

PHÁT TRIỂN HỆ THỐNG ĐA KÊNH TỰ ĐỘNG DÙNG ĐỂ ĐO CO NGÓT CỦA BÊ TÔNG

AUTOMATIC MULTI-CHANNEL SYSTEM DEVELOPMENT TO MEASURE SHRINKAGE OF CONCRETE

Châu Ngọc Bảo¹, Hồ Đăng Phú², Trần Thanh Tín²

¹Trường Đại học Bách khoa - Đại học Đà Nẵng; cnbao@dut.udn.vn

²Sinh viên lớp 15X1A, Khoa XDDD&CN, Trường Đại học Bách khoa - Đại học Đà Nẵng

Tóm tắt - Hệ thống đa kênh tự động dùng để đo co ngót của bê tông sử dụng thiết bị cảm biến điện tử loại dây rung có độ chính xác và ổn định cao khi đo đặc trong thời gian dài. Nó dễ dàng tháo lắp, di chuyển, tái sử dụng nhiều lần. Thiết bị thu nhận dữ liệu đa kênh có khả năng mở rộng số lượng kênh đo đáp ứng các nguyên cứu với số lượng mẫu lớn. Hệ thống này có khả năng thu nhập số liệu tự động, nhanh chóng, giảm áp lực đo đạc cho các nghiên cứu liên quan. Giao diện quản lý trực quan thể hiện tiến trình thí nghiệm trên biểu đồ và bảng số liệu đo giúp người dùng dễ dàng theo dõi kết quả thí nghiệm. Người dùng có thể lựa chọn so sánh số liệu đo giữa các mẫu thí nghiệm với nhau để có cái nhìn tổng quan về thí nghiệm, lưu trữ số liệu thí nghiệm qua dạng text hoặc bảng tính Excell giúp thuận tiện trong quá trình nhập số liệu, loại bỏ sai số do nhập liệu.

Từ khóa - Co ngót bê tông; thiết bị đo co ngót; đo co ngót tự động; cảm biến đo biến dạng dây rung; thiết bị thu nhận dữ liệu đa kênh

Abstract - Automatic multi-channel system is used to measure shrinkage of concrete using electronic sensors of vibrating wire type with high accuracy and stability when measuring in a long time. It is easy to dismount, move, reuse many times. Multi-channel data acquisition device can expand the number of measuring channels to meet the research with a large number of samples. This system can also automatically and quickly collect data and reduce the measurement pressure for related studies. The interface shows the experimental process on the map and the data sheet helps users easily track the results of the experiment. Users can choose to compare the measurement data among the samples to get an overview of the experiment as well as store experimental data via text or Excell spreadsheet to facilitate the data entry process, remove errors due to data entry.

Key words - concrete shrinkage; shrinkage measuring equipment; automatic concrete shrinkage measurement vibrating wire sensor; multi-channel data-logger

1. Đặt vấn đề

Co ngót là một trong những đặc tính vật lý quan trọng của bê tông. Co ngót cũng chính là nguyên nhân chính gây nên các vết nứt sớm của bê tông dẫn đến hư hỏng công trình xây dựng. Hiện nay, các nghiên cứu về đặc tính co ngót của bê tông, mà đặc biệt là bê tông sử dụng cốt liệu mới tại phòng thí nghiệm của đơn vị đang ngày càng được triển khai với số lượng mẫu thử nghiệm lớn hơn.

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. Thiết bị được sử dụng chủ yếu là đồng hồ đo biến dạng có độ chính xác đến 0,001 mm [1], thiết bị comparators [2], lá điện trở [2, 9]. Thời gian đo – thu số liệu của các nghiên cứu này thường rất dài: 150 ngày liên tục đo co ngót của hỗn hợp vữa chứa tro bay [3], 80 ngày liên tục đo co ngót và từ biến của vữa xây [4], 90 ngày liên tục đo ảnh hưởng của phụ gia làm giảm co ngót của vữa [5], 200 ngày liên tục đo ảnh hưởng phụ gia đến co ngót của vữa xi và bột nhão hoạt tính kiềm [6], 3 năm đo co ngót của xi măng sử dụng pozzolan tự nhiên [7], ...

