

NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM XÁC ĐỊNH TỔN HAO ỨNG SUẤT TRƯỚC DO TỪ BIẾN VÀ CO NGÓT CỦA BÊ TÔNG

ThS. HOÀNG QUANG NHU

Vụ Khoa học công nghệ – Bộ Xây dựng

1. Mở đầu

Nhiều nhà khoa học trên thế giới đã tiến hành nghiên cứu thực nghiệm để xác định tổn hao ứng suất trước do từ biến và co ngót của bê tông. Các nhà khoa học đã nghiên cứu bằng các thí nghiệm trong phòng cũng như các thí nghiệm đo số liệu trực tiếp các kết cấu trên công trình thực. Trong các nghiên cứu thực nghiệm tổn hao ứng suất trước, việc xác định riêng từng thành phần tổn hao do từ biến và co ngót được thực hiện bằng cách đo biến dạng của bê tông và cốt thép của mẫu ứng suất trước, đồng thời khảo sát biến dạng của cấu kiện không chịu ứng suất trước được chế tạo cùng bê tông, có cùng kích thước (gọi là cấu kiện “sinh đôi”) và đặt ở cùng điều kiện môi trường như các cấu kiện ứng suất trước.

Bài báo này trình bày thí nghiệm khảo sát tổn hao ứng suất trước do từ biến và co ngót của bê tông đối với cấu kiện ứng suất trước căng trước chịu nén đúng tâm do tác giả thực hiện tại phòng thí nghiệm Kết cấu công trình – Viện KHCN xây dựng.

2 Thiết bị và phương pháp đo

Thiết bị đo biến dạng của bê tông trong các thí nghiệm về từ biến và co ngót thường sử dụng loại đồng hồ đo biến dạng có độ chính xác tới 0.001 mm, thiết bị comparator, tenzomet dây rung và các tenzomet cảm biến điện trở [2]. Một số thí nghiệm cũng đã dùng phân tích biến dạng bằng vân Moire để khảo sát biến dạng dài hạn của cấu kiện ứng suất trước. Phương pháp đo bằng comparator rất phù hợp với việc đo biến dạng dài hạn, tuy nhiên đòi hỏi người thực hiện đo phải có kỹ năng cao. Phương pháp đo bằng tenzomet cảm biến điện trở cho phép đo được các biến dạng nhỏ (co ngót, từ biến) thuận tiện cho việc đo ghi số liệu (phối hợp với máy ghi tự động), có thể chủ động đo được nhiều điểm trên kết cấu, tuy nhiên nó cũng có nhược điểm là không bền trong điều kiện nhiệt ẩm của môi trường khi phải thực hiện các thí nghiệm dài hạn.

Khi đo biến dạng của cốt thép ứng suất trước (kể cả các thí nghiệm cấu kiện chịu nén đúng tâm và cấu kiện chịu uốn) thường dùng hai tenzomet đo biến dạng ở hai mặt đối nhau và nằm trên một trục đối xứng của tiết diện cốt thép. Các tenzomet cảm biến điện trở này được bảo vệ không bị ảnh hưởng khi đổ và đầm bê tông.

3. Mô hình thí nghiệm cấu kiện nén đúng tâm

Việc xác định tổn hao ứng suất trước do từ biến và co ngót của bê tông được tiến hành trên các mẫu có kích thước tiết diện 120x120 mm, chiều dài 150mm [3, 4, 6, 7]. Cốt thép căng trước là một thanh cường độ cao đặt chính giữa tiết diện ngang của cấu kiện.

Ưu thế của thí nghiệm với mô hình cấu kiện chịu nén đúng tâm là kết quả thí nghiệm không bị ảnh hưởng của các vết nứt hay sự phân bố ứng suất không đều trong tiết diện bê tông như các thí nghiệm bằng mô hình cấu kiện chịu uốn.



Hình 4. Đo biến dạng bằng đồng hồ và Comparator

4. Xác định tổn hao ứng suất trước bằng kết quả thí nghiệm

Các số liệu biến dạng đo được là tạo bởi nhiều thành phần khác nhau gây ra biến dạng. Để xác định sự thay đổi biến dạng và ứng suất tương ứng do tổn hao ứng suất trước phải tách nó ra khỏi các thành phần khác. Những thành phần này gồm ảnh hưởng nhiệt độ và ảnh hưởng của trọng lượng bản thân cấu kiện. Những ảnh hưởng này cần tính toán loại bỏ để xác định thay đổi biến dạng do tổn hao ứng suất trước.

