

# ẢNH HƯỞNG CỦA TỪ BIẾN TRONG DẦM THÉP LIÊN HỢP VỚI BẢN BÊ TÔNG GEOPOLYMER

Nguyễn Bình Hà<sup>a</sup>, Nguyễn Quốc Bảo<sup>a,\*</sup>, Lê Bá Danh<sup>a</sup>, Vũ Thành Quang<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Khoa Cầu Đường, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội,  
55 đường Giải Phóng, quận Hai Bà Trưng, Hà Nội, Việt Nam

Nhận ngày 15/9/2023, Sửa xong 04/10/2023, Chấp nhận đăng 04/10/2023

## Tóm tắt

Bê tông Geopolymer (GPC) là loại bê tông sử dụng chất kết dính Geopolymer được chế tạo từ tro bay, xỉ lò cao, mê ta cao lanh v.v... kết hợp với chất hoạt hóa kiềm. Sử dụng dầm thép liên hợp với bản GPC ngoài việc phát huy được các ưu điểm của kết cấu liên hợp còn giúp giảm phát thải khí CO<sub>2</sub>. Một đặc điểm quan trọng khác là biến dạng do từ biến của GPC nhỏ hơn đáng kể so với bê tông thường vì vậy khả năng ảnh hưởng do từ biến của GPC sẽ nhỏ hơn bê tông thường, bài báo này sẽ đánh giá ảnh hưởng do từ biến của GPC với bê tông thường trong kết cấu liên hợp bằng cách sử dụng công thức xác định ảnh hưởng do từ biến của bản bê tông trong kết cấu dầm liên hợp có kể đến độ cứng uốn của bản bê tông, và qua đó đề xuất việc tính toán ảnh hưởng của từ biến trong kết cấu dầm thép liên hợp với bản GPC.

*Từ khóa:* geopolymer; dầm thép bê tông liên hợp; từ biến; tỉ số mô đun đàn hồi; bản mặt cầu.

EFFECTS OF CREEP TO LONG TERM ELASTIC MODULUS IN COMPOSITE STEEL BEAM WITH GPC SLABS

## Abstract

Geopolymer concrete (GPC) is a type of concrete that uses Geopolymer binder made from materials as fly ash, blast furnace, metakaolin, etc. combined with Alkaline activator. The use of composite steel girders with GPC slab not only leverages the advantages of composite structures but also reduces CO<sub>2</sub> emissions. Another important feature is that the deformation due to creep of GPC is significantly less than that of regular concrete. As a result, the impact of creep in GPC is lower compared to regular concrete. This paper aims to assess the impact of creep in GPC on composite structures by using a formula that considers the flexural stiffness of the concrete slab, and thereby propose the calculation impact of creep in steel girder composite with GPC slab.

*Keywords:* geopolymer; composite steel-concrete girder; creep; elasticity modulus ratio; slab.

[https://doi.org/10.31814/stce.huce2024-18\(1V\)-01](https://doi.org/10.31814/stce.huce2024-18(1V)-01) © 2024 Trường Đại học Xây dựng Hà Nội (ĐHXDHN)

## 1. Giới thiệu

Bê tông Geopolymer là một loại bê tông, trong đó các thành phần cốt liệu tương tự như bê tông truyền thống, nhưng chất kết dính được sử dụng là Geopolymer. Geopolymer được ứng dụng để thay thế xi măng truyền thống. Chất kết dính Geopolymer được tạo ra từ các nguyên liệu như tro bay, xỉ lò cao, cao lanh,... đều thuộc nhóm các hợp chất alumino-silicat kết hợp với chất kiềm hoạt hóa [1]. Chất kết dính Geopolymer được đánh giá là thân thiện với môi trường và rất phù hợp với xu hướng phát triển bền vững, nhờ sử dụng các nguyên liệu từ phế thải công nghiệp như tro bay, xỉ lò cao,... Điều này giúp giảm lượng khí CO<sub>2</sub> thải ra do giảm sử dụng xi măng. Dữ liệu tổng hợp từ Bộ Công Thương [2] cho thấy hiện nay trên khắp cả nước có tổng cộng 25 nhà máy nhiệt điện đốt than đang hoạt động. Các nhà máy này phát thải ra tổng lượng tro và xỉ lên đến khoảng 13 triệu tấn mỗi năm, trong đó tro bay chiếm tỉ lệ từ 80% đến 85%. Phần lớn lượng phát thải tập trung chủ yếu ở khu vực

\*Tác giả đại diện. Địa chỉ e-mail: [baonq@huce.edu.vn](mailto:baonq@huce.edu.vn) (Bảo, N. Q.)

miền Bắc, chiếm tỉ lệ 65%, khu vực miền Trung chiếm 23%, và khu vực miền Nam chiếm 12% tổng lượng thải. Cho đến cuối năm 2020, tổng lượng tro và xỉ từ các nhà máy nhiệt điện trên toàn quốc đã tiêu thụ khoảng 44,5 triệu tấn, tương đương với 42% tổng lượng khí thải trong nhiều năm qua [2]. Vì vậy, việc áp dụng GPC sẽ đóng góp đáng kể vào việc bảo vệ môi trường và giúp giảm phát thải CO<sub>2</sub> tại Việt Nam.

