



(12) **BẢN MÔ TẢ GIẢI PHÁP HỮU ÍCH THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN
GIẢI PHÁP HỮU ÍCH**

(19) **Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ**

(11)



2-0003233

(51) **C04B 38/00**
2020.01

(13) **Y**

(21) 2-2020-00486

(22) 05/10/2020

(45) 25/07/2023 424

(43) 25/04/2022 409

(73) Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam (VN)

Số 171 Tây Sơn, Phường Trung Liet, Quận Đống Đa, Thành Phố Hà Nội

(72) NGUYỄN THANH BẰNG (VN); ĐINH HOÀNG QUÂN (VN); NGUYỄN TIẾN TRUNG (VN).

(54) QUY TRÌNH SẢN XUẤT BÊ TÔNG CHẤT KẾT DÍNH KIỂM HOẠT HÓA SỬ DỤNG TRO BAY VÀ XỈ LÒ CAO

(57) Giải pháp hữu ích đề cập đến quy trình sản xuất bê tông chất kết dính kiểm hoạt hóa sử dụng tro bay và xỉ lò cao, quy trình này bao gồm các bước sau:

Bước 1: Thí nghiệm vật liệu đầu vào (để xác định phẩm chất vật liệu), vật liệu đầu vào gồm có: cát xây dựng, đá dăm, hạt kích hoạt (Natri hydroxit (NaOH), Natri silicat (Na_2SiO_3)), nước;

Bước 2: Lựa chọn mác bê tông thiết kế và cường độ yêu cầu;

Bước 3: Xác định $\%\text{Na}_2\text{O}$, $\%\text{BFS}$, N/TX

Bước 4: Chọn lượng nước ban đầu N (lít) cho 1 m^3 bê tông;

Bước 5: tính tổng lượng tro bay, xỉ lò cao sử dụng (M_{TX});

Bước 6: Xác định thành phần dung dịch hoạt hóa (m_{NaOH} , $m_{\text{Na}_2\text{SiO}_3}$ và $m_{\text{H}_2\text{O}}$);

Bước 7: xác định hệ số dư vừa hợp lý được xác định bằng cách tra Bảng 1 dựa vào mô đun độ lớn của cát và thể tích hồ xi măng (V_h);

Bước 8: xác định lượng đá dăm hay sỏi (Đ)

Bước 9: xác định lượng cát (C);

Bước 10: kiểm tra bằng thực nghiệm;

Bước 11: điều chỉnh cấp phối sau khi đã kiểm tra bằng thực nghiệm.

Bước 12: trộn đổ bê tông

Bước 13: bảo dưỡng bê tông



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế thuộc lĩnh vực công nghệ vật liệu xây dựng, cụ thể là sáng chế đề cập đến quy trình sản xuất bê tông chất kết dính kiềm hoạt hóa sử dụng tro bay và xỉ lò cao (không sử dụng xi măng) dùng trong xây dựng.

Tình trạng kỹ thuật của giải pháp hữu ích

Hiện nay, hàng năm các nhà máy nhiệt điện, luyện kim thải ra môi trường hàng chục tấn tro, xỉ và ngày càng làm tro vẩn đề ô nhiễm môi trường trở nên nghiêm trọng. Trước thực trạng đó Thủ tướng chính phủ đã ký quyết định số 452/QĐ-TTg về việc phê duyệt “Đề án đẩy mạnh xử lý, sử dụng tro, xỉ, thạch cao của các nhà máy nhiệt điện, hóa chất, phân bón để làm nguyên liệu sản xuất vật liệu xây dựng và sử dụng trong các công trình xây dựng”.

Biến đổi khí hậu và bảo vệ môi trường đang là hai vấn đề “nóng” không chỉ ở Việt Nam mà còn trên toàn thế giới. Với đường bờ biển dài hơn 3200 km và 75% dân số sống gần biển, nước ta được đánh giá là một trong 5 quốc gia chịu tác động mạnh nhất do hậu quả của biến đổi khí hậu. Ứng phó với hiện tượng này đang là một nhiệm vụ cấp bách của Chính phủ và nhân dân Việt Nam, hành động cụ thể là năm 2016, chúng ta đã ký kết Hiệp định Paris về biến đổi khí hậu và cam kết đến năm 2030 sẽ cắt giảm 8÷25% lượng phát thải khí nhà kính. Tuy nhiên, theo Bộ Tài nguyên môi trường, lượng khí nhà kính của Việt Nam rất đáng báo động, đặc biệt mức phát thải đang liên tục tăng, từ mức trên 150,1 triệu tấn CO₂ trong năm 2000 lên 225,6 triệu tấn năm 2010 và dự tính con số này là 466 triệu tấn vào năm 2020. Trong đó, phát thải trong lĩnh vực sản xuất xi măng chiếm một tỉ lệ không nhỏ. Theo U.S. Geological Survey (2012), nền công nghiệp xi măng của nước ta đứng trong top 10 nước có nền sản xuất xi măng lớn nhất thế giới. Theo thống kê của Hiệp hội Xi măng Việt Nam, đến năm 2016 nhu cầu tiêu thụ xi măng của Việt Nam vào khoảng 60 triệu tấn, dự báo đến năm 2020 nhu cầu tiêu thụ trong nước có thể lên tới 80÷82 triệu tấn/năm. Một vài nghiên cứu đã chỉ ra rằng để sản xuất 1 tấn xi măng cần tiêu hao lượng nhiên liệu tương đương 100kg dầu diesel và thải ra môi trường khoảng 1 tấn khí thải nhà kính. Như vậy, riêng lĩnh vực xi măng đã phát thải khoảng 80÷82 triệu tấn CO₂, chiếm hơn 17% tổng lượng phát thải của cả nước. Ngoài ra, ngành công nghiệp sản xuất xi măng còn gây những tác hại khôn lường đến môi trường và sinh thái khi các núi đá vôi đang dần dần biến mất. Chính vì vậy, việc nghiên cứu sử dụng một loại chất kết dính mới cho bê tông, vừa đảm bảo yêu cầu kinh tế-kỹ thuật đồng thời phải “thân thiện với môi trường”, nhằm thay thế cho xi măng truyền thống là rất quan trọng.

Thực hiện những chủ trương lớn của Chính phủ về giảm phát thải nhằm bảo vệ môi trường, đối với tro bay và xỉ lò cao, những năm qua nhiều nỗ lực tích cực đã được thực hiện trong việc xử lý tro, xỉ, ví dụ như sử dụng làm phụ gia khoáng trong xi măng; thay thế một phần sét để sản xuất Clanhke xi măng; thay thế một phần sét để sản xuất gạch không nung; dùng trong Bê tông đầm lăn; làm vật liệu san lấp mặt bằng công trình, hoàn nguyên

mở, làm đường giao thông, cải thiện đất nông nghiệp,... Tuy nhiên, những ứng dụng này không đủ để sử dụng hoàn toàn tro bay và xỉ được tạo ra. Phần còn lại là chất thải, và phải được trữ trong các bãi xỉ thải. Trong tương lai, khi các hạn chế xử lý nghiêm ngặt hơn, thu hẹp không gian bãi xỉ thải và chi phí xử lý leo thang là điều không thể tránh khỏi, do đó bắt buộc phải phát triển thêm các kỹ thuật tái chế mới cho tro, xỉ.

