

NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM VỀ BIẾN DẠNG DÀI HẠN CỦA CỘT BÊ TÔNG CỐT THÉP CHỊU NÉN ĐÚNG TÂM

ThS. **TRẦN NGỌC LONG**

Trường Đại học Vinh

PGS.TS. **LÝ TRẦN CƯỜNG**

Trường Đại học Xây dựng

Tóm tắt: Bài báo giới thiệu nghiên cứu thực nghiệm biến dạng dài hạn (từ biến, co ngót) của cột BTCT chịu nén đúng tâm. Các thí nghiệm được thực hiện tại phòng Thí nghiệm công trình, trường Đại học Xây dựng từ tháng 10/2014 đến 04/2016. Kết quả nghiên cứu cho thấy: (i) Biến dạng dài hạn xảy ra chủ yếu trong năm đầu tiên chịu tải; (ii) Hàm lượng cốt thép có ảnh hưởng đáng kể đến biến dạng dài hạn của các mẫu; (iii) Biến dạng từ biến của bê tông lớn hơn nhiều so với biến dạng co ngót; và (iv) Tổng biến dạng từ biến và co ngót sau 487 ngày lớn hơn gần 3 lần so với biến dạng tức thời. Các kết quả thí nghiệm đảm bảo độ tin cậy và có thể dùng vào phân tích cho các nghiên cứu liên quan.

Từ khóa: Thí nghiệm, biến dạng dài hạn, co ngót, từ biến, cột bê tông cốt thép.

1. Đặt vấn đề

Biến dạng dài hạn được tạo ra khi cấu kiện bê tông cốt thép làm việc dài hạn theo thời gian. Biến dạng dài hạn dọc trục trong các kết cấu chịu nén đã gây ra nhiều tác động bất lợi cho công trình. Đặc biệt đối với công trình cao tầng và siêu cao tầng bê tông cốt thép, khi các kết cấu chịu lực theo phương đứng xuất hiện sự vênh do co ngót của cấu kiện, thì tác động của nó rất dễ nhận thấy. Biến dạng dài hạn gây ra sự phân phối lại nội lực theo thời gian giữa bê tông và cốt thép; hiện tượng vênh co ngót gây ra sự phân phối lại nội lực giữa các kết cấu, ảnh hưởng đến bề mặt kiến trúc và các hệ thống kỹ thuật của công trình.

Các thí nghiệm và quan sát chỉ ra rằng trong kết cấu bê tông và bê tông cốt thép dưới tác động của tải trọng dài hạn thì biến dạng không đàn hồi do từ biến của bê tông có thể làm tăng biến dạng của kết cấu lên vài lần so với biến dạng ban đầu [6].

Biến dạng từ biến, co ngót bê tông phụ thuộc rất lớn vào môi trường xung quanh và điều kiện vật liệu địa phương. Do đó, nếu dùng một mô hình tiêu chuẩn hoặc một phương pháp nào đó để xác định biến dạng dài hạn cho kết cấu BTCT tại địa điểm bất kì thì độ chính xác sẽ không cao.

Từ những lý do ở trên thấy được sự cần thiết cần phải thực hiện thí nghiệm xác định biến dạng dài hạn của cột BTCT chịu nén đúng tâm phù hợp với điều kiện môi trường và vùng Hà Nội. Thí nghiệm đã thực hiện tại phòng thí nghiệm công trình trường Đại học Xây dựng từ tháng 10/2014 đến 04/2016.

2. Nghiên cứu thực nghiệm về biến dạng dài hạn của cột BTCT chịu nén

Để tiến hành đo biến dạng dài hạn cột bê tông cốt thép bằng thực nghiệm, cần dựa vào các tiêu chuẩn trên thế giới về thí nghiệm xác định biến dạng dài hạn, như: ASTM C512 [4]; RILEM TC 107-CSP [7]; AS 1012.16 [5].

Căn cứ vào các tiêu chuẩn trên đây, thí nghiệm xác định biến dạng dài hạn cột bê tông cốt thép chịu nén đúng tâm, được thực hiện theo quy trình sau:

2.1 Vật liệu chế tạo và kích thước mẫu thí nghiệm

- *Hình dáng và kích thước:* Mẫu thí nghiệm có dạng hình lăng trụ, đường kính 150 mm và chiều dài 600 mm, với tỷ số giữa chiều dài và đường kính là $L/D \leq 4$ [7]. Kích thước đã chọn phù hợp với giá trị tải trọng, khung gia tải và hệ lò xo. Với chiều cao mẫu 600mm đủ để đo biến dạng với khoảng cách đo đảm bảo không chịu ảnh hưởng lực nén cục bộ từ hai đầu mẫu.