Tại Việt Nam đã có nhiều nhà khoa học tiến hành nghiên cứu về ứng dụng bê tông Geopolymer trong xây dựng công trình nói chung và xây dựng công trình cầu nói riêng. Trong số những nghiên cứu đáng chú ý, Hưng [3] đã đề xuất một phương pháp thiết kế thành phần, chế tạo và thí nghiệm bê tông Geopolymer sử dụng tro bay và các nguyên liệu địa phương khác theo phương pháp quy hoạch thực nghiệm. Kết quả cho thấy bê tông Geopolymer này đạt được cường độ từ 30-50 MPa và có thể áp dụng cho các công trình cầu. Năm 2021, Phạm Quang Đạo đã thành công trong việc xây dựng cấp phối chế tạo bê tông GPC có cường độ chịu nén trung bình lên đến 50 MPa từ sự kết hợp của tro bay và xỉ lò cao, cả hai đều là nguồn vật liệu sẵn có trong nước. Thành công này đặc biệt đến từ việc tối ưu hóa tỉ lệ xỉ lò cao thay thế tro bay và sử dụng chất hoạt hóa kiềm dạng bột khô, việc chế tạo GPC được thực hiện trong điều kiện không dưỡng hộ nhiệt [4]. Trong các nghiên cứu kể trên, các nhà nghiên cứu đã tiến hành nhiều thí nghiệm để đánh giá các tính chất cơ bản như mối quan hệ ứng suất biến dạng, cường độ chịu nén, mô đun đàn hồi, cường độ chịu kéo khi uốn, dính bám với cốt thép và tính thấm nước,... Năm 2023 bài báo “Nghiên cứu ứng dụng bê tông geopolymer cho cầu dầm liên tục bê tông cốt thép dự ứng lực” [5] đã cho thấy việc sử dụng bê tông geopolymer trong công trình cầu có tính khả thi cao, nhất là đối với các công trình phải chịu ăn mòn cao như các công trình ven biển và trên biển. Năm 2023 với mục đích hướng tới sự phát triển bền vững, các tác giả đã trình bày quá trình chế tạo GPC sử dụng vật liệu địa phương và các kết quả thí nghiệm tính chất cơ lý, căn cứ vào các kết quả này nhóm tác giả đã đề xuất thiết kế chế tạo kết cấu cầu bê tông cốt thép bán lắp ghép nhịp 33 m, trong đó dầm I lắp ghép sử dụng GPC căng sau trong bài báo “Research on the application of geopolymer concrete for prestressed girder structures of bridges towards sustainable development” [6].

Các nghiên cứu tại Việt Nam chủ yếu tập trung vào việc sản xuất chế tạo bê tông Geopolymer và thực hiện các thí nghiệm để đánh giá các chỉ số quan trọng như cường độ chịu kéo, cường độ chịu nén, mô đun đàn hồi, quan hệ ứng suất biến dạng và sự làm việc của kết cấu dầm bê tông cốt thép thường. Các kết quả nghiên cứu cũng đã chỉ ra rằng bê tông Geopolymer làm việc tương đồng như bê tông xi măng thông thường, nhưng còn thiếu các nghiên cứu về tính chất co ngót và từ biến của bê tông Geopolymer. Đối với việc xác định mô đun đàn hồi của bê tông Geopolymer, đã có nhiều nghiên cứu về vấn đề này, đặc biệt trong thời gian gần đây có các nghiên cứu của Lee và Lee [7], Thomas và Peethamparan [8], cũng như nghiên cứu của Amin Noushini và cs. [9]. Các kết quả của những nghiên cứu này đã được tổng hợp và thể hiện trong Bảng 1, trong đó  $f'_c$  và  $f_{cm}$  là cường độ chịu nén của bê tông Geopolymer.

Bảng 1. Một số công thức xác định mô đun đàn hồi của GPC từ tro bay và xỉ lò cao

Tác giả	Công thức
N.K. Lee và H.K. Lee	$E_{GPC} = 5300\sqrt[3]{f'_c}$
Robert J. Thomas và Sulapha Peethamparan	$E_{GPC} = 4400\sqrt{f'_c}$ hoặc $E_{GPC} = 2900(f'_c)^{\frac{3}{5}}$
Noushini	$E_{GPC} = -11400 + 4712\sqrt{f_{cm}}$

Kết quả từ nghiên cứu của Wallah và Rangan [10] đã cho thấy giá trị của hệ số từ biến của bê tông Geopolymer sau 1 năm ở cường độ 40, 47 và 57 MPa nằm trong khoảng từ 0,6 đến 0,7.

Tại cả Việt Nam và trên thế giới, cầu dầm thép liên hợp với bản bê tông cốt thép đã được áp dụng rộng rãi, nhờ vào những lợi ích đáng kể của loại kết cấu này. Điểm mạnh của cầu dầm thép liên hợp bao gồm: tận dụng hợp lý và hiệu quả tính chất làm việc của các vật liệu bê tông và thép, trọng lượng của kết cấu phần trên nhẹ kéo theo kích thước móng trụ cầu có thể giảm đáng kể dẫn đến tải trọng truyền xuống kết cấu móng nhỏ, điều này đặc biệt phù hợp với các cầu đi qua vùng đất yếu. Bên cạnh đó, việc thi công nhanh chóng, vận chuyển và cầu lắp dễ dàng hơn so với kết cấu bê tông cốt thép thông thường, và khả năng tái sử dụng của thép làm cho loại kết cấu này phù hợp với xu hướng phát triển bền vững.

Các nghiên cứu đều đã chỉ ra rằng bê tông Geopolymer có các tính chất cơ học tương đối giống với bê tông xi măng thông thường và thậm chí có một số đặc tính vượt trội như khả năng chống ăn mòn tốt [10, 11] và khả năng chịu nhiệt độ cao [12]. Do đó, việc kết hợp giữa dầm thép và bê tông Geopolymer là có tính khả thi. Trong quá trình tính toán và kiểm toán tiết diện, chúng ta có thể sử dụng các lý thuyết tính toán đã tồn tại cho dầm thép liên hợp với bản bê tông cốt thép, trong đó cần thay thế các thông số kỹ thuật của bê tông xi măng bằng các thông số tương ứng của bê tông Geopolymer. Tuy nhiên, một vấn đề quan trọng cần được quan tâm xem xét là ảnh hưởng của từ biến đối với việc phân bố lại ứng suất trong tiết diện của dầm thép liên hợp với bê tông Geopolymer?