Tương tự các nghiên cứu trên thế giới, các nhà khoa học trong nước vẫn còn sử dụng các loại thiết bị thủ công để đo đạc các số liệu về co ngót. Đa phần sử dụng các loại đồng hồ đo co ngót cơ hoặc điện tử [2, 8], số ít sử dụng lá điện trở để thu nhận số liệu [2, 9]. Quá trình đo đạc sử dụng thiết bị cảm tay rất tốn thời gian và dễ sai số chủ quan do người đọc.

Vì thế, nhu cầu cấp thiết về thiết bị thí nghiệm đo co ngót của bê tông có khả năng đo đạc tự động, với độ chính xác cao, nhanh chóng, thay thế cho phương pháp đo thủ

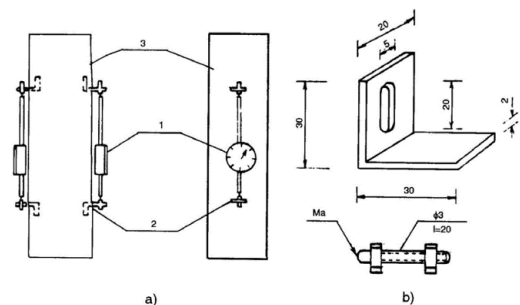
công nhằm giảm áp lực đo đạc số liệu trong thí nghiệm cho các nhà nghiên cứu. Nghiên cứu này đề xuất phương pháp sử dụng hệ thống đa kênh tự động với các cảm biến điện tử loại dây rung để đo co ngót cho bê tông.

2. Tiêu chuẩn áp dụng đo co ngót

Hiện nay, tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 3117:1993, phương pháp xác định độ co (heavyweight concrete - method for determination of shrinkage) vẫn đang sử dụng để đo đạc co ngót bê tông nặng.

Thiết bị kiểm tra tham khảo theo tiêu chuẩn này là đồng hồ đo co ngót chính xác 0,001mm và chốt đo (Hình 1).

Thời gian đo đạt yêu cầu không nhỏ hơn 120 ngày.



Hình 1. Thiết bị đo tham khảo theo TCVN 3117:1993 [1]

3. Các phương pháp đo hiện tại đang được sử dụng

3.1. Phương pháp thủ công sử dụng đồng hồ đo co ngót

Phương pháp này thường sử dụng thiết bị bao gồm: đồng hồ đo co ngót với độ phân giải 0,001 mm (loại đồng hồ cơ hoặc hiện số), thanh tiêu chuẩn, thanh hiệu chuẩn, nút hoặc chốt đo, ... (Hình 2 và 3).



Hình 2. Thiết bị đo thủ công sử dụng đồng hồ cơ [2]



Hình 3. Thiết bị đo sử dụng đồng hồ hiển số độ chính xác 0,001mm của hãng Controls - Ý

Để tiến hành thí nghiệm, các nút đo được gắn trên mẫu thí nghiệm bằng keo dán với khoảng cách được xác định bằng thanh tiêu chuẩn. Trước mỗi lần đo, thiết bị đo cần được chuẩn lại khoảng cách ban đầu bằng thanh hiệu chuẩn (Hình 4).



Hình 4. Thanh hiệu chuẩn

Loại thiết bị này có ưu điểm gọn nhẹ, tái sử dụng thiết bị nhiều lần. Tuy nhiên, thời gian đo kéo dài với những thí nghiệm có số lượng mẫu lớn, dễ sai số khi đo đặc do người thí nghiệm.

3.2. Phương pháp sử dụng lá điện trở đo co ngót

Phương pháp này sử dụng các lá điện trở strain gage dạng $\frac{1}{4}$ Wheatstone bridge (Hình 5) và thiết bị đọc cảm tay hoặc tự động (Hình 6).



Hình 5. Lá điện trở strain gage của hãng CAS – Hàn Quốc



Hình 6. Thiết bị đọc cảm tay (trái) và thiết bị thu nhận tín hiệu đa kênh tự động (phải) hãng GreenTech – Hàn Quốc

Lá điện trở được dán trực tiếp trên bề mặt mẫu thí nghiệm bằng keo dán chuyên dụng. Với loại cảm biến này, có thể đo đặc thủ công bằng thiết bị đọc cảm tay hoặc tự động thông qua thiết bị thu nhận tín hiệu data-logger kết nối với máy tính.