Với cách đo trực tiếp biến dạng của cốt thép ứng lực trước để tính toán tổn hao ứng suất trước theo thời gian, các nhà khoa học cho rằng việc tính toán dựa vào số liệu đo được có thể không cần kể đến ảnh hưởng của chùng ứng suất trong cốt thép (vì chùng ứng suất không làm thay đổi chiều dài thép và ảnh hưởng của nó rất nhỏ đến biến dạng từ biến).

Trên cơ sở chia ra hai loại tổn hao ứng suất trước (tức thời và dài hạn) nên cần phải có hai thời điểm tham chiếu khác nhau. Tổn hao tức thời, do co đàn hồi, có điểm tham chiếu (hoặc mốc) là số đọc cuối cùng trước khi cắt cốt thép ứng suất trước. Điểm cuối cùng để xác định co đàn hồi là số đọc đầu tiên ngay sau khi cắt xong tất cả cốt thép. Điểm này cũng được dùng làm điểm tham chiếu (hoặc mốc) cho việc xác định tổn hao ứng suất trước theo thời gian.

Khi tiến hành nghiên cứu thực nghiệm tổn hao ứng suất trước theo thời gian, chúng ta đo được tổng biến dạng từ biến và co ngót của bê tông của các cấu kiện ứng suất trước. Đồng thời trên các cấu kiện không chịu ứng suất "sinh đôi", chúng ta đo được biến dạng co ngót. Tổn hao tổng cộng ứng suất trong cốt thép ứng suất trước do từ biến và co ngót của bê tông được tính theo công thức 1 [6, 7].

$$\left(\sigma_{\pi} + \sigma_{ay} \right) = \left(\varepsilon_{\pi} + \varepsilon_{ay} \right) E_H \quad (1)$$

Trong đó: E_H - mô đun đàn hồi của thép ứng suất trước;

ε_{ay} - biến dạng co ngót,

ε_{π} - biến dạng từ biến.

σ_{ay} - tổn hao ứng suất do co ngót, và

σ_{π} - tổn hao ứng suất do từ biến.

Tổn hao ứng suất trong cốt thép ứng suất trước do co ngót của bê tông được tính theo công thức 2 [6, 7].

$$\sigma_{ay} = \varepsilon_{ay} \cdot E_H \quad (2)$$

Tổn hao ứng suất trong cốt thép ứng suất trước do từ biến của bê tông được tính bằng hiệu của tổng tổn hao do từ biến và co ngót $\left(\sigma_{\pi} + \sigma_{ay} \right)$ trừ đi tổn hao do co ngót $\left(\sigma_{ay} \right)$. Đồng thời cũng có thể tính tổn hao ứng suất trong cốt thép ứng suất trước do từ biến của bê tông theo công thức 3 [6, 7].

$$\sigma_{\pi} = \varepsilon_{\pi} E_H \quad (3)$$

Khi tiến hành tính toán tổn hao ứng suất thông qua các số liệu biến dạng đo được bằng thí nghiệm cần phải có các hiệu chỉnh số liệu đo do ảnh hưởng của nhiệt độ môi trường.

5. Vật liệu chế tạo và bảo dưỡng mẫu

+ Bê tông mác 300 có thí nghiệm xác định f_c , E_b theo thời gian bằng cách nén các mẫu đúc kèm theo. Cấp phối bê tông được thiết kế theo vật liệu sẵn có tại phòng thí nghiệm.

+ Cốt thép căng trước:

- Thép loại Strands, đường kính $D=10.7$ mm, diện tích tiết diện $A_p = 89.875$ mm².

- Cường độ giới hạn $f_{pu} = 1460$ MPa

- Mô đun đàn hồi của thép $E_p = 1,95 \cdot 10^6$ MPa

+ Tất cả mẫu được bảo dưỡng 5 ngày bằng bao tải ướt.

6. Thiết bị thí nghiệm và phương án chất tải

6.1 Thiết bị thí nghiệm

+ Máy đo TDS 601 và bộ chuyển kênh 50 đầu đo;

+ Thiết bị Comparator (hãng Matest);

+ Đầu đo lực (Load cell) loại Sokki-Tokyo;

+ Kích thủy lực Enerpac và bơm + phụ kiện.