Hướng nghiên cứu bê tông geopolyme đã bắt đầu được triển khai ở Việt Nam những năm gần đây như là một giải pháp góp phần khai thác sử dụng tro, xỉ giảm thiểu ô nhiễm môi trường, tuy nhiên việc ứng dụng vào thực tế còn rất hạn chế bởi:

- Đối với bê tông geopolyme sử dụng tro bay: Hạn chế lớn nhất là đóng rắn và phát triển cường độ rất chậm ở điều kiện nhiệt độ môi trường nên bê tông geopolyme tro bay khó có thể ứng dụng để đổ bê tông tại chỗ. Điều kiện bảo dưỡng ở nhiệt độ 65-90°C cùng với sự kiểm soát nghiêm ngặt về chế độ nhiệt và độ ẩm khiến cho geopolyme tro bay chỉ có thể chế tạo cấu kiện đúc sẵn trong nhà máy. Điều này ảnh hưởng không nhỏ tới sự phổ biến rộng rãi của bê tông geopolyme tro bay trong lĩnh vực xây dựng.

- Đối với bê tông geopolyme xỉ: Hiện tượng co khô là một nhược điểm lớn của chất kết dính kiềm hoạt hóa xỉ lò cao và cần khắc phục nếu muốn thay thế xi măng Portland truyền thống.

Trước thực trạng đó, để có thể tăng khả năng ứng dụng của bê tông chất kết dính kiềm hoạt hóa trong thực tế cần phải có giải pháp công nghệ hiệu quả hơn để khắc phục những nhược điểm trên của các dạng bê tông chất kết dính kiềm hoạt hóa đã nêu ở trên, tức là: phải tạo ra được loại bê tông chất kết dính kiềm hoạt hóa có khả năng đóng rắn ở điều kiện nhiệt độ thường, hạn chế được hiện tượng nứt do co khô, v.v...

Dựa trên kết quả phân tích những tồn tại ở trên và cơ chế của quá trình đóng rắn tro bay và xỉ lò cao, cụ thể là: Quá trình phản ứng của xỉ lò cao kích hoạt tro bay, cho phép nó phản ứng ở nhiệt độ phòng. Đồng thời, quá trình polyme hóa của tro bay lấp đầy các lỗ rỗng xuất hiện trong sản phẩm phản ứng của xỉ lò cao, và do đó giảm hiện tượng co khô và vi nứt trong vữa xỉ lò cao. Như vậy, sự kết hợp tro bay và xỉ lò cao sẽ giải quyết được những hạn chế khi sử dụng riêng lẻ từng loại vật liệu này.

Bản chất kỹ thuật của giải pháp hữu ích

Mục đích của giải pháp hữu ích là đề xuất quy trình sản xuất bê tông chất kết dính kiềm hoạt hóa sử dụng tro bay và xỉ lò cao có thể đóng rắn trong điều kiện nhiệt độ thường để thay thế bê tông xi măng truyền thống góp phần bảo vệ môi trường, khắc phục được những nhược điểm của các loại bê tông đã biết.

Bê tông chất kết dính kiềm hoạt hóa tro bay và xỉ lò cao gồm các thành phần sau:

- + Tro bay;
- + Xỉ lò cao nghiền mịn (xỉ luyện gang);
- + Chất kích hoạt (NaOH, Na₂SiO₃);
- + Cát xây dựng (cát vàng, cát nghiền);

+ Đá dăm (sỏi);

+ Nước.

Trong đó: tro bay, xỉ lò cao được xem là chất kết dính; NaOH, Na_2SiO_3 là chất hoạt hóa tro, xỉ; cát, đá dăm (sỏi) là cốt liệu; Nước vừa là dung môi cho các phản ứng vừa để tạo độ lưu động cho hỗn hợp bê tông.

Quy trình sản xuất bê tông chất kết dính kiềm hoạt hóa sử dụng tro bay và xỉ lò cao bao gồm các bước sau:

Bước 1: Thí nghiệm vật liệu đầu vào (để xác định phẩm chất vật liệu), vật liệu đầu vào gồm có: cát xây dựng, đá dăm, hất kích hoạt (Natri hydroxit (NaOH), Natri silicat (Na_2SiO_3)), nước;

Bước 2: Lựa chọn mác bê tông thiết kế và cường độ yêu cầu;

Bước 3: Xác định $\%\text{Na}_2\text{O}$, $\%\text{BFS}$, N/TX

Bước 4: Chọn lượng nước ban đầu N (lít) cho 1 m^3 bê tông;

Bước 5: tính tổng lượng tro bay, xỉ lò cao sử dụng (M_{TX});

Bước 6: Xác định thành phần dung dịch hoạt hóa (m_{NaOH} , $m_{\text{Na}_2\text{SiO}_3}$ và $m_{\text{H}_2\text{O}}$);

Bước 7: xác định hệ số dư vữa hợp lý được xác định bằng cách tra Bảng 1 dựa vào mô đun độ lớn của cát và thể tích hồ xi măng (V_h);

Bước 8: xác định lượng đá dăm hay sỏi (Đ)

Bước 9: xác định lượng cát (C);

Bước 10: kiểm tra bằng thực nghiệm;

Bước 11: điều chỉnh cấp phối sau khi đã kiểm tra bằng thực nghiệm.

Bước 12: trộn đổ bê tông

Bước 13: bảo dưỡng bê tông

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Hình 1. Sơ đồ quy trình tính toán thành phần cấp phối bê tông CKD KHH

Hình 2. Biểu đồ quan hệ giữa cường độ nén R_{28} và tỷ lệ N/TX với tỷ lệ $\%\text{Na}_2\text{O}$ khác nhau - $\%\text{BFS}=50\%$

Hình 3. Biểu đồ quan hệ giữa cường độ nén R_{28} và tỷ lệ N/TX với tỷ lệ $\%\text{Na}_2\text{O}$ khác nhau - $\%\text{BFS}=40\%$

Hình 4. Biểu đồ quan hệ giữa cường độ nén R_{28} và tỷ lệ N/TX với tỷ lệ $\%\text{Na}_2\text{O}$ khác nhau - $\%\text{BFS}=30\%$

Mô tả chi tiết giải pháp hữu ích

Như được thể hiện trên Hình 1, quy trình sản xuất bê tông chất kết dính kiềm hoạt hóa sử dụng tro bay và xỉ lò cao tro bay, xỉ lò cao bao gồm các bước:

Bước 1: Thí nghiệm vật liệu đầu vào (để xác định phẩm chất vật liệu), vật liệu đầu vào gồm có: cát xây dựng, đá dăm, hất kích hoạt (Natri hydroxit (NaOH), Natri silicat (Na_2SiO_3)), nước.