Với phương pháp sử dụng lá điện trở, độ chính xác được nâng cao, có khả năng đo đặc tự động thông qua việc sử dụng data-logger. Tuy nhiên, với phương pháp này, lá điện trở phải dán trực tiếp trên bề mặt mẫu thí nghiệm. Nó không thể sử dụng khi bề mặt mẫu ẩm ướt hoặc độ ẩm bề mặt quá cao. Lá điện trở không thể tái sử dụng, dẫn đến chi phí cho vật tư tiêu hao rất lớn.

4. Phương pháp đo đề xuất

Để khắc phục nhược điểm của hai phương pháp đo đã nêu ở Mục 3, nhóm tác giả đề xuất phương pháp sử dụng hệ thống đa kênh tự động với các cảm biến điện tử loại dây rung để đo co ngót. Khi đo đặc, thiết bị cảm biến strain gauge loại dây rung được gắn trên bề mặt mẫu đo co ngót bằng hai đế (Hình 7).

Thiết bị thu nhận dữ liệu tự động được thiết lập thu dữ liệu theo thời gian cài đặt trước. Thiết bị này có khả năng hoạt động độc lập mà không cần kết nối với máy tính. Dữ liệu thu nhận tự động được lưu lại trong bộ nhớ trong của thiết bị. Người dùng có thể truy xuất, đồng bộ hóa dữ liệu khi kết nối với máy tính thông qua kết nối RS232.

Khi được kết nối với máy tính, phần mềm đã thiết lập sẽ tự động đồng bộ dữ liệu, đồng thời hiển thị các giá trị đo đặc bằng biểu đồ theo thời gian cài đặt sẵn.



Hình 7. Cảm biến strain gauge loại dây rung SJ-2000 hãng SungJin – Hàn Quốc



Hình 8. Thiết bị thu nhận dữ liệu data-logger DPRO3 hãng DAS – Hàn Quốc

5. Thực nghiệm so sánh các phương pháp đo

Thí nghiệm thực tế kiểm chứng khả năng đo đặc của phương pháp đo co ngót mới để làm rõ hơn các ưu nhược điểm của chúng.

5.1. Mẫu thí nghiệm

Thí nghiệm được thực hiện trên 03 mẫu có kích thước 10x10x60 cm. Cấp phối được sử dụng cho mẫu thí nghiệm theo tỉ lệ được ghi trong Bảng 1.

Bảng 1. Tỉ lệ cấp phối bê tông được sử dụng trong thí nghiệm

Xi măng (kg)	Tro bay (kg)	Đá (kg)	Cát (kg)	Nước (kg)
0,9	0,1	3	2	0,5

5.2. Mô tả thí nghiệm

Sau khi đúc mẫu và bảo dưỡng, mẫu được vớt ra để khô bề mặt trong không khí, tiến hành lắp đặt thiết bị cảm biến và các nút tham chiếu để đo thủ công (Hình 9).

Kết nối các cảm biến đo với hệ thống thu nhận tín hiệu đa kênh, thiết lập các thông số cần thiết và lưu lại cấu hình thiết bị (Hình 10). Các lá điện trở được kết nối với bộ chuyển kênh thủ công kết hợp thiết bị đọc cảm tay (Hình 11). Các nút tham chiếu được đo bằng đồng hồ đo co ngót hiện số (Hình 12). Tiến hành thu nhận và ghi chép số liệu ban đầu cho tất cả các thiết bị đo.

Quá trình thu nhận số liệu diễn ra theo thời gian cài đặt trước đối với hệ thống đa kênh đo tự động là 2 giờ/1 lần. Đối với các thiết bị đo thủ công tần suất đo đặc là 1 lần/ngày. Số liệu đo thủ công được ghi chép và nhập vào bảng tính bằng tay.



