

CÁC YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG ĐẾN CO NGÓT VÀ MỘT SỐ PHƯƠNG PHÁP DỰ ĐOÁN CO NGÓT CỦA BÊ TÔNG TÍNH NĂNG CAO (HPC)

NGUYỄN QUANG PHÚ

NCSTrung Quốc - BM Vật liệu Xây dựng - ĐHTL

Tóm tắt: Để giảm bớt sự hư hỏng của các công trình bê tông, bê tông tính năng cao (HPC) đã được sử dụng một cách rộng rãi, đặc biệt trong các công trình thủy lợi - thủy điện, cầu và công trình ven biển do tính bền của nó là rất triển vọng. Tuy nhiên, vấn đề chứa đựng sự rạn nứt cao do sớm bị co ngót cao, tỷ lệ N/CM thấp và tính giòn của bê tông tính năng cao. Vì thế, tuy HPC đem lại cường độ nén cao và tính thấm thấp, nhưng một phần không tránh khỏi hiện tượng co ngót, từ đó bê tông có thể bị rạn nứt, làm giảm tuổi thọ của công trình bê tông. Để cải thiện vấn đề này, bài viết bước đầu nghiên cứu về các yếu tố ảnh hưởng đến độ co ngót và một số phương pháp dự đoán co ngót của bê tông tính năng cao.

I. ĐỊNH NGHĨA:

Co ngót bê tông: Là độ giảm thể tích của bê tông theo thời gian. Độ giảm đó được bắt nguồn từ sự thay đổi độ ẩm chứa trong bê tông và sự thay đổi tính chất cơ lý trong bê tông mà không chịu một tác động nào từ bên ngoài.

Co ngót của bê tông có mấy dạng cơ bản sau:

- + Hiện tượng tự co (Autogenous shrinkage): xảy ra do quá trình hydrat hóa của xi măng
- + Co khô (Drying shrinkage): xảy ra do sự thiếu hụt độ ẩm trong bê tông trong quá trình bê tông cứng hóa.
- + Co ngót do quá trình cacbonát (Carbonation shrinkage): xảy ra do một vài sản phẩm của quá trình hydrat hóa tác dụng với CO₂.

II. CÁC YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG ĐẾN CO NGÓT CỦA HPC

1. Cốt liệu: Cốt liệu (nhất là cốt liệu lớn: đá) có tác dụng hạn chế được co ngót của vữa xi măng, do đó bê tông chứa hàm lượng cốt liệu lớn sẽ ít bị co ngót hơn.

Pickett [1] tính toán sự co ngót của HPC từ sự co ngót của vữa xi măng, hàm lượng cốt liệu, tính chất của cốt liệu và vữa như sau:

$$S = S_o (1 - g)^\alpha \quad (1-1a)$$

$$\log\left(\frac{S_o}{S}\right) = \alpha \cdot \log\left(\frac{1}{1 - g}\right) \quad (1-1b)$$

Trong đó:

S: Chiều dài co ngót của bê tông

S_o: Chiều dài co ngót của vữa xi măng

g: Thể tích của cốt liệu trên một đơn vị thể tích hỗn hợp bê tông

α: Hằng số đặc trưng cho ảnh hưởng của cốt liệu

$$\alpha = \frac{3 \cdot (1 - \mu)}{1 + \mu + 2 \cdot (1 - 2 \cdot \mu_a) \cdot \frac{E_c(t)}{E_a}} \quad (1-2)$$

Trong đó:

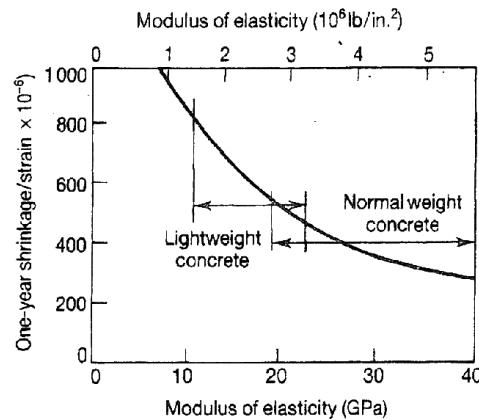
μ: Hệ số Poisson của bê tông

μ_a: Hệ số Poisson của cốt liệu

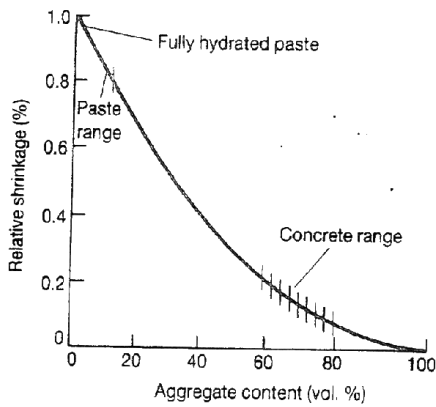
E_c(t): Ảnh hưởng của môđun đàn hồi của bê tông

E_a: Môđun đàn hồi của cốt liệu

Qua đó cho ta thấy: khi cốt liệu có môđun đàn hồi lớn hoặc có bề mặt thô ráp sẽ hạn chế được quá trình co ngót của HPC. Hình 1-1, 1-2 dưới đây cho thấy ảnh hưởng của môđun đàn hồi và hàm lượng của cốt liệu đến co ngót của bê tông.

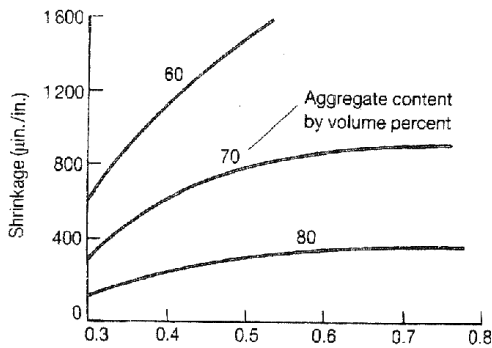


Hình 1-1. Ảnh hưởng môđun đàn hồi của cốt liệu đến co ngót của bê tông [2]



Hình 1-2. Ảnh hưởng của hàm lượng cốt liệu đến co khô của bê tông [2]

2. Hàm lượng nước: Hàm lượng nước trong bê tông càng cao, hiện tượng co ngót càng cao. Hình 1-3 cho thấy mối liên hệ giữa co ngót của bê tông với hàm lượng cốt liệu và tỷ lệ N/X



Hình 1-3. Ảnh hưởng của tỷ lệ N/X và hàm lượng cốt liệu đến co ngót của bê tông [3]

3. Kích thước của bê tông: Tốc độ và tổng độ lớn co ngót của bê tông giảm khi kích thước bê tông tăng lên. Tuy nhiên, khoảng thời gian co ngót của bê tông có thể kéo dài hơn thời gian cần để làm khô phần bê tông phía trong: 1 năm có thể làm khô một độ sâu 25 cm, 10 năm – 60 cm tính từ mặt ngoài bê tông. Vì vậy với kết cấu bê tông lớn hơn thì hiện tượng co khô vẫn tiếp tục được kéo dài theo thời gian.

4. Điều kiện môi trường xung quanh: Độ ẩm của môi trường xung quanh ảnh hưởng rất lớn đến co ngót của bê tông: tốc độ co ngót giảm khi độ ẩm môi trường cao. Ngoài ra nhiệt

độ môi trường cũng ảnh hưởng đến co ngót của bê tông: nhiệt độ thấp, co ngót giảm. Nếu bê tông sau khi tạo hình (sau khoảng 24±4h) được bảo dưỡng trong môi trường nước một thời gian thì hiện tượng co ngót sẽ giảm so với trong môi trường không khí bình thường.

5. Hàm lượng cốt thép trong bê tông: Bê tông cốt thép ít co ngót hơn bê tông không có cốt thép. Tuy nhiên trong bê tông cốt thép, hàm lượng cốt thép là một hàm số của co ngót.

6. Phụ gia: Các loại phụ gia tăng nhanh quá trình đông kết của xi măng trong bê tông (ví dụ CaCl₂) sẽ làm cho co ngót tăng lên. Phụ gia cuốn khí (air entrained admixture) ít nhiều cũng ảnh hưởng đến co ngót của bê tông.

7. Loại xi măng: Xi măng đông kết nhanh, xi măng có hàm lượng C₃A cao sẽ làm cho bê tông co ngót nhiều hơn so với các loại xi măng khác.