Bước 2: Lựa chọn mác bê tông thiết kế và cường độ yêu cầu

$$R_{28} = R_{yc} \cdot k_1 \cdot k_2$$

Với:

R_{28} là cường độ nén của bê tông chất kết dính kiềm hoạt hoá (CKD KHH) trong phòng thí nghiệm ứng với mẫu lập phương $15 \times 15 \times 15$ cm ở tuổi 28 ngày (Mpa);

k_1 là hệ số an toàn, lấy bằng 1.2 đối với máy trộn thủ công, 1.1 đối với trạm trộn tự động (hệ số k_1 sẽ được điều chỉnh sau khi thử nghiệm tại hiện trường);

k_2 là hệ số phẩm chất cốt liệu lấy giá trị tương tự như bê tông xi măng;

R_{yc} là cường độ bê tông yêu cầu tương ứng với mác bê tông thiết kế (Mpa).

Bước 3: Xác định $\%\text{Na}_2\text{O}$, $\%\text{BFS}$, N/TX

Trên cơ sở các phương trình hồi quy về quan hệ giữa cường độ nén R_{28} và chi phí vật tư với các thông số $\%\text{Na}_2\text{O}$, $\%\text{BFS}$ (% xỉ lò cao), N/TX đã được nhóm nghiên cứu thí nghiệm, tính toán công phu, từ cường độ nén yêu cầu (R_{28}), ta có thể xác định được một cách đơn giản và trực quan các giá trị $\%\text{Na}_2\text{O}$, $\%\text{BFS}$, N/TX trên các biểu đồ tra sẵn như được thể hiện trên các Hình 2, Hình 3, Hình 4. Từ đó lựa chọn được tỷ lệ Na_2O từ 4% đến 6%, tốt hơn là $\%\text{Na}_2\text{O}$ là 4%, tốt hơn nữa là 5%, tốt nhất là 6%; tỷ lệ $\%\text{BFS}$ từ 30% - 50%, tốt hơn là $\%\text{BFS}$ là 30%, tốt hơn nữa là 40%, tốt nhất là 50%, tỷ lệ N/TX từ 0,35 - 0,65, tốt hơn là tỷ lệ N/TX là 0,35; 0,4; 0,45; 0,50; 0,55; 0,60; 0,65; tương ứng với cường độ nén R_{28} từ 15 đến 80 MPa

Bước 4: Chọn lượng nước ban đầu N (lít) cho 1 m^3 bê tông.

Lượng nước ban đầu (N) được lấy bằng $160 \div 165$ lít cho 1 m^3 bê tông CKD KHH ứng với đường kính lớn nhất của cốt liệu $D_{\max} = 20$ mm, cát có mô đun độ lớn $M_{dl} = 2,5 - 3$, xỉ lò cao có độ mịn S75.

Khi dùng cát có $M_{dl} = 2,0 - 2,4$, lượng nước được cộng thêm 5 lít; khi dùng cát có $M_{dl} = 1,5 - 1,9$, lượng nước được cộng thêm 10 lít.

Khi dùng đá dăm có $D_{\max} = 10\text{mm}$, lượng nước được cộng thêm 5 lít; khi dùng đá dăm có $D_{\max} = 40\text{mm}$, lượng nước được giảm đi 5 lít.

Khi dùng xỉ lò cao có độ mịn S95, lượng nước được cộng thêm 5 lít; khi dùng xỉ lò cao có độ mịn S105, lượng nước được cộng thêm 12 lít.

Lượng nước có thể điều chỉnh trong thực tế để phù hợp với điều kiện thi công nhưng không nên vượt quá 190 lít cho 1 m^3 bê tông.

Bước 5: tính tổng lượng tro bay, xỉ lò cao sử dụng (M_{TX})

Tổng lượng tro bay, xỉ lò cao sử dụng cho 1 m³ bê tông được xác định theo công thức sau:

$$M_{TX} = N : N/TX$$

Tổng lượng tro bay, xỉ lò cao không nên thấp hơn 250kg/m³ vì khi đó lượng vữa ít ($V_h=273$ lít) sẽ ảnh hưởng tới độ sụt và các tính chất cơ lý khác của bê tông, hơn nữa với hàm lượng tro+xỉ thấp hơn 250kg, qua thực nghiệm tính ổn định cường độ của bê tông thấp, khó kiểm soát; không nên cao quá 450kg/m³ vì khi đó chi phí tăng nhiều nhưng cường độ tăng không đáng kể, ngoài ra hàm lượng tro+xỉ lớn hỗn hợp bê tông bị quánh, khó thi công. Tốt nhất nên lấy M_{TX} nằm trong khoảng 300÷400kg cho 1 m³ bê tông.

Bước 6: Xác định thành phần dung dịch hoạt hóa (m_{NaOH} , $m_{Na_2SiO_3}$ và m_{H_2O})

Khi đã biết %Na₂O, %BFS, M_{TX} , M_s và thành phần hóa học của thủy tinh lỏng:

Ta xác định được thành phần dung dịch hoạt hóa và hàm lượng tro bay, xỉ lò cao theo các công thức sau:

Thành phần cấp phối	Ký hiệu	Cách tính toán
Xỉ lò cao	m_{BFS}	$\%BFS * M_{TX}$
Tro bay	m_{FA}	$M_{TX} - m_{BFS}$
Xút vẩy	m_{NaOH}	$1,29 * \%Na_2O * m_{CKD} * \left(1 - M_s * \frac{\%Na_2O_{ttl}}{\%SiO_{2ttl}}\right)$
Thủy tinh lỏng (dd)	$m_{Na_2SiO_3}$	$M_s * m_{CKD} * \frac{\%Na_2O}{\%SiO_{2ttl}}$
Nước (thêm)	m_{H_2O}	$N - m_{ttl} * \%H_2O_{ttl}$

Trong đó:

%Na₂O Tỷ lệ khối lượng giữa Na₂O có trong dung dịch hoạt hóa và tổng chất kết dính (%)

M_s Tỷ lệ khối lượng giữa SiO₂ và N₂O trong dung dịch hoạt hóa, nên nằm trong khoảng 1÷1.5. Theo kết quả nội dung 3, có thể lấy $M_s=1.2$.