Hình 9. Lắp đặt các thiết bị đo trên mẫu thí nghiệm



Hình 10. Kết nối hệ thống đa kênh tự động với các cảm biến điện từ loại dây rung thiết lập bắt đầu thu nhận số liệu



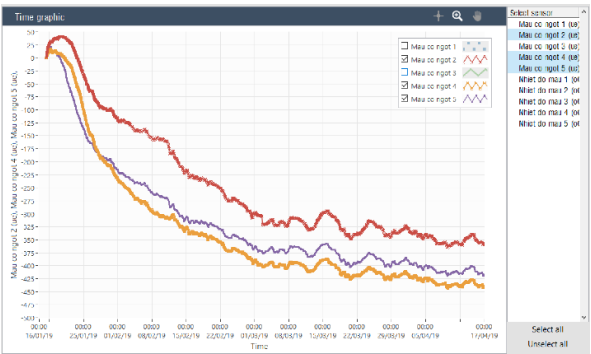
Hình 11. Kết nối hệ thống đo đặc sử dụng lá điện trở đo co ngót bắt đầu ghi giá trị ban đầu



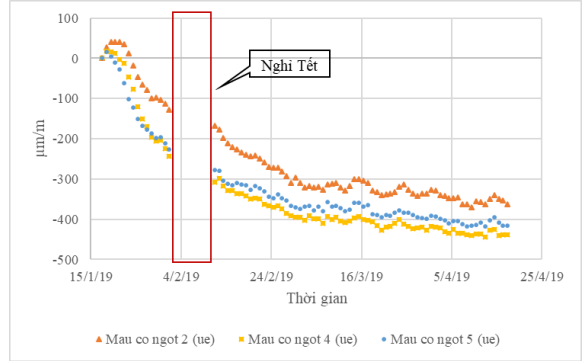
Hình 12. Thu nhận số liệu sử dụng đồng hồ đo co ngót hiện số

5.3. Kết quả thí nghiệm

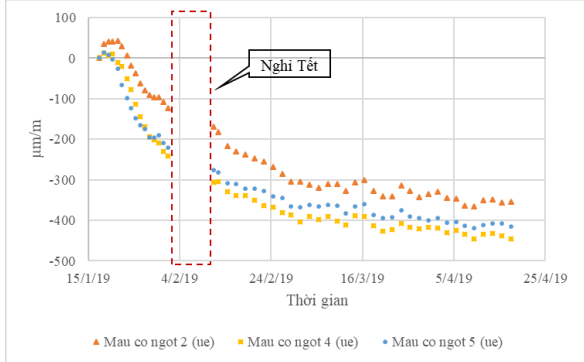
Sau ba tháng theo dõi, số liệu đo đặc ứng với các phương pháp đo với từng mẫu thí nghiệm có độ sai khác nhất định. Độ sai lệch lớn hơn khi dùng phương pháp thủ công sử dụng đồng hồ đo co ngót. Với phương pháp này, ở một số điểm đo, sai lệch lên đến 20 $\mu\text{m}/\text{m}$ so với hai phương pháp sử dụng thiết bị đo điện tử. Kết quả thí nghiệm được thể hiện trong Hình 13-15.



Hình 13. Ảnh chụp màn hình kết quả thí nghiệm từ hệ thống đa kênh tự động.



Hình 14. Biểu đồ kết quả thí nghiệm từ thiết bị đo thủ công sử dụng đồng hồ đo co ngót



Hình 15. Biểu đồ kết quả thí nghiệm từ thiết bị đo thủ công sử dụng lá điện trở

6. Kết quả

Dựa trên quá trình và dữ liệu thí nghiệm, kết quả đánh giá các phương pháp đo được thể hiện trong Bảng 2.

Bảng 2. Đánh giá các phương pháp được sử dụng để đo co ngót bê tông sau thí nghiệm

Đặc tính	Phương pháp đo sử dụng hệ thống đa kênh tự động với các cảm biến điện tử loại dây rung	Phương pháp thủ công sử dụng lá điện trở đo co ngót	Phương pháp thủ công sử dụng đồng hồ đo co ngót
(1)	(2)	(3)	(4)
Độ nhạy của thiết bị đo	1 µm/m	1 µm/m	5 µm/m
Tái sử dụng cảm biến, thiết bị đo	Có	Không	Có
Đo đặc tự động	Có	Có	Không

