nén của BTTL giảm từ 4,56 % đến 7,88 % so với mẫu đối chứng không sử dụng sợi PP;
- Khả năng chịu kéo của các cấp phối bê tông có sự thay đổi không đáng kể. Tuy nhiên, cường độ chịu kéo khi uốn của BTTL có xu hướng tăng lên từ 2,12 % đến 8,99 % khi thêm sợi PP vào hỗn hợp.

- Với hàm lượng sợi 0,1 %; 0,15 % và 0,2 % thì độ co ở tuổi sớm của BTTL giảm tương ứng 20,8 %; 32,5 % và 49,4 % so với mẫu đối chứng. Thời gian nứt bê tông từ 40 giờ (với mẫu đối chứng) kéo dài đến 58 giờ; 69 giờ và 65 giờ tương ứng với các mẫu chứa 0,1 %; 0,15 % và 0,2 % sợi PP.

#### Lời cảm ơn

Bài báo này công bố một số kết quả nghiên cứu của nhiệm vụ khoa học “Nghiên cứu ảnh hưởng của cốt sợi phân tán (sợi PP) đến đặc trưng lưu biến, tính chất cơ lý, độ co tuổi sớm và độ bền kháng nứt của bê tông tự lèn”. Mã số: V05-23. Nhóm tác giả xin cảm ơn Viện Vật liệu xây dựng đã phê duyệt đề tài và hỗ trợ trong quá trình nghiên cứu.

#### Tài liệu tham khảo

- [1]. Ahmad S and Umar A, "Characterization of Self-Compacting Concrete," *Procedia Engineering*, pp. 814-821, 2017.
- [2]. M. Mariappan and R. Rajesh Guna, "Structural Performance of Self Compacting Fibre Reinforced Concrete," *International Journal of Science and Research (IJSR)*.
- [3]. Vinayak B. Jatale and M. N. Mangulkar, "Flexural Behavior of Self Compacting High Strength Fibre Reinforced Concrete (SCHSFRC)," *International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA) ISSN: 2248-9622*, vol. 3, no. 4, pp. 2503-2505, 2013.
- [4]. Subhan Ahmad, Arshad Umar and Amjad Masood, "Propertiess of Normal Concrete, Self-Compacting concrete and Glass Fibre -reinforced Self-Compacting Concrete: An Experimental Study," *Procedia Engineering*, pp. 807-813, 2017.
- [5]. Umar, A, Masood, A and Ahmad, S, "A comparative study of the performance of self-compacting concrete using glass and polyvinyl alcohol fibres," *International Conference on Hybrid And Composite Materials, Chemical Processing (HCMCP)*, pp. 27-33, 2016.
- [6]. P Srinivasa Rao, G K Vishawanadh, P Sravana and T SeshadriSekhar, "Flexural Behaviour Of Reinforced Concrete Beams Using Self Compacting Concrete," *34th Conference on OUR WORLD IN CONCRETE & STRUCTURES*, pp. 16-18, August 2009.
- [7]. Jawad Ahmad, Fahid Aslam, Osama Zaid, Rayed Alyousef, Hisham Alabduljabbar and Aneel Manan, "Self-Fibers Compacting Concrete Properties Reinforced with Propylene Fibers," *Sci Eng Compos Mater*, vol. 28, pp. 64-72, 2021.
- [8]. Dr. Mrs. S.A. Bhalchandra and Pawase Amit Bajirao,, "Performance of Steel Fibre Reinforced Self Compacting Concrete," *International Journal Of Computational Engineering Research (ijceronline.com)*, vol. 2, no. 4.
- [9]. N. V. Chánh, "Bê tông tự lèn sản xuất kiểm nghiệm và thi công," *Science & Technology Development*, vol. 12, no. 8, pp. 52-58, 2009.
- [10]. L.G. Li, Z.W. Zhao, J. Zhu, A.K.H. Kwan and K.L. Zeng, "Combined effects of water film thickness and polypropylene fibre length on fresh properties of mortar," *Construction and Building Materials*, vol. 174, pp. 586-593, 2018.
- [11]. Kim, Jee-Sang and Kim, Byung-Suk, "Design Guidelines for Ultra High Performance Concrete (K-UHPC) Structure," in *Korea Institute of Construction Technology*, Korea, 2014
- [12]. Nguyễn Việt Đức, "Ảnh hưởng của sự phân bố sợi thép trong hỗn hợp bê tông tự lèn đến tính chất kéo khi uốn," in *Tuyển tập Hội nghị Khoa học thường niên*, 2019.
- [13]. Abdullah M. Zeyad, "Effect of fibers types on fresh properties and flexural toughness of self-compacting concrete," *Journals of Materials Research and Technology*, vol. 9, no. 3, pp. 4147-4158, 2020.