%BFS Tỷ lệ khối lượng xỉ lò cao và tổng khối lượng tro bay, xỉ lò cao sử dụng (%)

M_{TX}	Tổng khối lượng tro bay + xỉ lò cao trong $1m^3$ bê tông (kg)
$\%SiO_{2ttl}$	Tỷ lệ khối lượng của thành phần SiO_2 có trong dung dịch thủy tinh lỏng (%)
$\%Na_2O_{tt}$	Tỷ lệ khối lượng của thành phần Na_2O có trong dung dịch thủy tinh lỏng (%)
$\%H_2O_{ttl}$	Tỷ lệ khối lượng của thành phần H_2O có trong dung dịch thủy tinh lỏng (%)
m_{CKD}	Tổng khối lượng phần rắn của chất kết dính, bao gồm tro bay, xỉ lò cao và phần rắn trong dung dịch hoạt hóa (kg), được tính theo công thức:

$$m_{CKD} = \frac{M_{TX}}{1 - \%Na_2O * (1 + M_s)}$$

Bước 7: xác định hệ số dư vữa hợp lý được xác định bằng cách tra Bảng 1 dựa vào mô đun độ lớn của cát và thể tích hồ xi măng (V_h):

$$V_h = \frac{m_{FA}}{\gamma_{aFA}} + \frac{m_{BFS}}{\gamma_{aBFS}} + \frac{m_{DDHH}}{\gamma_{aDDHH}}$$

Bảng 1. Hệ số dư vữa hợp lý (K_d) dùng cho hỗn hợp bê tông CKD KHH

(Tham khảo “Chỉ dẫn kỹ thuật chọn thành phần bê tông các loại” theo QĐ số 778/1998/QĐ-BXD ngày 05/9/1998)

Mô đun độ lớn của cát	K _d ứng với giá trị V _h (lít/m ³) bằng									
	225	250	275	300	325	350	375	400	425	450
3,0	1,33	1,38	1,43	1,48	1,52	1,56	1,59	1,62	1,64	1,66
2,75	1,30	1,35	1,40	1,45	1,49	1,53	1,56	1,59	1,61	1,63
2,5	1,26	1,31	1,36	1,41	1,45	1,49	1,52	1,55	1,57	1,59
2,25	1,24	1,29	1,34	1,39	1,43	1,47	1,50	1,53	1,55	1,57
2,0	1,22	1,27	1,32	1,37	1,41	1,45	1,48	1,51	1,53	1,55
1,75	1,14	1,19	1,24	1,29	1,33	1,37	1,40	1,43	1,45	1,47
1,5	1,07	1,12	1,17	1,22	1,26	1,30	1,33	1,36	1,38	1,40

(Ghi chú: Đối với bê tông có yêu cầu về độ chống thấm nước hoặc cường độ uốn: K_d được cộng thêm 0,1 đối với cát có $M_{dl} < 2$; cộng thêm 0,15 với cát có $M_{dl} = 2 \div 2,5$; cộng thêm 0,2 với cát có $M_{dl} > 2,5$)

Bước 8: xác định lượng đá dăm hay sỏi (Đ)

Quan niệm rằng chất kết dính kiềm hoạt hóa sẽ lấp đầy lỗ rỗng giữa các hạt cốt liệu nhỏ (cát) và bao lấy hạt cát tạo thành vữa (coi như vữa hoàn toàn đặc). Vữa lại lấp đầy lỗ rỗng giữa các hạt cốt liệu lớn (đá) và bao quanh chúng tạo thành một lớp có chiều dày nhất

định để hỗn hợp bê tông đạt được độ dẻo cần thiết. Như vậy, thể tích vữa xi măng tạo thành phải lớn hơn thể tích lỗ rỗng giữa các viên đá, nghĩa là:

$$V_{vữa} = k_d \cdot V_{rĐ}; \text{ với } k_d > 1$$

$$\rightarrow V_{aFA} + V_{aBFS} + V_{aDDHH} + V_{aC} = k_d \cdot V_{rĐ} \quad (1)$$

$$\text{mà } k_d \cdot V_{rĐ} = k_d \cdot r_d \cdot V_{oĐ} = k_d \cdot r_d \cdot \frac{Đ}{\gamma_{oĐ}} \quad (2)$$

Mặt khác, theo cơ sở lý thuyết “thể tích tuyệt đối”, nghĩa là tổng thể tích tuyệt đối (hoàn toàn đặc) của vật liệu trong 1m^3 bê tông bằng 1000 (lít):

$$V_{aFA} + V_{aBFS} + V_{aDDHH} + V_{aC} + V_{aĐ} = 1000 \quad (l) \quad (3)$$

Từ công thức (1), (2) và (3) rút ra:

$$k_d \cdot r_d \cdot V_{oĐ} + V_{aĐ} = 1000 \quad (l)$$

$$k_d \cdot r_d \cdot \frac{Đ}{\gamma_{oĐ}} + \frac{Đ}{\gamma_{aĐ}} = 1000$$

$$\rightarrow Đ = \frac{1000}{\frac{k_d r_d}{\gamma_{oĐ}} + \frac{1}{\gamma_{aĐ}}}$$

$$\text{hoặc } Đ = \frac{\gamma_{oĐ}}{r_d(k_d - 1) + 1}$$

Trong đó:

V_{aFA} , V_{aBFS} , V_{aDDHH} , V_{aC} , $V_{aĐ}$ – Thể tích hoàn toàn đặc lần lượt của tro bay, xỉ lò cao, dung dịch hoạt hóa, cát, đá trong 1m^3 bê tông (lít);

m_{FA} , m_{BFS} , m_{DDHH} , C , $Đ$ – Khối lượng của tro bay, xỉ lò cao, dung dịch hoạt hóa, cát, đá trong 1m^3 bê tông (kg);

γ_{aFA} , γ_{aBFS} , γ_{aDDHH} , γ_{aC} , $\gamma_{aĐ}$ – Khối lượng riêng của tro bay, xỉ lò cao, dung dịch hoạt hóa, cát và đá (kg/lít);

r_d – Độ rỗng của đá (%);

k_d – Hệ số dư vữa hợp lý

Bước 9: xác định lượng cát (C):

$$C = \left[1000 - \left(\frac{m_{FA}}{\gamma_{aFA}} + \frac{m_{BFS}}{\gamma_{aBFS}} + \frac{m_{DDHH}}{\gamma_{aDDHH}} + \frac{Đ}{\gamma_{aĐ}} \right) \right] \cdot \gamma_{oC}$$

Bước 10: kiểm tra bằng thực nghiệm

Các bước tính toán trên đã sơ bộ xác định được lượng xi măng, nước, cát, đá cho 1m^3 bê tông. Tuy nhiên, trong quá trình tính toán, ta đã sử dụng các công thức, bảng tra, biểu đồ mà điều kiện thành lập công thức, bảng tra, biểu đồ đó không hoàn giống với điều kiện

thực tế. Vì vậy cần kiểm tra lại bằng thực nghiệm để xem với kết quả tính toán cấp phối đó thì bê tông, hỗn hợp bê tông có đạt được các yêu cầu kỹ thuật hay không bằng cách trộn 3 mẻ trộn với một cấp phối theo tính toán và hai cấp phối điều chỉnh sau khi đã tăng và giảm tổng lượng chất kết dính là 5%.