6.2 Phương án chất tải

Căng cốt thép trên bộ chế tạo bằng thép hình. Lực căng trước trong cốt thép 7.41 tấn.

6.3 Số lượng mẫu thí nghiệm và mẫu thử.

Số lượng mẫu thí nghiệm và mẫu thử như trong bảng 1.

Bảng 1. Số lượng mẫu thí nghiệm và mẫu thử

Dạng mẫu	Ký hiệu	Số lượng	Kích thước mm	Mục đích TN
Cấu kiện ứng suất trước căng trước, nén đúng tâm (căng cốt thép trên bề)	D1	3	120x120x1500	Xác định tổn hao ứng suất trước do co ngót và từ biến
Cấu kiện không ứng suất trước	DO1	3	120x120x1500	Xác định biến dạng co ngót để tính tổn hao ứng suất trước do từ biến của BT
Mẫu BT lập phương	M1	24	100x100x100	Xác định cường độ BT ở các tuổi khác nhau theo TCVN 356:2005
Mẫu BT hình lăng trụ	M2	24	100x100x400	Xác định mô đun đàn hồi BT ở các tuổi khác nhau theo TCVN 356:2005
Mẫu BT hình trụ	M3	24	150x300	Xác định mô đun đàn hồi BT ở các tuổi khác nhau

6.4 Quan trắc và ghi số liệu

- Kết cấu được buông cốt thép căng ở tuổi 7 ngày, đặt lên các gối tựa theo phương nằm ngang và bắt đầu đo biến dạng của cốt thép và bê tông theo thời gian.
- Các phiến đo biến dạng được bôi sáp và bọc bằng các màng cao su mỏng để chống ẩm và trà xước.
- Thực hiện các phép đo biến dạng ngay trước khi buông cốt thép căng trước và tại các thời điểm sau khi buông cốt thép: 1 h, 3 h, 7 h, 24 h.
- Thời gian tiến hành lấy số đọc:
 - + Mỗi ngày 1 lần trong tuần đầu sau buông cốt thép;
 - + Mỗi tuần 1 lần cho tháng đầu tiên;
 - + Mỗi tháng hai lần cho thời gian tiếp theo.

Đồng thời tiến hành xác định các đặc trưng (cường độ, mô đun đàn hồi) của hai loại mẫu bê tông ngay sau khi buông cốt thép, bê tông tuổi 7, 14, 21, 28, 56, 90 và 180 ngày.

Ngoài ra còn phải tiến hành đo nhiệt độ và độ ẩm của môi trường phòng thí nghiệm tại các thời điểm đo biến dạng trên mẫu thí nghiệm để có căn cứ phân tích số liệu thu được.

7. Kết quả thí nghiệm

Kết quả tính toán được theo số liệu thí nghiệm được thể hiện ở bảng 2, trong đó có thể hiện các giá trị tổn hao ở cùng thời điểm được tính theo tiêu chuẩn [1] và tài liệu hướng dẫn cách tính của Viện Kết cấu bê tông cốt thép Nga [8].

Bảng 2. Giá trị tổn hao ứng suất theo thí nghiệm và theo tính toán lý thuyết

Thời gian (ngày)	Tổng tổn hao			Tổn hao do từ biến			Tổn hao do co ngót		
	Thí nghiệm	Tính theo TCXDVN [1]	Tính theo tài liệu [10]	Thí nghiệm	Tính theo TCXDVN [1]	Tính theo tài liệu [10]	Thí nghiệm	Tính theo TCXDVN [1]	Tính theo tài liệu [10]
7	19.4918	22.3037	18.371	15.665	13.048	13.595	3.826	9.256	4.776
14	32.9875	38.0105	29.453	25.103	22.236	20.325	7.885	15.775	9.127
21	38.6692	49.6702	35.97	28.501	29.057	22.888	10.168	20.614	13.09
28	44.0867	58.6684	41.52	29.541	34.321	24.82	14.546	24.347	16.7
35	49.7422	65.8231	47.366	32.599	38.506	27.377	17.143	27.317	19.998
42	55.1422	71.6482	52.36	36.429	41.914	29.379	18.713	29.734	22.98
62	63.2149	83.5776	65.027	35.936	48.892	34.877	27.278	34.685	30.15
90	75.9944	93.7789	78.704	41.139	54.859	41.246	34.855	38.918	37.457
103	76.610	97.0908	87.278	41.113	58.797	45.557	35.497	40.293	41.721
1501	93.2764	106.123	97.41	48.591	62.081	50.328	36.732	44.041	42.338
90	101.118	108.981	104.46	55.785	63.753	55.342	41.155	45.228	49.11
220	106.489	111.122	108.32	59.418	65.005	57.854	41.699	46.116	50.47
366	110.847	117.621	118.69	66.532	68.807	65.529	44.314	48.814	53.16
545	113.121	120.948	122.08	69.131	70.753	68.52	43.989	50.194	53.55