III. MỘT SỐ DỰ ĐOÁN KHẢ NĂNG CO NGÓT CỦA BÊ TÔNG TÍNH NĂNG CAO (HPC)

1. Phương pháp Sakata's - SAK: Độ co ngót của HPC được tính theo công thức sau:

$$\varepsilon_{sh}(t, t_0) = \frac{\varepsilon_{sh\infty} \cdot (t - t_0)}{\beta + (t - t_0)} \quad (1-3)$$

Trong đó:

ε_{sh} : Độ co ngót của bê tông

t: Tuổi của bê tông (ngày)

t_0 : Tuổi của bê tông tại thời điểm bắt đầu khô (ngày)

$$\varepsilon_{sh\infty} = \frac{\alpha(1-h) \cdot w}{1 + 150 \exp\left\{-\frac{500}{f_c'}\right\}} \frac{1}{1 + \eta t_0} :$$

Co ngót cuối cùng của bê tông

α : Hệ số phụ thuộc vào loại xi măng,

$\alpha = 10$ đối với xi măng thường,

$\alpha = 8$ đối với xi măng chậm đông kết

h: Độ ẩm

w: Hàm lượng nước (kg/m³)

f_c' : Cường độ nén của bê tông ở tuổi 28 ngày (MPa)

$$\eta = (15 \cdot \exp(0.007 \cdot f_c') + 0.25 \cdot w) \times 10^{-4}$$

$$\beta = \frac{4 \cdot w \cdot \sqrt{\frac{V}{S}}}{100 + 0.7 \cdot t_o}$$

V: Thể tích của mẫu (mm³)

S: Diện tích bề mặt mẫu (mm²)

2. Phương pháp AASHTO-LRFD được Shams và Kahn sửa đổi (2000):

Độ co ngót của HPC được tính theo công thức sau:

$$\varepsilon_{sh}(t, t_o) = \varepsilon_{sh\infty} \cdot k_{vs} \cdot k_H \cdot k_{t_o} \cdot \left[\frac{t - t_o}{f + (t - t_o)} \right]^{0.5} \quad (1-4)$$

Trong đó:

$\varepsilon_{sh\infty}$: Co ngót cuối cùng của bê tông,

$\varepsilon_{sh\infty} = 510\mu\varepsilon$ khi bảo dưỡng bê tông trong nước,

$\varepsilon_{sh\infty} = 560\mu\varepsilon$ khi bảo dưỡng bê tông trong

môi trường khí ẩm

$$t = \sum_1^n \Delta t_i \cdot \exp \left\{ - \left[\frac{4000}{273 + T(\Delta t_i) / T_o} - 13.65 \right] \right\} :$$

số ngày tuổi của bê tông sau n ngày đo giá trị.

$$t_o = \sum_1^{n_o} \Delta t_i \cdot \exp \left\{ - \left[\frac{4000}{273 + T(\Delta t_i) / T_o} - 13.65 \right] \right\} :$$

số ngày tuổi của bê tông kể từ lúc đúc mẫu cho tới khi bê tông bắt đầu co khô.

Δt_i : Khoảng thời gian (ngày) tại nhiệt độ:

$T(\Delta t_i)$ (°C) (°C = 0.556 x °F – 17.778)

$T_o = 1$ °C

$$k_{vs} = \left[\frac{\frac{t}{26 \cdot \exp(0.0142 \cdot V / S) + t}}{\frac{t}{45 + t}} \right] \left[\frac{1.80 + 1.77 \cdot \exp(-0.0216 \cdot V / S)}{2.587} \right] :$$

Hệ số phụ thuộc vào kích thước của mẫu.