Bước 11: điều chỉnh cấp phối sau khi đã kiểm tra bằng thực nghiệm.

Trên cơ sở giá trị cường độ nén của mẫu bê tông ở tuổi 28 ngày thiết lập biểu đồ quan hệ giữa cường độ nén R_{28} của bê tông và hàm lượng chất kết dính. Dựa vào biểu đồ từ $R_{28y/c}$ tra ngược lại để xác định tổng lượng chất kết dính, trên cơ sở đó tính toán lại thành phần cấp phối bê tông theo quy trình từ bước 6 đến bước 9 và xuất kết quả.

Bước 12: Trộn đổ bê tông

* Yêu cầu về thiết bị

- Máy trộn bê tông loại tuần hoàn cưỡng bức hoặc tuần hoàn rơi tự do;
- Thùng pha trộn dung dịch hoạt hóa bằng nhựa hoặc inox, có thiết bị khuấy và van xả;
- Cân có độ chính xác ± 200 gam;
- Máy đầm bê tông dạng đầm dùi và đầm bàn (nếu cần);
- Đồ bảo hộ lao động (quần áo, giày, mũ, kính, khẩu trang, găng tay)

* Yêu cầu kỹ thuật khi cân đong vật liệu

Việc cân đong vật liệu để pha trộn dung dịch hoạt hóa và hỗn hợp bê tông phải theo liều lượng đã quy định cho từng thành phần vật liệu, không được tự ý thay đổi.

Việc cân và pha trộn dung dịch hoạt hóa (gồm Na_2SiO_3 , NaOH , nước thêm) được thực hiện trước khi trộn hỗn hợp bê tông ít nhất 3 giờ để dung dịch tỏa nhiệt. Nếu dùng nước đá thay cho lượng nước thêm thì có thể trộn hỗn hợp bê tông ngay sau khi pha dung dịch hoạt hóa. Trong quá trình pha trộn dung dịch hoạt hóa, cần dùng đồ bảo hộ lao động (quần áo, giày, mũ, kính, khẩu trang, găng tay) để tránh tác động có hại của dung dịch hoạt hóa, đặc biệt là xút (NaOH).

Tro bay, xỉ lò cao, thủy tinh lỏng, xút, cát, đá dăm và các chất phụ gia (nếu có) cho hỗn hợp bê tông phải cân đong theo khối lượng, nước được phép cân đong theo thể tích.

Sai lệch trong khi cân đong không được vượt quá trị số ở bảng 2

Bảng 2. Sai lệch cho phép khi cân đong các vật liệu hỗn hợp bê tông

Tên vật liệu	Sai lệch cho phép (% khối lượng)
- Thủy tinh lỏng, xút	± 0.5
- Tro bay, xỉ lò cao, nước	± 1
- Cát, đá dăm	± 3

*** Yêu cầu kỹ thuật khi trộn bê tông**

Trộn hỗn hợp bê tông phải dùng máy trộn, thể tích của toàn bộ vật liệu đổ vào máy trộn cho một cối bê tông phải phù hợp với dung tích quy định của máy, thể tích chênh lệch không vượt quá $\pm 10\%$. Trình tự đổ vật liệu vào trong máy trộn tuần hoàn phải theo các quy định sau:

- Trước hết đổ $15 \div 20\%$ lượng dung dịch hoạt hóa, sau đó đổ xi măng và cốt liệu cùng một lúc, đồng thời đổ dần dần và liên tục phần dung dịch còn lại;

- Khi dùng phụ gia thì việc trộn phụ gia vào hỗn hợp bê tông phải thực hiện theo chỉ dẫn của người sản xuất hoặc cung cấp phụ gia;

- Cối trộn đầu tiên nên tăng thêm $0,20 \div 0,35\%$ lượng vữa (gồm tro bay, xỉ lò cao, dung dịch hoạt hóa và cát) để tránh hao hụt lượng vữa trong hỗn hợp bê tông do bám dính vào các bộ phận bên trong của máy trộn và các phương tiện vận chuyển.

Thời gian trộn hỗn hợp bê tông được xác định theo đặc trưng kỹ thuật của thiết bị dùng để trộn. Trong trường hợp không có các thông số kỹ thuật chuẩn xác thì thời gian ít nhất để trộn đều một mẻ bê tông ở máy trộn có thể lấy theo các trị số ghi ở bảng sau:

Dung tích thùng trộn (lít)	< 500	500 - 1000	> 1000
Thời gian trộn (giây)	Không nhỏ hơn 120	150	180

Nếu thời gian ngừng trộn hơn 30 phút, thì trước khi ngừng phải rửa thùng trộn bằng cách đổ nước và cốt liệu lớn vào máy và quay cho đến khi mặt trong của thùng trộn sạch hoàn toàn.

Khi trút hỗn hợp bê tông từ máy trộn ra ngoài phải có biện pháp chống phân cỡ. Nên đặt các bộ phận định hướng sao cho luồng hỗn hợp bê tông đổ ra rơi theo hướng thẳng đứng vào tâm của bộ phận chứa hỗn hợp bê tông hay công cụ vận chuyển (như máng, thùng xe v.v...). Độ cao rơi của hỗn hợp bê tông phải nhỏ hơn 1,5m.

*** Yêu cầu kỹ thuật khi đổ, san, đầm bê tông**

Việc đổ, san, đầm bê tông phải được thực hiện đúng theo yêu cầu kỹ thuật của TCVN 4453:1995 về kết cấu bê tông và bê tông cốt thép toàn khối - quy phạm thi công và nghiệm thu.

Bước 13: Bảo dưỡng bê tông.

Việc bảo dưỡng bê tông được thực hiện theo TCVN 9929:2011 Bê tông – Yêu cầu bảo dưỡng ẩm tự nhiên.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Quy trình sản xuất bê tông chất kết dính kiềm hoạt hóa sử dụng tro bay và xỉ lò cao tro bay, xỉ lò cao bao gồm các bước:

bước 1: thí nghiệm vật liệu đầu vào (để xác định phẩm chất vật liệu), vật liệu đầu vào gồm có: cát xây dựng, đá dăm, hất kích hoạt (Natri hydroxit (NaOH), Natri silicat (Na_2SiO_3)), nước;

bước 2: Lựa chọn mác bê tông thiết kế và cường độ yêu cầu

$$R_{28} = R_{yc} \cdot k_1 \cdot k_2$$

trong đó:

R_{28} là cường độ nén của bê tông chất kết dính kiềm hoạt hoá (CKD KHH) trong phòng thí nghiệm ứng với mẫu lập phương $15 \times 15 \times 15$ cm ở tuổi 28 ngày (Mpa);

k_1 là hệ số an toàn, lấy bằng 1,2 đối với máy trộn thủ công, 1,1 đối với trạm trộn tự động (hệ số k_1 sẽ được điều chỉnh sau khi thử nghiệm tại hiện trường);

k_2 là hệ số phẩm chất cốt liệu lấy giá trị tương tự như bê tông xi măng;