- *Vật liệu.* Bê tông cấp độ bền chịu nén B30. Đây là cấp độ bền thường được sử dụng trong các công trình. Tuy nhiên có thể chọn cấp độ bền cao hơn để phù hợp với công trình cao tầng, siêu cao tầng, nhưng điều đó sẽ khó khăn trong việc chế tạo độ cứng lò xo bù tải.

Để đảm bảo độ tin cậy, tính đa dạng và kiểm nghiệm được sự ảnh hưởng của hàm lượng cốt thép dọc đến biến dạng, cần chọn mẫu có hai loại hàm lượng cốt thép khác nhau là 1,5% và 2%.

- *Số lượng mẫu:* Chọn số lượng mẫu đủ lớn để có được số liệu thí nghiệm đảm bảo độ tin cậy. Theo các thí nghiệm về đo cường độ và đo mô đun đàn hồi của bê tông thì 1 tổ hợp mẫu gồm có 3 mẫu.

Bê tông cốt thép là vật liệu không đồng chất, và để đảm bảo tính bao quát trên tiết diện đã bố trí 5 điểm đo cho một mẫu thử. Như vậy, mỗi mẫu thử được bố trí 3 điểm đo biến dạng bê tông và 2 điểm đo biến dạng cốt thép. Mỗi loại hàm lượng cốt thép sử dụng chọn 3 mẫu đo, tương ứng 15 số liệu đo biến dạng. Số lượng phép đo này là đủ lớn để đảm bảo độ tin cậy trong thí nghiệm đo biến dạng kết cấu bê tông cốt thép.

Để xác định biến dạng từ biến bê tông, cần đo biến dạng tự do của mẫu không tải. Với mỗi loại mẫu có hàm lượng cốt thép khác nhau dùng thêm 1 mẫu không tải để đo biến dạng tự do (biến dạng do co ngót).

2.2 Sơ đồ thí nghiệm

Chọn cột BTCT chịu nén đúng tâm theo thời gian với thí nghiệm không phá hoại mẫu.

Để đảm bảo lực tác dụng đúng tâm lên mẫu thì phải thực hiện:

- Vật liệu chế tạo khung gia tải phải giống nhau;
- Mẫu trước khi đưa vào thí nghiệm cần phải được gia công làm phẳng hai đầu. Mặt phẳng hai đầu mẫu phải vuông góc với trục mẫu, nếu lệch thì không được quá lớn, theo tiêu chuẩn AS 1012.16 và ASTM C512-87 độ lệch này là ± 2 độ [4,5];
- Điểm đặt lực tác dụng lên mẫu vào đúng tâm tiết diện tròn. Hai đầu mẫu đặt thêm tám đệm bằng thép và một viên bi sắt (hình 1).



2.3 Thiết bị, dụng cụ thí nghiệm

Để tạo được tải trọng tác dụng lên mẫu đã sử dụng các dụng cụ, thiết bị sau đây:

- *Hệ khung gia tải.* Hệ này có chức năng cố định mẫu, gia tải và duy trì tải trọng trong quá trình thí nghiệm;

- *Hệ lò xo hình trụ.* Hệ lò xo được thiết kế để tạo được giá trị tải trọng tác dụng lên mẫu và còn duy trì và bù tải trọng cho mẫu trong quá trình thí nghiệm. Trong quá trình thí nghiệm tải trọng sẽ bị suy giảm do biến dạng của mẫu. Khi đó lò xo sẽ bù lại tải trọng để đảm bảo giá trị tải trọng tác dụng không đổi lên mẫu;

- *Bơm thủy lực.* Bơm có chức năng gia tải ban đầu và bù tải trọng trong quá trình thí nghiệm khi giá trị tải trọng bị suy giảm vượt quá mức đã qui định.

Trên hình 1 thể hiện các thiết bị, dụng cụ cho thí nghiệm cột chịu tải trọng đúng tâm không đổi theo thời gian.

