

# PHƯƠNG PHÁP THIẾT KẾ CẤP PHỐI BÊ TÔNG CÓ SỬ DỤNG KẾT HỢP PHỤ GIA KHOÁNG VÀ PHỤ GIA HÓA

Nguyễn Thị Thu Hương<sup>1</sup>

**Tóm tắt:** Dựa trên thực tế hiện nay, nhiều loại bê tông có sử dụng đến phụ gia bao gồm cả phụ gia khoáng kết hợp với phụ gia hóa nhằm cải thiện các đặc tính của bê tông cho phù hợp với những yêu cầu cụ thể khác nhau. Bài báo đề cập đến phương pháp tính toán cấp phối bê tông khi có sử dụng đến thành phần phụ gia khoáng và phụ gia hóa kết hợp. Các bước tính toán dựa trên cơ sở phương pháp thiết kế cấp phối bê tông truyền thống của Việt Nam nhưng có xem xét đến công thức tính chỉ tiêu và thành phần của phụ gia cũng như việc điều chỉnh các thành phần khác trong bê tông khi có thêm các thành phần phụ gia này.

**Từ khóa:** Cấp phối bê tông, phụ gia khoáng, phụ gia hóa.

## I. ĐẶT VẤN ĐỀ<sup>1</sup>

Hiện nay rất nhiều loại bê tông được khuyến cáo nên sử dụng phụ gia bao gồm cả phụ gia khoáng và phụ gia hóa nhằm cải thiện các tính chất để đáp ứng yêu cầu đặc thù của các loại công trình khác nhau. Thông thường mỗi loại bê tông có những phương pháp tính cấp phối riêng, nhưng về cơ bản vẫn trên cơ sở của nguyên tắc thể tích tuyệt đối. Điểm khác chính giữa các phương pháp là qui định về giới hạn hàm lượng các thành phần vật liệu trong bê tông như xi măng, nước, cát hay đá, và phụ gia nếu có nhằm đảm bảo thỏa mãn các đặc tính của hỗn hợp bê tông và bê tông sao cho phù hợp với điều kiện thi công cũng như điều kiện làm việc sau này của sản phẩm đóng rắn. Bài viết này xin giới thiệu phương pháp thiết kế cấp phối hỗn hợp bê tông có sử dụng kết hợp phụ gia khoáng và phụ gia hóa học. Các bước tính toán dựa trên cơ sở phương pháp thiết kế cấp phối bê tông truyền thống của Việt Nam nhưng có xem xét đến công thức tính chỉ tiêu và thành phần của phụ gia khoáng, phụ gia hóa học cũng như việc điều chỉnh các thành phần khác trong bê tông khi có thêm các thành phần phụ gia này.

## II. TỔNG QUAN VỀ BÀI TOÁN THIẾT KẾ CẤP PHỐI BÊ TÔNG

### 2.1. Mục đích của việc thiết kế cấp phối hỗn hợp bê tông

Việc thiết kế cấp phối bê tông nhằm xác định tỷ lệ giữa các vật liệu cấu thành (xi măng, phụ gia khoáng, cốt liệu nhỏ, cốt liệu lớn, nước và

phụ gia hóa học) từ đó thành lập một cấp phối hợp lý, mà theo đó khi thi công đạt được các chỉ tiêu kỹ thuật của hỗn hợp bê tông và bê tông, đồng thời đảm bảo tính kinh tế của kết cấu bê tông sau này.

### 2.2. Các dữ liệu cần biết trước

1) **Yêu cầu về bê tông:** Mác bê tông (cường độ nén theo tuổi), yêu cầu mác chống thấm và khả năng chống xâm thực, chống mài mòn v.v...

2) **Yêu cầu về điều kiện thi công:** Hình dạng kết cấu, kích thước, mật độ cốt thép; Thời gian cần để thi công (vận chuyển, đổ hỗn hợp bê tông vào kết cấu), nhiệt độ môi trường, phương tiện vận chuyển hỗn hợp bê tông, phương tiện để đổ bê tông (bằng cầu hoặc bằng bơm)...