R_{yc} là cường độ bê tông yêu cầu tương ứng với mác bê tông thiết kế (Mpa).

bước 3: xác định % Na_2O , %BFS, N/TX

tỷ lệ Na_2O từ 4% - 6%; tỷ lệ %BFS từ 30% - 50%, tỷ lệ N/TX từ 0,35 - 0,65, tương ứng với cường độ nén R_{28} từ 15 đến 80 Mpa;

bước 4: chọn lượng nước ban đầu N (lít) cho 1 m^3 bê tông

lượng nước ban đầu (N) được lấy bằng 160 - 165 lít cho 1 m^3 bê tông CKD KHH ứng với đường kính lớn nhất của cốt liệu $D_{\max} = 20$ mm, cát có mô đun độ lớn $M_{dl} = 2,5 - 3$, xỉ lò cao có độ mịn S75;

khi dùng cát có $M_{dl} = 2,0 - 2,4$, lượng nước được cộng thêm 5 lít; khi dùng cát có $M_{dl} = 1,5 - 1,9$, lượng nước được cộng thêm 10 lít;

khi dùng đá dăm có $D_{\max} = 10$ mm, lượng nước được cộng thêm 5 lít; khi dùng đá dăm có $D_{\max} = 40$ mm, lượng nước được giảm đi 5 lít;

khi dùng xỉ lò cao có độ mịn S95, lượng nước được cộng thêm 5 lít; khi dùng xỉ lò cao có độ mịn S105, lượng nước được cộng thêm 12 lít;

lượng nước có thể điều chỉnh trong thực tế để phù hợp với điều kiện thi công nhưng không nên vượt quá 190 lít cho 1 m^3 bê tông.

bước 5: tính tổng lượng tro bay, xỉ lò cao sử dụng (M_{TX})

tổng lượng tro bay, xỉ lò cao sử dụng cho 1 m^3 bê tông được xác định theo công thức sau:

$$M_{TX} = N : N/TX$$

tổng lượng tro bay, xỉ lò cao không nên thấp hơn 250kg/m^3 vì khi đó lượng vữa ít ($V_h=273$ lít) sẽ ảnh hưởng tới độ sụt và các tính chất cơ lý khác của bê tông, hơn nữa với hàm lượng tro + xỉ thấp hơn 250kg , qua thực nghiệm tính ổn định cường độ của bê tông thấp, khó kiểm soát; không nên cao quá 450kg/m^3 vì khi đó chi phí tăng nhiều nhưng cường độ tăng không đáng kể, ngoài ra hàm lượng tro + xỉ lớn hỗn hợp bê tông bị quánh, khó thi công, tốt nhất nên lấy M_{TX} nằm trong khoảng $300 - 400\text{kg}$ cho 1 m^3 bê tông;

Bước 6: xác định thành phần dung dịch hoạt hóa (m_{NaOH} , $m_{\text{Na}_2\text{SiO}_3}$ và $m_{\text{H}_2\text{O}}$)

khi đã biết $\% \text{Na}_2\text{O}$, $\% \text{BFS}$, M_{TX} , M_s và thành phần hóa học của thủy tinh lỏng:

Ta xác định được thành phần dung dịch hoạt hóa và hàm lượng tro bay, xỉ lò cao theo các công thức sau:

Thành phần cấp phối	Ký hiệu	Cách tính toán
Xỉ lò cao	m_{BFS}	$\% \text{BFS} * M_{TX}$
Tro bay	m_{FA}	$M_{TX} - m_{\text{BFS}}$
Xút vẩy	m_{NaOH}	$1,29 * \% \text{Na}_2\text{O} * m_{\text{CKD}} * \left(1 - M_s * \frac{\% \text{Na}_2\text{O}_{\text{ttl}}}{\% \text{SiO}_{2\text{ttl}}}\right)$
Thủy tinh lỏng (dd)	$m_{\text{Na}_2\text{SiO}_3}$	$M_s * m_{\text{CKD}} * \frac{\% \text{Na}_2\text{O}}{\% \text{SiO}_{2\text{ttl}}}$
Nước (thêm)	$m_{\text{H}_2\text{O}}$	$N - m_{\text{ttl}} * \% \text{H}_2\text{O}_{\text{ttl}}$

Trong đó:

$\% \text{Na}_2\text{O}$ Tỷ lệ khối lượng giữa Na_2O có trong dung dịch hoạt hóa và tổng chất kết dính (%)

M_s Tỷ lệ khối lượng giữa SiO_2 và Na_2O trong dung dịch hoạt hóa, nên nằm trong khoảng $1 \div 1.5$. Theo kết quả nội dung 3, có thể lấy $M_s=1.2$.

$\% \text{BFS}$ Tỷ lệ khối lượng xỉ lò cao và tổng khối lượng tro bay, xỉ lò cao sử dụng (%)

M_{TX} Tổng khối lượng tro bay + xỉ lò cao trong 1m^3 bê tông (kg)

$\% \text{SiO}_{2\text{ttl}}$ Tỷ lệ khối lượng của thành phần SiO_2 có trong dung dịch thủy tinh lỏng (%)

$\% \text{Na}_2\text{O}_{\text{ttl}}$ Tỷ lệ khối lượng của thành phần Na_2O có trong dung dịch thủy tinh

lỏng (%)

%H₂O_{ttl} Tỷ lệ khối lượng của thành phần H₂O có trong dung dịch thủy tinh lỏng (%)

m_{CKD} Tổng khối lượng phần rắn của chất kết dính, bao gồm tro bay, xỉ lò cao và phần rắn trong dung dịch hoạt hóa (kg), được tính theo công thức:

$$m_{CKD} = \frac{M_{TX}}{1 - \%Na_2O * (1 + M_s)}$$

Bước 7: xác định hệ số dư vữa hợp lý được xác định bằng cách tra Bảng 1 dựa vào mô đun độ lớn của cát và thể tích hồ xi măng (V_h):

$$V_h = \frac{m_{FA}}{\gamma_{aFA}} + \frac{m_{BFS}}{\gamma_{aBFS}} + \frac{m_{DDHH}}{\gamma_{aDDHH}}$$

Bước 8: xác định lượng đá dăm hay sỏi (Đ)

$$\rightarrow \quad \text{Đ} = \frac{1000}{\frac{k_d r_D}{\gamma_{oD}} + \frac{1}{\gamma_{aD}}}$$

hoặc
$$\text{Đ} = \frac{\gamma_{oD}}{r_d (k_d - 1) + 1}$$

Trong đó:

γ_{aFA} , γ_{aBFS} , γ_{aDDHH} , γ_{aC} , γ_{aD} – lần lượt là khối lượng riêng của tro bay, xỉ lò cao, dung dịch hoạt hóa, cát và đá (kg/lít);

r_d – Độ rỗng của đá (%);

k_d – Hệ số dư vữa hợp lý

Bước 9: xác định lượng cát (C):

$$C = \left[1000 - \left(\frac{m_{FA}}{\gamma_{aFA}} + \frac{m_{BFS}}{\gamma_{aBFS}} + \frac{m_{DDHH}}{\gamma_{aDDHH}} + \frac{\text{Đ}}{\gamma_{aD}} \right) \right] \cdot \gamma_{oC}$$

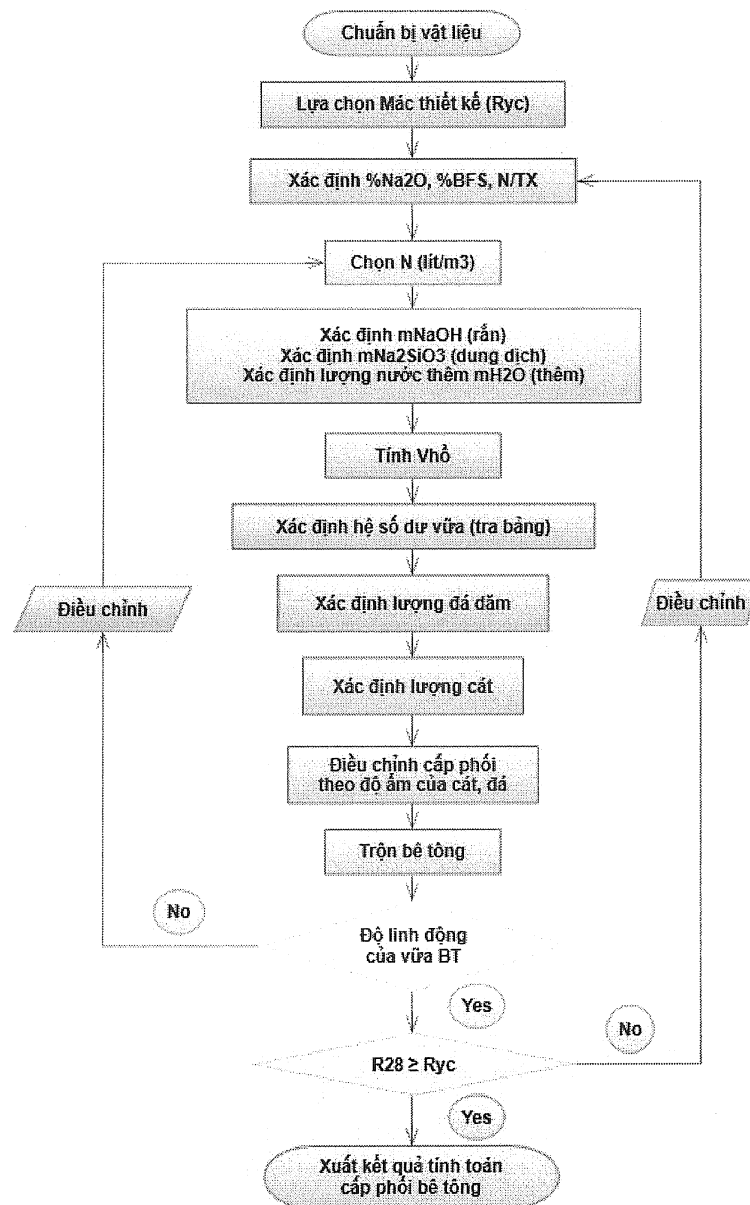
Bước 10: kiểm tra bằng thực nghiệm

các bước tính toán trên đã sơ bộ xác định được lượng xi măng, nước, cát, đá cho 1 m³ bê tông; tuy nhiên, trong quá trình tính toán, ta đã sử dụng các công thức, bảng tra, biểu đồ mà điều kiện thành lập công thức, bảng tra, biểu đồ đó không hoàn giống với điều kiện thực tế, vì vậy cần kiểm tra lại bằng thực nghiệm để xem với kết quả tính toán cấp phối đó thì bê tông, hỗn hợp bê tông có đạt được các yêu cầu kỹ thuật hay không bằng cách trộn 3 mẻ trộn với một cấp phối theo tính toán và hai cấp phối điều chỉnh sau khi đã tăng và giảm tổng lượng chất kết dính là 5%.

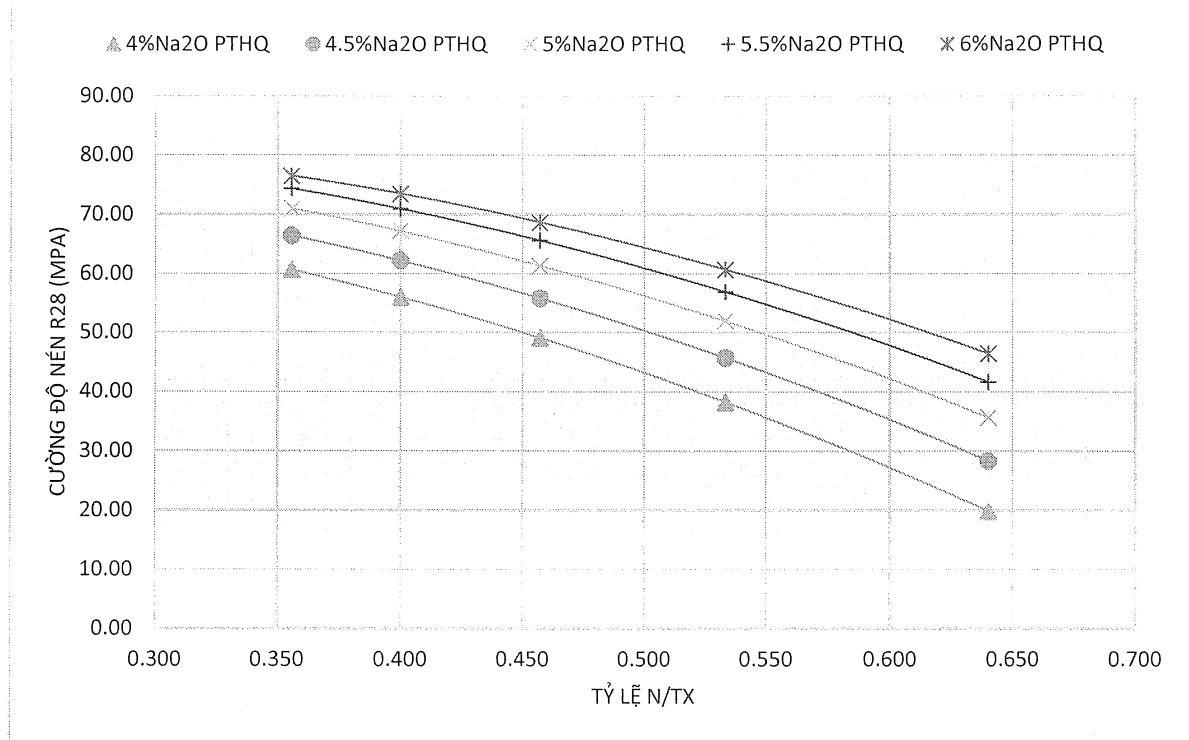
Bước 11: điều chỉnh cấp phối sau khi đã kiểm tra bằng thực nghiệm, trên cơ sở giá trị cường độ nén của mẫu bê tông ở tuổi 28 ngày thiết lập biểu đồ quan hệ giữa cường độ nén R_{28} của bê tông và hàm lượng chất kết dính, dựa vào biểu đồ từ $R_{28y/c}$ tra ngược lại để xác định tổng lượng chất kết dính, trên cơ sở đó tính toán lại thành phần cấp phối bê tông theo quy trình từ bước 6 đến bước 9 và xuất kết quả.