Để tính toán ảnh hưởng của từ biến trong kết cấu liên hợp, phương pháp thông thường là thay thế mô đun đàn hồi của bê tông  $E_c$  bằng mô đun đàn hồi có hiệu của bê tông  $E_h$ . Trong các tiêu chuẩn, thường sử dụng tỉ số mô đun đàn hồi dài hạn, gọi là  $3n$  [13, 14], có nghĩa là  $E_h = E_c/3$ . Một cách khác là tiếp cận gần đúng, dựa trên các công thức theo tiêu chuẩn Snhip 84 [15]. Tuy nhiên, các công thức này chỉ áp dụng khi bản bê tông được xem xét là “bản mỏng” tức là khi tỉ số độ cứng uốn của bản bê tông nhỏ hơn hoặc bằng 20% ( $(E_c \times I_c)/(E_s \times I_s \leq 20\%)$ ). Để có tính toán chính xác hơn, nên sử dụng các công thức tính toán có xét đến độ cứng uốn của bản bê tông cốt thép được đề xuất trong [16].

## 2. Công thức xác định mô đun đàn hồi có hiệu có kể đến độ cứng uốn của bản bê tông

Mô đun đàn hồi có hiệu khi xét đến ảnh hưởng của từ biến được xác định theo công thức trong bài báo “Ảnh hưởng của từ biến có xét ảnh hưởng của độ cứng uốn của bản BTCT trong kết cấu dầm thép liên hợp với BTCT” [16] như sau:

$$E_h = \frac{S_{kn} - 0,5\varphi_k + 1}{(1 + \varphi_k)S_{kn} + 1 + 0,5\varphi_k} E_c \quad (1)$$

$$S_{kn} = \frac{F_c}{n} \left( \frac{1}{F_s} + \frac{Z_{c.s}^2}{I_c + I_s} \right) \quad (2)$$

trong đó  $F_c, F_s$  là diện tích phần bê tông và phần thép;  $I_c, I_s$  lần lượt là mô men quán tính của phần bê tông và của phần thép;  $Z_{c.s}$  là khoảng cách từ trọng tâm phần bê tông đến trọng tâm phần thép;  $\varphi_k$  là hệ số từ biến của bê tông;  $n = E_s/E_c$  là tỉ số giữa mô đun đàn hồi của thép và của bê tông.

Khi gọi  $A$  là hệ số mô đun đàn hồi có hiệu:

$$A = \frac{S_{kn} - 0,5\varphi_k + 1}{(1 + \varphi_k)S_{kn} + 1 + 0,5\varphi_k} \quad (3)$$

Thay phương trình (3) vào phương trình (1) ta có:

$$E_h = AE_c \quad (4)$$

Gọi  $B$  là tỉ số mô đun đàn hồi dài hạn, ta có:

$$E_h = \frac{E_c}{B} \quad (5)$$

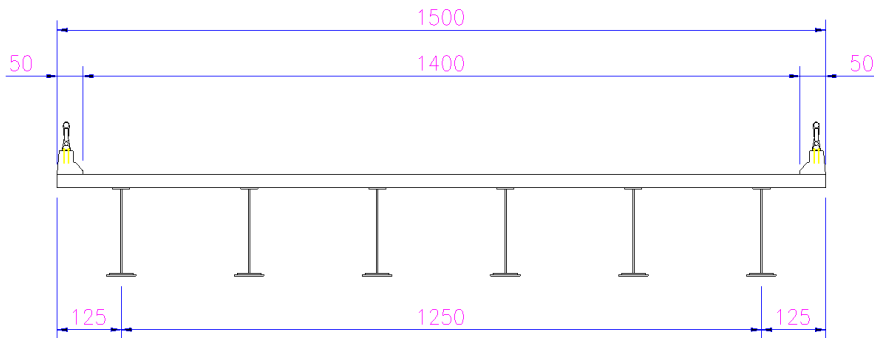
$$B = \frac{1}{A} \quad (6)$$

Từ phương trình (6), theo tiêu chuẩn thiết kế cầu đường bộ của Việt Nam [14] cho thấy rằng  $B = 3$ . Căn cứ vào các phương trình (1)–(4), (6) cho thấy ảnh hưởng do từ biến bản bê tông đến tiết diện liên hợp được thể hiện thông qua hệ số mô đun đàn hồi có hiệu  $A$  hoặc tỉ số mô đun đàn hồi dài hạn  $B$ . Trong khi đó, các hệ số  $A$  hoặc  $B$  lại phụ thuộc vào hệ số từ biến  $\varphi_k$  và các đặc trưng của tiết diện như  $F_c, I_c, F_s, I_s, n, Z_{c.s}$ .

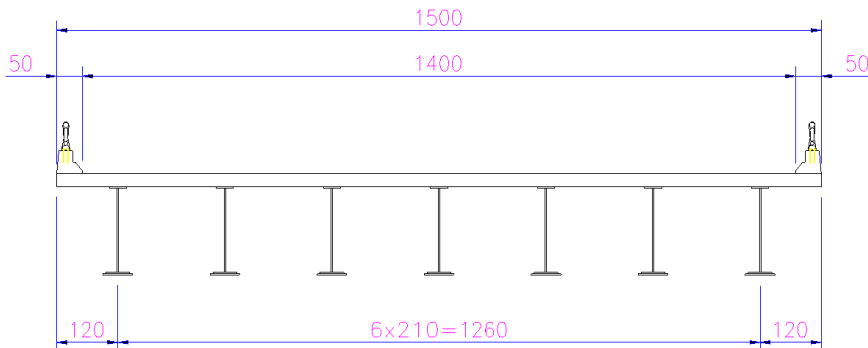
### 3. Mô hình khảo sát

Để tiến hành khảo sát ảnh hưởng từ biến của bê tông bản mặt cầu, bài báo sẽ tiến hành tính toán ảnh hưởng của từ biến cho cầu dầm nhịp giản đơn với các sơ đồ tính như sau, xem Hình 1, Hình 2, Hình 3, Hình 4 và Bảng 2:

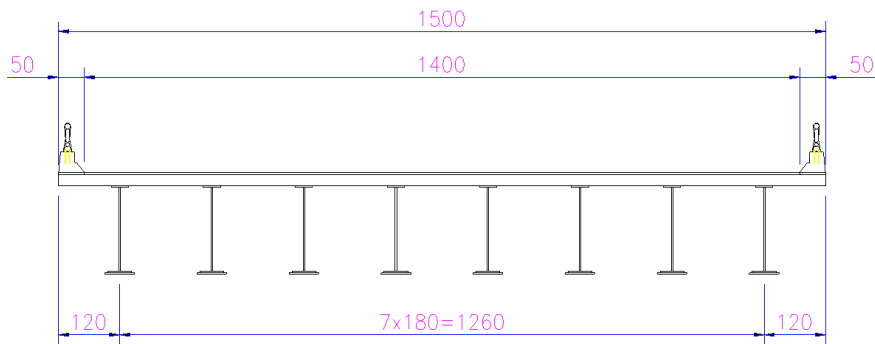
- Chiều dài nhịp tính toán: 24 m, 30 m và 33 m.
- Chiều rộng cầu: 15 m.
- Số lượng dầm chủ: 6, 7, 8.
- Chiều dày bản mặt cầu bằng 22 cm, 20 cm, 17,5 cm, tương ứng với trường hợp 6, 7, 8 dầm.
- Bản mặt cầu: Bê tông xi măng và bê tông Geopolymer;



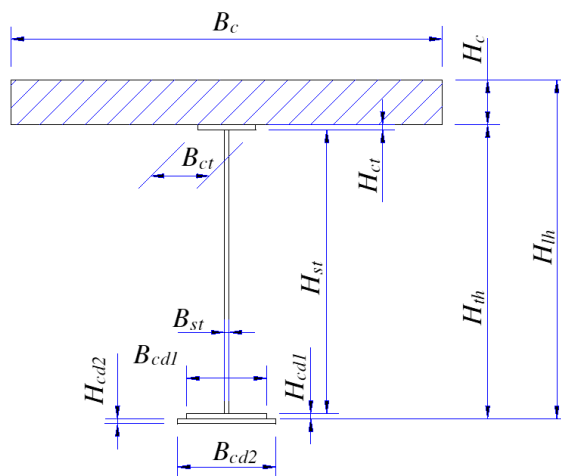
Hình 1. Mặt cắt ngang cầu có 6 dầm chủ



Hình 2. Mặt cắt ngang cầu có 7 dầm chủ



Hình 3. Mặt cắt ngang cầu có 8 dầm chủ



Hình 4. Mặt cắt ngang tiết diện dầm thép liên hợp với bản mặt cầu bê tông

Bảng 2. Kích thước chi tiết tiết diện các phương án khảo sát

Kích thước dầm (m)	Phương án khảo sát								
	24-6	24-7	24-8	30-6	30-7	30-8	33-6	33-7	33-8
$H_{lh}$	1,4	1,3	1,2	1,9	1,7	1,7	2	1,8	1,8
$H_{th}$	1,18	1,1	1,025	1,68	1,5	1,525	1,78	1,6	1,625
$H_c$	0,22	0,2	0,175	0,22	0,2	0,175	0,22	0,2	0,175
$H_{ct}$	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
$B_{ct}$	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
$H_{cd1}$	0,02	0,03	0,028	0,03	0,03	0,028	0,03	0,03	0,028
$B_{cd1}$	0,2	0,2	0,2	0,6	0,4	0,4	0,6	0,4	0,4
$H_{cd2}$	0,06	0,04	0,04	0,06	0,04	0,04	0,06	0,04	0,04
$B_{cd2}$	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
$H_{st}$	1,07	1	0,927	1,56	1,4	1,427	1,66	1,5	1,527
$B_{st}$	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02

- Mô đun đàn hồi của thép dầm: 200.000 MPa.
- Mô đun đàn hồi của bản mặt cầu:

+ Trường hợp sử dụng bê tông xi măng được xác định theo công thức:

$$E_c = 0,0017 \cdot K_1 \cdot W_c^2 \cdot f'_c{}^{0,33} \quad (7)$$

trong đó  $K_1$  là hệ số điều chỉnh nguồn cốt liệu, lấy bằng 1;  $W_c$  là trọng lượng riêng của bê tông ( $\text{kg/m}^3$ );  $f'_c$  là cường độ nén quy định của bê tông; Với cường độ bê tông xi măng lần lượt bằng 30, 40, 50 MPa,  $E_c$  tương ứng bằng: 30083,02; 33078,91; 35606,68 MPa.

+ Trường hợp sử dụng bê tông Geopolymer chọn sử dụng công thức của Thomas và Peethamparan  $E_{GPC} = 4400 \sqrt{f'_c}$ , xem Bảng 1, do đó với cường độ bê tông bằng 30, 40, 50 MPa thì mô đun đàn hồi của bê tông Geopolymer tương ứng là  $E_{GPC}$  bằng: 24099,79; 27828,04; 31112,7 MPa.

- Hệ số từ biến lấy ở thời điểm tuổi của bê tông là 365 ngày:

+ Đối với bê tông xi măng xác định theo các công thức trong tiêu chuẩn thiết kế cầu đường bộ - TCVN 11823:2017 [14]:

$$\varphi(t, t_i) = 1,9k_s k_{hc} k_f k_t t_i^{-0,118} \quad (8)$$

$$k_s = 1,45 - 0,13(V/S) \geq 1 \quad (9)$$

$$k_{hc} = 1,56 - 0,008H \quad (10)$$

$$k_f = \frac{5}{1 + f'_{ci}} \quad (11)$$

$$k_t = \frac{t}{12 \left( \frac{100 - 4f'_{ci}}{f'_{ci} + 20} \right) + t} \quad (12)$$

trong đó  $H$  là độ ẩm tương đối (%), lấy bằng 80%;  $k_s$  là hệ số ảnh hưởng giữa tỉ lệ thể tích và bề mặt cấu kiện;  $k_f$  là hệ số ảnh hưởng của cường độ bê tông;  $k_{hc}$  là hệ số độ ẩm cho từ biến;  $k_{td}$  là hệ số phụ thuộc thời gian;  $t$  là tuổi của bê tông (ngày) tới thời điểm đặt tải cho tính toán từ biến;  $t_i$  là tuổi của bê tông tại thời điểm tác dụng của tải trọng (ngày);  $V/S$  là tỉ lệ giữa thể tích với bề mặt cấu kiện (mm).