Giá trị tổn hao ứng suất trước do co ngót (σ_8) và từ biến ($\sigma_8 + \sigma_9$) của bê tông tính theo bảng 6 của TCXDVN 356:2005 là giá trị tương ứng với thời gian 100 ngày ($\varphi_t = 1$). Kết quả bảng trên cho thấy rằng giá trị tổn hao ứng suất trước do từ biến và co ngót của bê tông tính theo tiêu chuẩn dùng cho thiết kế (với $\varphi_t = 1$) chỉ bằng khoảng 80% giá trị tổn hao tính toán ở thời điểm 545 ngày. Mặt khác giá

trị đó lại lớn hơn giá trị tổn hao xác định bằng thực nghiệm tại cùng thời điểm 103 ngày gần 26%. Kết quả tính toán theo tài liệu hướng dẫn của Nga [8] gần với kết quả thí nghiệm hơn so với tính toán theo tiêu chuẩn [1].

7. Nhận xét và kết luận

- Kết quả thí nghiệm cho thấy rằng trong điều kiện chế tạo cấu kiện và điều kiện môi trường phòng thí nghiệm tổn hao ứng suất trước do từ biến và co ngót của bê tông của cấu kiện nhỏ hơn các giá trị tính toán được theo tiêu chuẩn thiết kế và hướng dẫn;
- Trong khoảng thời gian 14 ngày sau khi buông cốt thép tổn hao do từ biến phát triển nhanh hơn so với tính toán lý thuyết còn tổn hao do co ngót phát triển chậm hơn;
- Đồng thời với việc nghiên cứu từ biến và co ngót trong phòng thí nghiệm với điều kiện khống chế chế độ nhiệt ẩm cần tiến hành nghiên cứu đo đạc trực tiếp trên các công trình thực để đánh giá được sai số giữa tính toán dự báo và thực tế làm việc của công trình;
- Đồng thời với việc nghiên cứu về lý thuyết cần tiến hành nghiên cứu thực nghiệm về tổn hao ứng suất trước do từ biến và co ngót của bê tông trong điều kiện Việt Nam để lựa chọn áp dụng phương pháp tính toán phù hợp, cho kết quả tin cậy trong tính toán thiết kế kết cấu bê tông cốt thép ứng suất trước. Trong khi chưa có đủ điều kiện để tiến hành các thí nghiệm một cách đồng bộ có thể tiến hành các thí nghiệm theo mô hình cấu kiện chịu nén đúng tâm để có cơ sở ban đầu phục vụ đánh giá tổn hao ứng suất trước do từ biến và co ngót của bê tông trong điều kiện Việt Nam.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép – Tiêu chuẩn thiết kế, TCXDVN 356:2005, NXB Xây dựng, Hà Nội, 2005.
2. VÕ VĂN THẢO. Phương pháp khảo sát–nghiên cứu thực nghiệm công trình. NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội 2001.
3. ASTM C 512-87 (reapproved 1994). Standard Test Method for Creep of Concrete in Compression.
4. Бетоны–Методы определения деформаций усадки и ползучести. ГОСТ 24544-84.
5. Ю.И РАБОТНОВ, МИЛЕЙКО СЕРГЕЙ ТИХОНОВИЧ. Кратковременная ползучести. М. Наука 1970.
6. И.И УЛИЦКИЙ. Теория и расчёт. Железобетонных стержневых конструкций с учетом длительных процессов. Издательство “Будівельник” Киев 1967.
7. И.И УЛИЦКИЙ, С.В КИРЕЕВА, И.В ФАНТИЛЬ. Потери Предварительного Напряжения от Ползучести и Усадки Бетона в Железобетонных Конструкциях. Государственное Издательство, Киев 1962.
8. Рекомендации по учёту Ползучести и Усадки Бетона при расчете Бетонных и Железобетонных Конструкций. Москва Стройиздат, 1988.