2.4 Bố trí đồng hồ đo biến dạng

Bê tông là vật liệu không đồng chất nên để đảm bảo tính tổng quát biến dạng dài hạn của mẫu đã bố trí các điểm đo đều trên chu vi tiết diện với khoảng đo hợp lý, cụ thể là:

- Trên chu vi tiết diện mẫu bố trí 3 điểm đo cách đều nhau 120° ;
- Tại thời điểm bất kì biến dạng bê tông luôn bằng biến dạng cốt thép. Do vậy cần bố trí 2 điểm đo biến dạng cho cốt thép để so sánh;
- Chọn khoảng đo 400 mm trên chiều dài mẫu 600 mm. Chọn điểm đo cách 2 đầu mẫu là 100 mm;
- Tương tự như vậy, trên mỗi mẫu tự do đo biến dạng co ngót cũng bố trí 3 điểm đo cách đều theo chu vi.

Với khoảng đo 400 mm, lắp đồng hồ có độ chính xác 1/100 đối với mẫu chịu tải, 1/1000 đối với mẫu không tải.

2.5 Giá trị tải trọng

Đối với mẫu chịu tải trọng dài hạn, vật liệu bê tông làm việc trong giai đoạn đàn hồi thì ứng suất do tải trọng sinh ra vượt quá 40% giá trị cường độ trung bình bê tông. Điều này đã được quy định trong các tiêu chuẩn ASTM C512, RILEM TC 107-CSP và AS 1012.16.

Với bê tông B30, để phù hợp với việc thiết kế và chế tạo lò xo, chọn giá trị tải trọng tác dụng lên mẫu tương ứng với ứng suất bê tông bằng 35% giá trị ứng suất trung bình bê tông lúc 7 ngày tuổi.

Thí nghiệm xác định được cường độ trung bình của bê tông 7 ngày tuổi là: 484,3 kN(27,42 MPa). Vậy, giá trị tải tác dụng lên mẫu là 170 KN(≈ 17 tấn).

Để duy trì giá trị tải trọng tác dụng lên mẫu không đổi theo thời gian đã sử dụng hệ thống lò xo hình trụ để bù tải trọng quá trình thí nghiệm. Biến dạng của lò xo không giống biến dạng của mẫu thí nghiệm, do vậy trong quá trình thí nghiệm lực tác dụng lên mẫu sẽ suy giảm dần. Để xác định được lượng lực suy giảm, phải gắn vào hệ lò xo một đồng hồ đo biến dạng với độ chính xác 1/1000 (hình 1). Khi đồng hồ đo biến dạng lò xo vượt quá giá trị quy định, sẽ xác định được lượng lực cần bù cho mẫu. Theo quy định của các tiêu chuẩn hiện nay như AS 1012.16 [5] quy định giá trị tải trọng chất lên mẫu tại thời điểm bất kì không lệch quá 2% giá trị tải ban đầu; với ASTM C512 thì giá trị đó là 1%.

Độ cứng lò xo phụ thuộc vào vật liệu và phương pháp chế tạo. Do vậy, trong điều kiện hiện tại ở Việt Nam chỉ có thể chế tạo được lò xo có độ cứng ở mức độ vừa phải. Lò xo chế tạo (* Lò xo nén hình trụ được chế tạo tại nhà máy xe lửa Gia Lâm, Hà Nội.) thực hiện trong thí nghiệm này chịu được lực nén là 11 tấn. Để phù hợp với tải trọng mẫu 17 tấn, phải dùng tới 2 lò xo đặt song song (hình 2).



Hình 2. Bố trí thí nghiệm

2.6 Thời gian thí nghiệm

Biến dạng dài hạn theo thời gian là biến dạng từ biến và co ngót của bê tông. Co ngót bê tông xảy ra chủ yếu trong giai đoạn đóng rắn đầu tiên của bê tông. Trong điều kiện bình thường vài năm bê tông sẽ hết co và biến dạng tỉ đối do co ngót có thể đạt đến $3 \cdot 10^{-4}$ đến $5 \cdot 10^{-4}$ [1]. Từ biến phát triển theo thời gian với tỉ lệ chậm dần. Khi bắt đầu chất tải, từ biến

tăng nhanh và giảm dần khi thời gian tăng lên. Thời gian từ 2 đến 3 tháng đầu giá trị từ biến đạt 50% giá trị cuối cùng, và sau 2 đến 3 năm đạt 90% giá trị cuối cùng của từ biến. Sau vài năm chất tải, tốc độ gia tăng từ biến rất nhỏ [6].

Cũng căn cứ vào tính chất đó của biến dạng dài hạn của bê tông, trong các tiêu chuẩn ASTM C512, RILEM TC 107-CSP, AS 1012.16 đã đề ra thời gian tối thiểu để đo biến dạng dài hạn là 6 tháng và không hạn chế thời gian tối đa.