V: Thể tích của mẫu (mm³)

S: Diện tích bề mặt mẫu (mm²)

k_H : Hệ số phụ thuộc vào độ ẩm xung quanh,

$k_H = 2.00 - 1.43 \cdot h$ khi $h < 0.80$

$k_H = 4.29 - 4.29 \cdot h$ khi $h \geq 0.80$

h: Độ ẩm

$$k_{t_o} = 0.67 \cdot \exp \left\{ \frac{4.2}{9.45 + t_o} \right\} :$$

Hệ số tại thời điểm bắt đầu bê tông bị co khô

f = 23 ngày

3. Phương pháp ACI 209R-92:

Co ngót của bê tông sau 7 ngày bảo dưỡng trong môi trường không khí ẩm:

$$(\varepsilon_{sh})_t = \frac{t}{35 + t} (\varepsilon_{sh})_u \quad (1-5)$$

Co ngót của bê tông sau 1-3 ngày bảo dưỡng trong nước:

$$(\varepsilon_{sh})_t = \frac{t}{55 + t} (\varepsilon_{sh})_u \quad (1-6)$$

Trong đó:

$(\varepsilon_{sh})_t$: Co ngót của bê tông tại t ngày

$(\varepsilon_{sh})_u$: Co ngót cuối cùng của bê tông

$(\varepsilon_{sh})_u = 780 \cdot \gamma_{sh} \cdot 10^{-6}$ (m/m)

γ_{sh} : Hệ số hiệu chỉnh, phụ thuộc vào loại bê tông

t: thời gian co ngót của bê tông (ngày)

Nhận xét:

Trong 3 phương pháp nêu trên thì phương pháp ACI 209R-92 là đơn giản nhất, nhưng nó chưa đề cập hết được các yếu tố ảnh hưởng đến độ co ngót của bê tông và công thức tính toán mới chỉ xét tới quá trình bảo dưỡng bê tông với một số ngày hạn chế. Tuy nhiên, thực tế bê tông có thể có nhiều phương pháp bảo dưỡng khác nhau và quá trình bảo dưỡng có thể kéo dài hơn. Trong khi đó, phương pháp 1 và 2 đã đề cập đầy đủ tới các yếu tố ảnh hưởng đến độ co ngót của bê tông, như: thời gian bảo dưỡng, độ ẩm xung quanh, quá trình bảo dưỡng, lượng nước chứa trong bê tông, loại xi măng, cường độ bê tông, kích thước mẫu thí nghiệm.... Vì vậy hai phương pháp này tính toán cho kết quả gần với thực tế hơn. Tuy nhiên để đánh giá một cách khách quan, cần phải đúc mẫu thí nghiệm để kiểm chứng độ chính xác của các phương pháp nói trên. Vấn đề này sẽ được đề cập trong những bài báo tiếp theo với những cấp phối HPC cụ thể và điều kiện đúc mẫu, bảo dưỡng mẫu, thí nghiệm mẫu rõ ràng.

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Pickett, G., "Effect of aggregate on shrinkage of concrete and hypothesis concerning shrinkage". *American Concrete Institute -- Journal*, 27(5): 1956. p. 581-590.
- [2]. Mindess, S., and Young, J. F., (1981) *Concrete*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J., 1981, 671 pp.
- [3]. E. G. Nawy, 2000. *Reinforced Concrete: A Fundamental Approach*, 4th ed. (1st ed., 1985), Prentice Hall, Upper Saddle River, N.J.
- [4]. ACI Committee 209, "Prediction of Creep, Shrinkage, and Temperature Effects in Concrete Structures", in *ACI Manual of Concrete Practice*. American Concrete Institute: Farmington Hills, MI. 1997, p. 209R.1-209R.47.
- [5]. Một số tiêu chuẩn ACI, ASTM, AASHTO T & M

Abstract:

THE FACTORS INFLUENCE ON SHRINKAGE AND SOME METHODS TO PREDICT SHRINKAGE OF HPC

To alleviate the deterioration of concrete structures, high performance concrete (HPC) is extensively used, particularly for hydraulic and hydro-power, bridge and marine works, due to its favorable durability characteristics. However, there is a problem with the high cracking tendency of HPC due to its high early shrinkage, low water-cementitious ratio and brittleness. Thus, the HPC advantages of high compressive strength and low permeability are somewhat offset by shrinkage cause cracking, which reduce the service life of concrete structures. To improve this problem, the first goal of this paper is to research some influences on shrinkage and some models to predict shrinkage of HPC.

Keyword: shrinkage: co ngót, aggregate: cốt liệu, modulus of elasticity: môđun đàn hồi, high performance concrete: bê tông tính năng cao

Người phản biện: TS. Nguyễn Như Oanh