Vậy với cấu tạo như trên và bê tông xi măng có cường độ lần lượt là: 30, 40, 50 MPa thì hệ số từ biến tương ứng là: 2,91; 2,34 và 1,96.

+ Đối với bê tông Geopolymer dựa vào kết quả nghiên cứu của Wallah and Rangan [10] hệ số từ biến giả thiết bằng 0,75; 0,7; 0,65 (thời điểm 365 ngày) tương ứng với cường độ bê tông 30; 40; và 50 MPa, xem Bảng 3.

Bảng 3. Giá trị mô đun đàn hồi và hệ số từ biến

Tham số	Loại bê tông	Cường độ bê tông (MPa)		
		30	40	50
Mô đun đàn hồi	Bê tông xi măng	30083,02	33078,91	35606,68
	Bê tông Geopolymer	24099,79	27828,04	31112,7
Hệ số từ biến	Bê tông xi măng	2,91	2,34	1,96
	Bê tông Geopolymer	0,75	0,7	0,65

Như vậy với mô hình khảo sát được yêu cầu, số lượng trường hợp tính toán là 54. Ký hiệu của các trường hợp khảo sát là: chiều dài nhịp-số dầm chủ-loại bê tông, ví dụ 33-6-GPC là chiều dài nhịp 33 m, số dầm chủ là 6 và sử dụng bê tông Geopolymer.

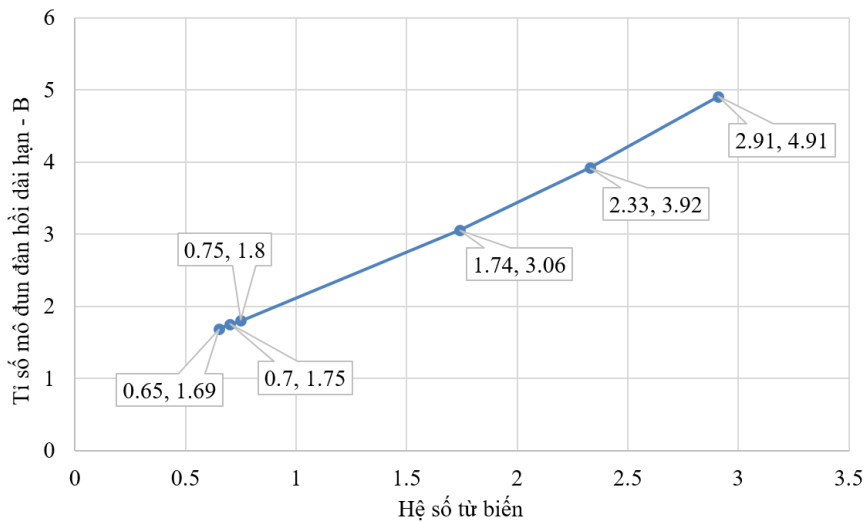
#### 4. Kết quả đánh giá ảnh hưởng từ biến của bê tông Geopolymer trong tiết diện liên hợp

##### 4.1. Khảo sát ảnh hưởng của hệ số từ biến đến tỉ số mô đun đàn hồi dài hạn

Chọn mô hình mặt cắt ngang cầu, bê tông bản mặt cầu không thay đổi, sau đó tiến hành thay đổi hệ số từ biến để khảo sát sự biến thiên của tỉ số mô đun đàn hồi dài hạn. Trong trường hợp này, các tác giả chọn mô hình cầu có chiều dài nhịp 30 m, mặt cắt ngang có 6 dầm, bê tông xi măng có cường độ 30 MPa, sự thay đổi hệ số từ biến dẫn đến sự thay đổi tỉ số mô đun đàn hồi dài hạn như trong Bảng 4 và Hình 5.

Bảng 4. Sự thay đổi của tỉ số mô đun đàn hồi dài hạn theo hệ số từ biến

Hệ số từ biến	Tỉ số mô đun đàn hồi dài hạn
2,91	4,91
2,33	3,92
1,74	3,06
0,75	1,80
0,70	1,75
0,65	1,69



Hình 5. Sự thay đổi của tỉ số mô đun đàn hồi dài hạn theo hệ số từ biến

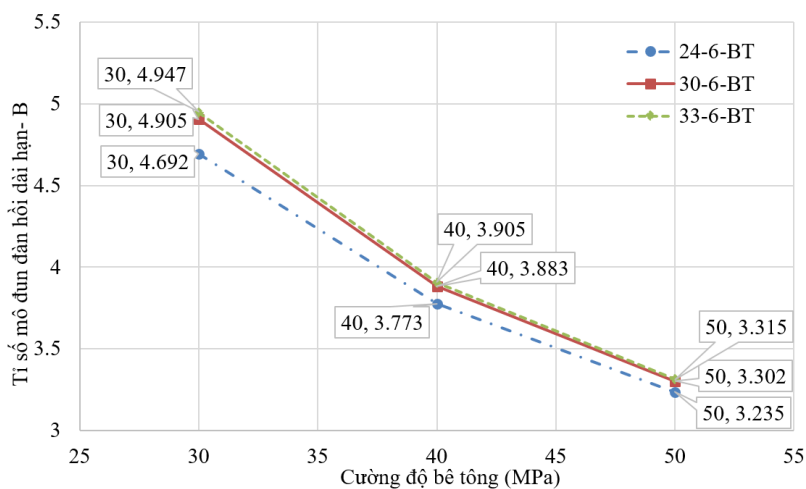
Căn cứ vào các kết quả thể hiện trên Hình 5, khi hệ số từ biến tăng thì tỉ số mô đun đàn hồi dài hạn (B) cũng tăng; với giá trị hệ số từ biến của bê tông xi măng thì giá trị B thay đổi lớn, còn với giá trị hệ số từ biến của bê tông Geopolymer thì giá trị B thay đổi nhỏ hơn.