Như vậy, theo các số liệu trên và để tăng độ tin cậy cho số liệu đo được, đã chọn thời gian đo biến dạng tối thiểu là 16 tháng.

- Tuổi bê tông lúc chất tải: 7 ngày;
- Thời gian bảo dưỡng: 7 ngày.

2.7 Quy trình thực hiện

Quy trình thực hiện thí nghiệm xác định biến dạng dài hạn của cột BTCT chịu nén đúng tâm như sau:

- *Chế tạo và bảo dưỡng mẫu.* Thực hiện đúc mẫu, chế tạo, bảo dưỡng mẫu và xác định cường độ chịu nén bê tông theo các tiêu chuẩn: TCVN:3105:1993[2], và TCVN 3118 : 1993 [3].
- *Giai đoạn gia tải thử cho mẫu.* Trước khi tiến hành gia tải cho mẫu chúng tôi đã gia tải thử với giá trị bằng 10% giá trị thiết kế để kiểm tra sự làm việc của hệ thống gia tải và các đồng hồ đo biến dạng.
- *Gia tải cho mẫu.* Sau khi gia tải thử, đã kiểm tra sự ổn định của dụng cụ, thiết bị đo biến dạng, tiến hành gia tải đến giá trị tải trọng thiết kế.
- *Đọc số liệu biến dạng.* Dựa vào quy trình trong các tiêu chuẩn ASTM C512, RILEM TC 107-CSP và AS 1012.16 [4,5,7] và căn cứ vào đặc điểm biến dạng dài hạn phát triển theo thời gian (tăng nhanh trong giai đoạn đầu và giảm dần về sau), lựa chọn quy trình đọc, ghi số liệu như sau:
 - o Đọc giá trị biến dạng khi gia tải đạt giá trị tải trọng thiết kế;
 - o Đọc giá trị biến dạng sau 2h và sau 6h gia tải;
 - o Đọc giá trị biến dạng mỗi ngày một lần, đọc trong vòng 7 ngày đầu khi gia tải;
 - o Đọc giá trị biến dạng mỗi tuần một lần, đọc trong vòng 4 tuần đầu khi gia tải;

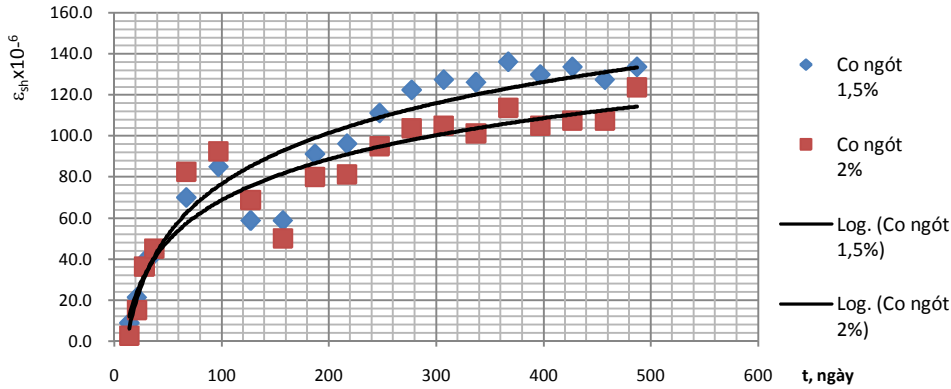
KẾT CẤU – CÔNG NGHỆ XÂY DỰNG

o Đọc giá trị biến dạng mỗi tháng một lần, đọc cho đến khi dừng thí nghiệm.

Sau khi đo biến dạng trong thời gian 487 ngày, kết quả biến dạng dài hạn cột BTCT chịu nén đúng tâm được thể qua biểu đồ trên hình 3 và hình 4 dưới đây.