Bước 12: Trộn đổ bê tông

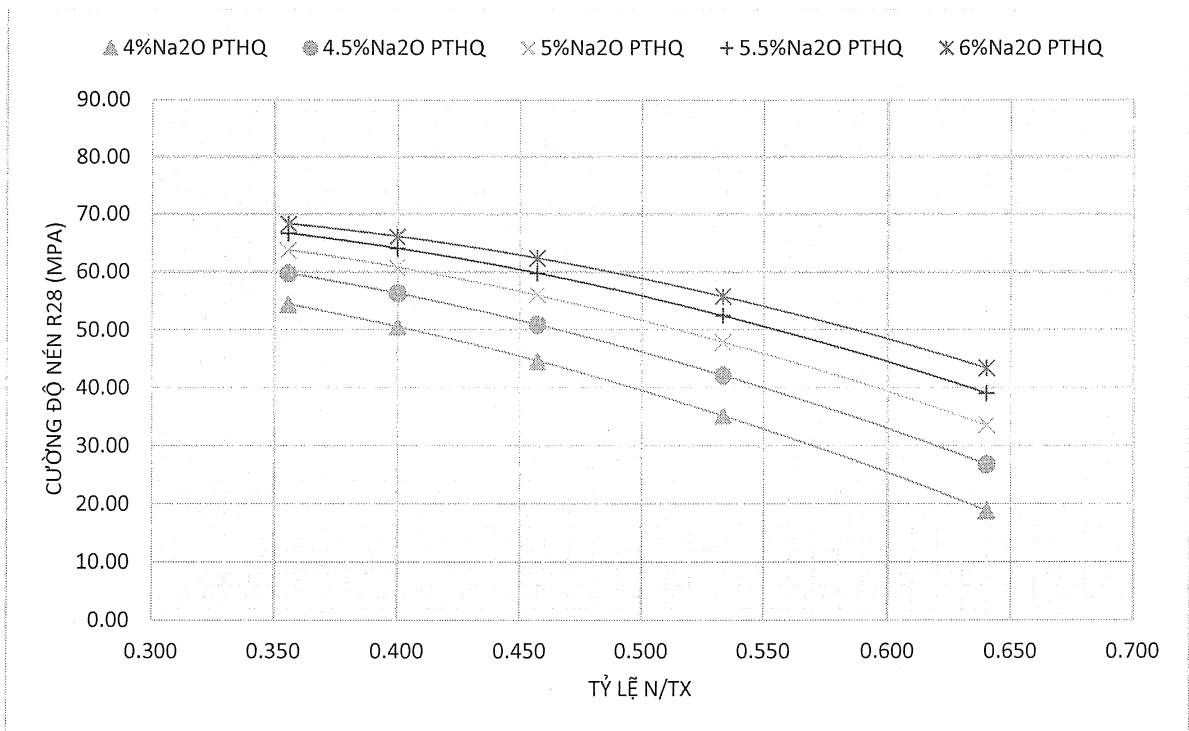
Bước 13: Bảo dưỡng bê tông.



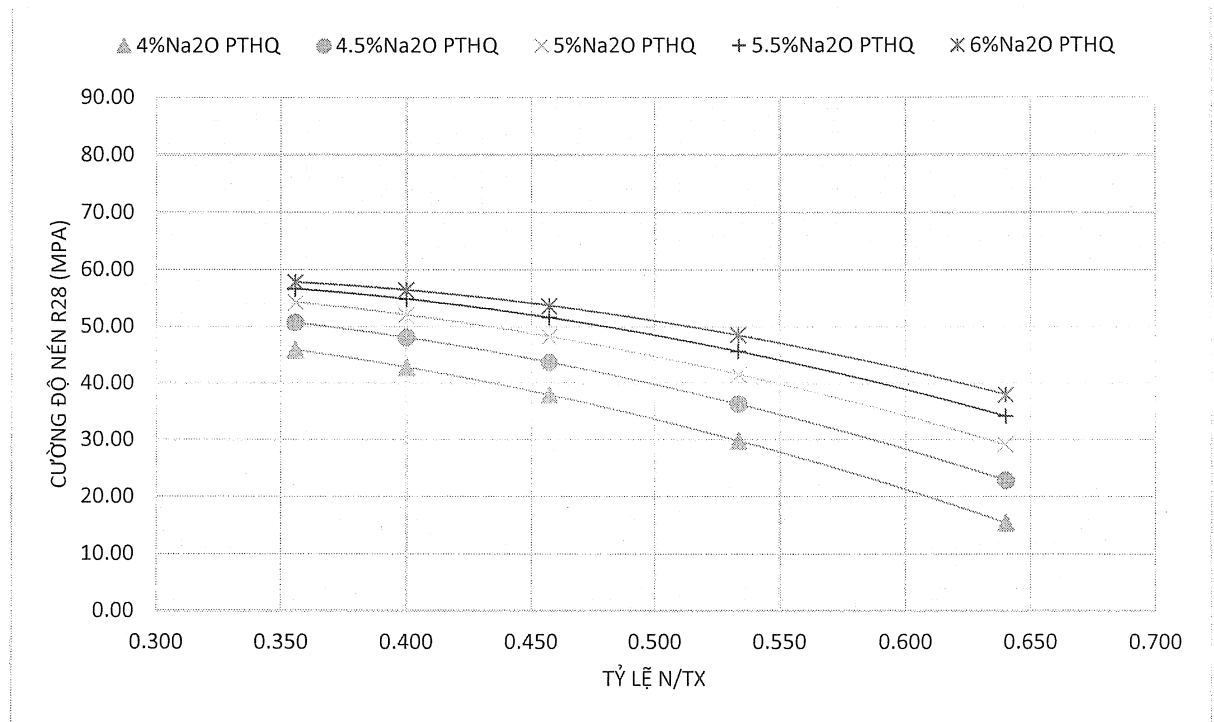
Hình 1



Hình 2



Hình 3



Hình 4