##### 4.2. Khảo sát sự thay đổi của tiết diện dầm thép đến tỉ số mô đun đàn hồi dài hạn

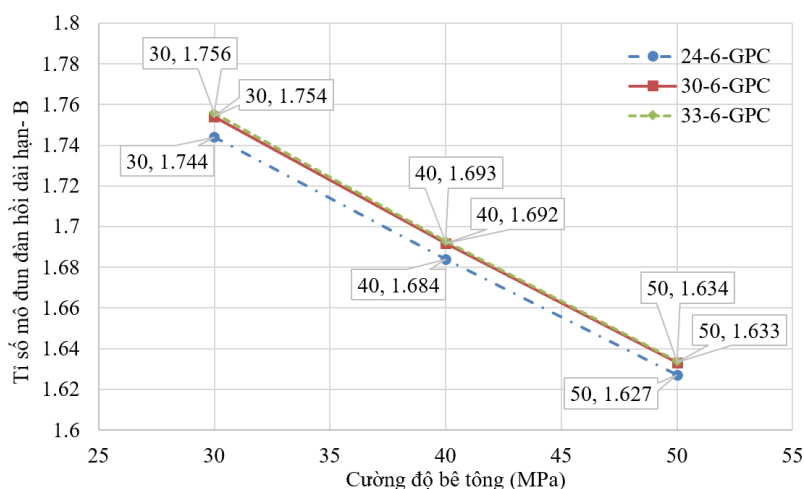
Trong công thức (3), ảnh hưởng của từ biến ngoài việc phụ thuộc vào hệ số từ biến  $\varphi_k$ , còn phụ thuộc vào tham số  $S_{kn}$  và tham số này lại phụ thuộc vào cấu tạo tiết diện, xem công thức (2). Đối với tiết diện liên hợp, khi kích thước bản mặt cầu càng lớn thì ảnh hưởng do từ biến sẽ càng lớn, do vậy trong khảo sát này các tác giả giữ nguyên tiết diện phần bê tông và chỉ thay đổi tiết diện dầm thép. Kết quả khảo sát thu được được thể hiện trong Bảng 5, Hình 6 và Hình 7.

Bảng 5. Giá trị tỉ số mô đun đàn hồi dài hạn trường hợp thay đổi tiết diện dầm thép

Trường hợp	30	40	50
24-6-BT	4,692	3,773	3,235
30-6-BT	4,905	3,883	3,302
33-6-BT	4,947	3,905	3,315
24-6-GPC	1,744	1,684	1,627
30-6-GPC	1,754	1,692	1,633
33-6-GPC	1,756	1,693	1,634



Hình 6. Sự thay đổi tỉ số mô đun đàn hồi dài hạn khi thay đổi tiết diện dầm thép - bản mặt cầu là bê tông xi măng



Hình 7. Sự thay đổi tỉ số mô đun đàn hồi dài hạn khi thay đổi tiết diện dầm thép - bản mặt cầu là bê tông Geopolymer

Với hai loại bê tông xi măng và bê tông Geopolymer, các kết quả thể hiện trong Bảng 5, Hình 6 và Hình 7 cho thấy với đặc trưng phần bê tông không đổi kích thước dầm thép càng lớn thì ảnh hưởng của từ biến càng lớn.



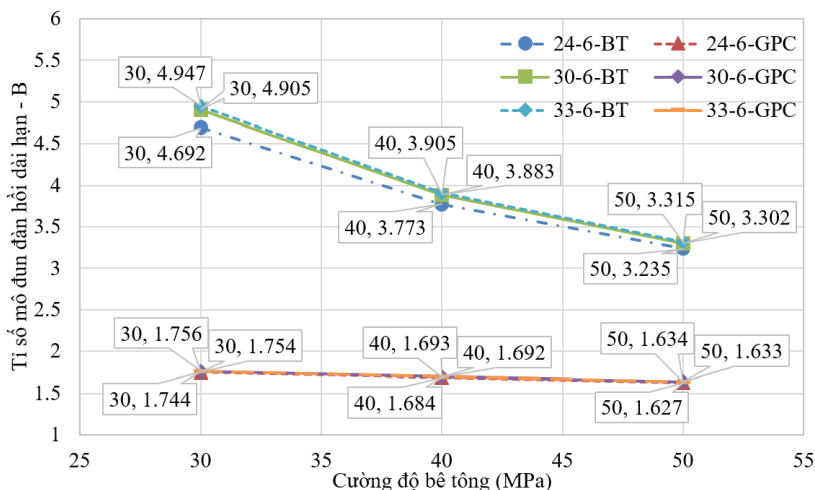
4.3. So sánh ảnh hưởng của từ biến giữa hai loại bê tông

Với mỗi trường hợp khảo sát, sau khi kết quả kiểm toán theo các trạng thái giới hạn đều thỏa mãn, tiến hành tính toán tỉ số mô đun đàn hồi dài hạn B, kết quả được thể hiện trong Bảng 6.