Đặc tính	Phương pháp đo sử dụng hệ thống đa kênh tự động với các cảm biến điện tử loại dây rung	Phương pháp thủ công sử dụng lá điện trở đo co ngót	Phương pháp thủ công sử dụng đồng hồ đo co ngót
(1)	(2)	(3)	(4)
Chi phí đo đặc	Thấp	Cao	Thấp
Thời gian đo đặc	Rất nhanh	Rất nhanh	Chậm
Sai số do người đo đặc số liệu	Không	Phụ thuộc vào người đo	Phụ thuộc vào người đo
Sai số do nối dài dây dẫn	Không phụ thuộc	Phụ thuộc chiều dài dây	Không sử dụng dây tín hiệu
Độ linh hoạt	Bình thường	Bình thường	Cao

7. Kết luận

Phương pháp đo co ngót sử dụng hệ thống đa kênh tự động với các cảm biến dây rung khẳng định tính ưu việt so với các phương pháp đo đặc khác. Với khả năng tự động hóa quá trình đo đặc, số liệu thu được liên lạc và không bị gián đoạn bởi các điều kiện khách quan như lễ, tết, ... Giảm áp lực trong việc đo đặc số liệu cho người thí nghiệm, đặc biệt khi số lượng mẫu thí nghiệm lớn. Phương pháp này có ưu điểm hơn phương pháp thủ công là có độ chính xác cao hơn, thời gian đo đặc nhanh chóng và tiện lợi trong quá trình sử dụng.

Nghiên cứu này đề xuất phương pháp đo co ngót với thiết bị hiện đại, độ chính xác cao, tiện lợi. Phương pháp này hoàn toàn có thể thay thế các phương pháp sử dụng thiết bị đo thủ công, giảm thiểu thời gian đo đặc, giảm áp lực trong thí nghiệm cho các đề tài nghiên cứu liên quan.

Lời cảm ơn: Bài báo này được tài trợ bởi Trường Đại học Bách khoa - ĐHQĐN với đề tài có mã số: T2018-02-47.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] TCVN 3117:1993, “Bê tông nặng - Phương pháp xác định độ co”, Tiêu chuẩn Việt Nam, 1993.

[2] ThS. Hoàng Quang Nhu, “Xây dựng hàm biểu diễn tổn hao ứng suất trước do từ biến và co ngót của bê tông từ kết quả nghiên cứu thực nghiệm”, *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng*, số 4/2008, Viện khoa học công nghệ xây dựng - IBST, 2008, Số trang (11-14).

[3] Cengiz Duran Atis, Alaettin Kilic, Umur Korkut Sevim, “Strength and shrinkage properties of mortar containing a nonstandard high-calcium fly ash”, *Cement and Concrete Research*, Vol.34, 2004, pp 99-102.

[4] J. J. Brooks, and B. H. Abu Bakar, “Shrinkage and creep of masonry mortar”, *Materials and Structures/Matériaux et Constructions*, Vol. 37, 2004, pp 177-183.

[5] A. B. RibeiroA. GonçalvesA. Carrajola, “Effect of shrinkage reduction admixtures on the pore structure properties of mortars”, *Materials and Structures*, 2006, Volume 39, Issue 2, pp 179–187.

[6] M.Palacios, F. Puertas, “Effect of shrinkage-reducing admixtures on the properties of alkali-activated slag mortars and pastes”, *Cement and Concrete Research*, Vol. 37, Issue 5, May 2007, Pages 691-702.

[7] Warren South, “A study of the compressive strength and drying shrinkage of cementitious binders prepared using natural pozzolans”, *Doctor of Philosophy thesis, School of Civil, Mining and Environmental Engineering*, University of Wollongong, 2009.

[8] Nguyễn Quang Phú, “Các yếu tố ảnh hưởng đến co ngót và một số phương pháp dự đoán co ngót của bê tông tính năng cao (HPC)”, *Tạp chí Khoa học kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường* - Vol. 20, 2008.

[9] TS. Cao Duy Khôi, ThS. Ngô Hoàng Quân, “Hiện tượng co ngót cột trong thiết kế nhà cao tầng và siêu cao tầng bê tông cốt thép”, *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng*, số 2, 2012.