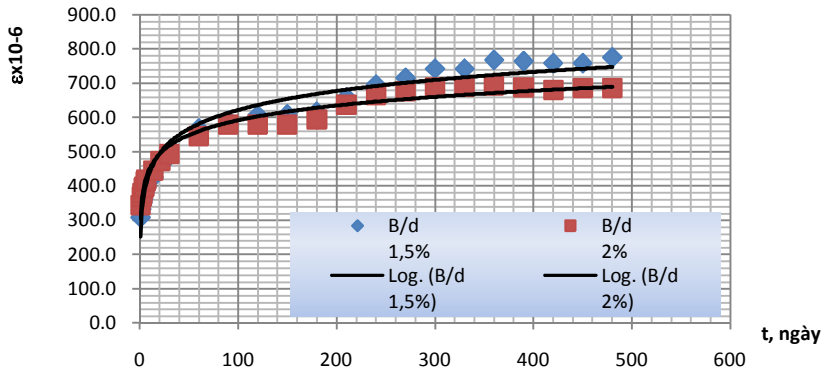
2.8 Kết quả thí nghiệm

- **Biến dạng co ngót:**



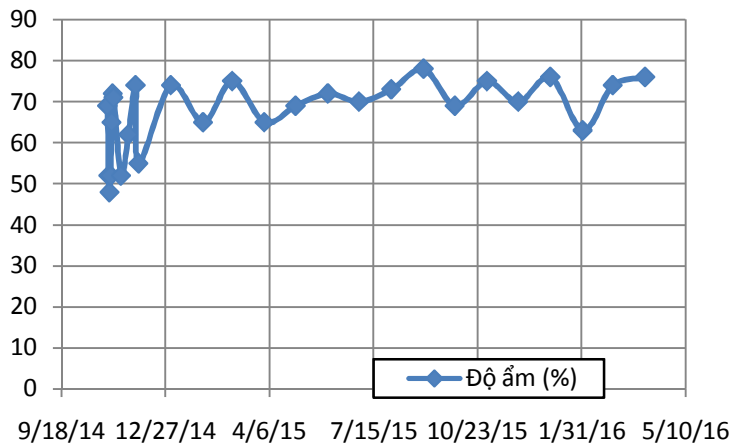
Hình 3. Biến dạng co ngót mẫu theo thời gian

- **Biến dạng dài hạn:**



Hình 4. Biến dạng dọc trục mẫu theo thời gian

Biến dạng từ biến, co ngót bê tông chịu ảnh hưởng vào yếu tố độ ẩm của môi trường xung quanh. Do vậy, khi bố trí thí nghiệm đã bố trí thêm dụng cụ để đo độ ẩm và kết quả độ ẩm đo được như hình 5 dưới đây.



Hình 5. Biểu đồ độ ẩm đo được theo thí nghiệm đo biến dạng dài hạn

Từ kết quả trên cho thấy trong năm đầu tiên chịu tải trọng biến dạng dài hạn tăng mạnh, càng về sau tốc độ càng giảm dần.

Hai đồ thị biến dạng dài hạn ở trên cho thấy với mẫu hàm lượng cốt thép dọc 1,5% nhỏ hơn mẫu hàm lượng 2% thì kết quả biến dạng dài hạn lại có

giá trị lớn hơn. Như vậy hàm lượng cốt thép dọc đã ảnh hưởng đến biến dạng dài hạn của kết cấu Bê tông cốt thép.

Tổng giá trị biến dạng co ngót và từ biến sau thời gian 487 ngày là $774,4 \times 10^{-6}$ mm/mm với mẫu 1,5%, bằng 686×10^{-6} mm/mm với mẫu 2%. Các giá trị này xấp xỉ bằng 3 lần giá trị biến dạng tức thời.

3. Kết luận

- Biến dạng dài hạn xảy ra chủ yếu trong năm đầu tiên chịu tải;
- Hàm lượng cốt thép có ảnh hưởng đáng kể đến biến dạng dài hạn của các mẫu;
- Biến dạng từ biến của bê tông có giá trị lớn hơn so với biến dạng co ngót;
- Tổng biến dạng từ biến và co ngót sau 487 ngày gần bằng 3 lần so với biến dạng tức thời.

Các kết quả thí nghiệm này đã được tiến hành công phu, đảm bảo độ tin cậy và có thể dùng vào phân tích các nghiên cứu có liên quan.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Phan Quang Minh, chủ biên (2013). Kết cấu Bê tông cốt thép. Phần cấu kiện cơ bản. Nhà Xuất bản KHKT.
- [2] TCVN 3105 : 1993. Hỗn hợp bê tông và bê tông nặng - Lấy mẫu, chế tạo và bảo dưỡng mẫu thử.
- [3] TCVN 3118 : 1993 (1993). Bê tông nặng - Phương pháp xác định cường độ nén.
- [4] ASTM C512-87. Standard Test Method for Creep of Concrete in Compression.
- [5] AS 1012.16. Determination of creep of concrete cylinder in compression.
- [6] Raymond Ian Gilbert and Gianluca Ranzi (2011). Time-Dependent Behaviour of Concrete Structures.
- [7] RILM TC 107- CSP. Measurement of time-dependent strains of concrete.

Ngày nhận bài: 29/8/2016.

Ngày nhận bài sửa lần cuối: 10/10/2016.