Bảng 6. Kết quả tính toán tỉ số mô đun đàn hồi dài hạn

Số TT	Trường hợp	Cường độ bê tông (MPa)		
		30	40	50
1	24-6-BT	4,692	3,773	3,235
2	24-6-GPC	1,744	1,684	1,627
3	30-6-BT	4,905	3,883	3,302
4	30-6-GPC	1,754	1,692	1,633
5	33-6-BT	4,947	3,905	3,315
6	33-6-GPC	1,756	1,693	1,634
7	24-7-BT	4,848	3,854	3,284
8	24-7-GPC	1,751	1,69	1,631
9	30-7-BT	5,065	3,964	3,351
10	30-7-GPC	1,76	1,697	1,636
11	33-7-BT	5,117	3,99	3,366
12	33-7-GPC	1,762	1,698	1,638
13	24-8-BT	5,06	3,96	3,35
14	24-8-GPC	1,82	1,76	1,69
15	30-8-BT	5,41	4,13	3,45
16	30-8-GPC	1,84	1,77	1,7
17	33-8-BT	5,48	4,16	3,47
18	33-8-GPC	1,84	1,77	1,7

Căn cứ vào kết quả trong Bảng 6, việc so sánh ảnh hưởng của từ biến với trường hợp 6, 7, 8 dầm chủ, chiều dài nhịp lần lượt là 24, 30, 33 m, bản mặt cầu sử dụng bê tông xi măng hoặc bê tông Geopolymer với cường độ là 30, 40, 50 MPa được thể hiện bằng biểu đồ trên Hình 8, Hình 9 và Hình 10.

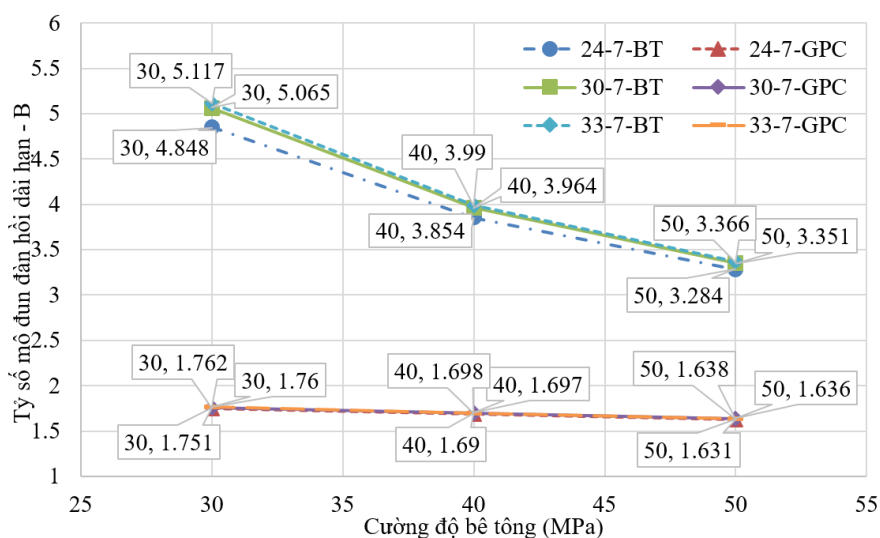


Hình 8. Giá trị tỉ số mô đun đàn hồi dài hạn trường hợp 6 dầm chủ

Căn cứ kết quả trên Hình 8, tỉ số giữa tỉ số mô đun đàn hồi dài hạn của bê tông xi măng và bê tông Geopolymer cho trường hợp 6 đầm chủ nằm trong khoảng 2÷2,8 và được thể hiện trong Bảng 7.

Bảng 7. Tỉ số giữa tỉ số của mô đun đàn hồi dài hạn của bê tông xi măng và bê tông Geopolymer trường hợp 6 đầm chủ

Trường hợp	Cường độ BT		
	30	40	50
24-6	2,7	2,2	2,
30-6	2,8	2,3	2,0
33-6	2,8	2,3	2,0



Hình 9. Giá trị tỉ số mô đun đàn hồi dài hạn trường hợp 7 đầm chủ

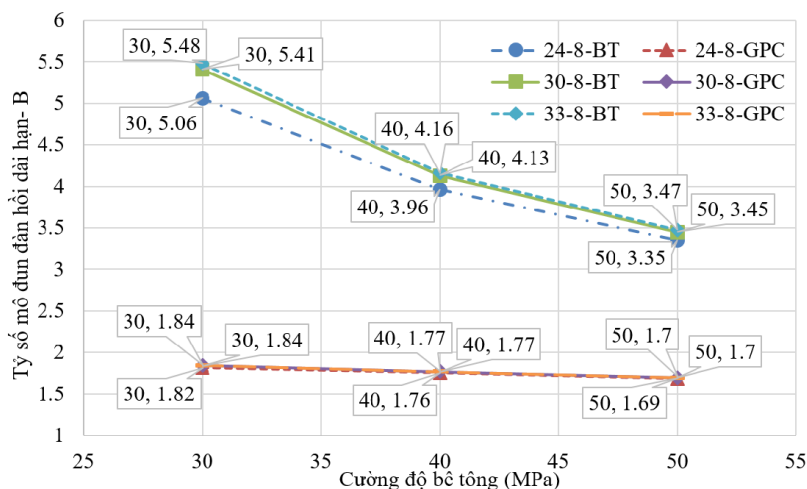
Căn cứ kết quả trên Hình 9, tỉ số giữa tỉ số mô đun đàn hồi dài hạn của bê tông xi măng và bê tông Geopolymer cho trường hợp 7 đầm chủ nằm trong khoảng 2÷2,9 và được thể hiện trong Bảng 8.

Bảng 8. Tỉ số giữa tỉ số của mô đun đàn hồi dài hạn của bê tông xi măng và bê tông Geopolymer trường hợp 7 đầm chủ

Trường hợp	30	40	50
24-7	2,8	2,3	2,0
30-7	2,9	2,3	2,0
33-7	2,9	2,3	2,1

Căn cứ kết quả trên Hình 10, tỉ số giữa tỉ số mô đun đàn hồi dài hạn của bê tông xi măng và bê tông Geopolymer cho trường hợp 8 đầm chủ nằm trong khoảng 2÷3,0 và được thể hiện trong Bảng 9.

Căn cứ vào kết quả khảo sát trên Hình 8–Hình 10 và Bảng 7–Bảng 9 cho thấy mức độ ảnh hưởng do từ biến của bê tông Geopolymer nhỏ hơn nhiều so với bê tông xi măng nằm trong khoảng 2÷3,0 lần, và tỉ số đó có xu hướng tăng khi số đầm chủ tăng lên.



Hình 10. Giá trị tỉ số mô đun đàn hồi dài hạn trường hợp 8 đầm chủ

Bảng 9. Tỉ số giữa tỉ số của mô đun đàn hồi dài hạn của bê tông xi măng và bê tông Geopolymer trường hợp 8 đầm chủ

Trường hợp	30	40	50
24-8	2,8	2,3	2,0
30-8	2,9	2,3	2,0
33-8	3,0	2,4	2,0

## 5. Kết luận

Ảnh hưởng do từ biến của bê tông Geopolymer trong tiết diện liên hợp nhỏ hơn từ 2 đến 3 lần so với bê tông xi măng. Kích thước dầm thép càng lớn thì ảnh hưởng do từ biến của bản bê tông Geopolymer cũng càng lớn và điều này cũng tương tự như bản bê tông xi măng. Với cường độ của bê tông trong các trường hợp khảo sát là 30, 40, 50 MPa ảnh hưởng do từ biến của bê tông Geopolymer thay đổi ít hơn so với bê tông xi măng. Kiến nghị khi tính toán ảnh hưởng của từ biến trong dầm liên hợp sử dụng bản bê tông Geopolymer không nên sử dụng giá trị của tỉ số mô đun đàn hồi dài hạn trong tiêu chuẩn cho bê tông xi măng mà nên sử dụng công thức tính trực tiếp ảnh hưởng của từ biến trong kết cấu dầm liên hợp. Kết quả nghiên cứu trên đây được khảo sát tại thời điểm 365 ngày, nên chưa phản ánh được toàn bộ ảnh hưởng của từ biến, cần có các nghiên cứu để xác định giá trị của hệ số từ biến cuối cùng của bê tông Geopolymer, và các thí nghiệm về ảnh hưởng của từ biến trong dầm thép liên hợp với bản bê tông Geopolymer.

## Lời cảm ơn

Tác giả chân thành cảm ơn sự hỗ trợ tài chính của Bộ Giáo dục và Đào tạo cho đề tài “Nghiên cứu ứng xử của dầm bê tông cốt thép ứng lực trước nhịp trung bình lớn sử dụng bê tông geopolymer”, mã số B2020-XDA-07.

## Tài liệu tham khảo

- [1] Davidovits, J. (2012). Geopolymer chemistry and sustainable development. *Proceedings of the world congress Geopolymer*.
- [2] Báo Chính phủ. *Xử lý tro xỉ thải nhiệt điện: Thực trạng và những nút thắt cần gỡ*. Truy cập ngày 09/09/2023.

- [3] Hung, T. V. (2017). *Nghiên cứu thành phần, đặc tính cơ lý của bê tông Geopolymer tro bay và các ứng dụng cho kết cấu Cầu Hàm*. Trường Đại học Giao thông Vận tải.
- [4] Đạo, P. Q. (2021). *Nghiên cứu sự làm việc của dầm bê tông cốt thép sử dụng tro bay và xi lò cao làm chất kết dính Geopolymer*. Trường Đại học Xây dựng.
- [5] Hà, N. B., Bảo, N. Q., Quang, V. T. (2023). [Nghiên cứu ứng dụng bê tông geopolymer cho cầu dầm liên tục bê tông cốt thép dự ứng lực](#). *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng (KHCNXD) - ĐHXDHN*, 17(2V): 32–41.
- [6] Ha, N. B., Danh, L. B., Hoa, P. D., Tuyen, N. N. (2023). [Research on the application of geopolymer concrete for prestressed girder structures of bridges towards sustainable development](#). *International Journal of GEOMATE*, 25(110):21–28.
- [7] Lee, N. K., Lee, H. K. (2013). [Setting and mechanical properties of alkali-activated fly ash/slag concrete manufactured at room temperature](#). *Construction and Building Materials*, 47:1201–1209.
- [8] Thomas, R. J., Peethampanan, S. (2015). [Alkali-activated concrete: Engineering properties and stress–strain behavior](#). *Construction and Building Materials*, 93:49–56.
- [9] Noushini, A., Aslani, F., Castel, A., Gilbert, R. I., Uy, B., Foster, S. (2016). [Compressive stress-strain model for low-calcium fly ash-based geopolymer and heat-cured Portland cement concrete](#). *Cement and Concrete Composites*, 73:136–146.
- [10] Wallah, S., Rangan, B. V. (2006). *Low-calcium fly ash-based geopolymer concrete: long-term properties*. Curtin University of Technology: Perth, Australia.
- [11] Bakharev, T. (2005). [Resistance of geopolymer materials to acid attack](#). *Cement and Concrete Research*, 35(4):658–670.
- [12] De Gutierrez, R. M., Maldonado, J., Gutiérrez, C. (2004). Performance of alkaline activated slag at high temperatures. *Materiales De Construccion*, 54(276):87–92.
- [13] AASHTO (2017). *AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, in Section 6: Steel Structures*. American Association of State Highway and Transportation Officials.: Washington, DC.
- [14] TCVN 11823:2017. *Tiêu chuẩn thiết kế cầu Đường bộ, Phần 6: Kết cấu thép*. Bộ Khoa học và Công nghệ, Hà Nội.
- [15] Snhip 2-05-03-84 (1984). *Tiêu chuẩn xây dựng cầu và cống*. Viện thiết kế Giao thông vận tải, Ủy ban Xây dựng cơ bản Nhà Nước Liên Xô.
- [16] Hà, N. B. (2011). Ảnh hưởng của từ biến có xét ảnh hưởng của độ cứng uốn của bản BTCT trong kết cấu dầm thép liên hợp với BTCT. *Tạp chí Xây dựng - Bộ Xây dựng*, 3.