### 3) Yêu cầu về vật liệu chế tạo bê tông:

+ Xi măng: Loại, cường độ thực tế, khối lượng riêng,.....

+ Phụ gia khoáng hoạt tính: Loại, độ mịn, hoạt tính, khối lượng riêng,...

+ Cát: Loại, mô đun độ nhỏ, khối lượng riêng,...

+ Đá dăm: Loại, đường kính hạt lớn nhất ( $D_{max}$ ), khối lượng riêng, khối lượng thể tích xốp (đổ đóng), độ hồng,...

+ Phụ gia siêu dẻo giảm nước: Loại phụ gia, lượng dùng, khả năng giảm nước, khả năng làm chậm ninh kết và khả năng duy trì độ linh động theo thời gian.

### 2.3 Qui trình thiết kế cấp phối bê tông

Quy trình thiết kế thành cấp phối bê tông được tiến hành theo 3 giai đoạn:

1) Xác định yêu cầu về các chỉ tiêu kỹ thuật mà hỗn hợp bê tông và bê tông cần đạt được;

<sup>1</sup> Trường Đại học Thủy lợi

Xác định các yêu cầu về điều kiện thi công và các đặc tính của vật liệu dùng để chế tạo bê tông.

2) Tính toán thiết kế cấp phối bê tông, tiến hành thí nghiệm trong phòng rồi điều chỉnh cấp phối hợp lý để đạt được các yêu cầu kỹ thuật đề ra như đã xác định ở bước 1.

3) Thí nghiệm điều chỉnh cấp phối bê tông theo điều kiện thực tế tại hiện trường.

### III. CÁC BƯỚC THIẾT KẾ

#### A- Phần tính toán

**Bước 1:** Chọn độ sụt của hỗn hợp bê tông ( $SN^{yc}$ ) – Độ sụt được chọn dựa vào dạng kết cấu và điều kiện thi công (phương pháp đầm)

**Bước 2:** Xác định lượng nước trộn (N) – Lượng nước trộn được chọn dựa vào độ sụt yêu cầu xác định ở bước 1, cùng các chỉ tiêu của vật liệu sử dụng cho hỗn hợp bê tông.

**Bước 3:** Xác định các thông số của hỗn hợp chất kết dính

- Chất kết dính ở đây được xem là hỗn hợp của xi măng với thành phần phụ gia khoáng. Phụ gia khoáng được sử dụng để thay thế một phần xi măng trong hỗn hợp chất kết dính, có thể tham khảo tài liệu [2] lượng dùng như sau:

+ Tro bay: Có thể dùng 15-:35% thay thế lượng dùng xi măng

+ Muội silic và tro trấu: Có thể dùng từ 5-:15% thay thế lượng xi măng

- Trộn theo tỷ lệ chọn và thí nghiệm xác định cường độ thực tế của chất kết dính như phương pháp thí nghiệm xác định cường độ của xi măng theo TCVN6016-1995.

- Tính khối lượng riêng của chất kết dính ( $\rho_{ckd}$ )

$$\rho_{ckd} = \frac{100}{\frac{X\%}{\rho_x} + \frac{PGK\%}{\rho_{pgk}}}$$

Trong đó:

X%, PGK%: Là tỷ lệ của lượng dùng xi măng và phụ gia khoáng trong chất kết dính

$\rho_x$ ,  $\rho_{pgk}$ ,  $\rho_{ckd}$ : Là khối lượng riêng của xi măng, phụ gia khoáng và hỗn hợp chất kết dính,  $g/cm^3$ .

**Bước 4:** Xác định tỷ lệ chất kết dính/nước (CKD/N)

Tỷ lệ CKD/N xác định từ công thức Bôlômây:

$$R_{bt} = A \cdot R_{ckd} \cdot \left( \frac{CKD}{N} - 0,5 \right) \rightarrow$$

$$\frac{CKD}{N} = \frac{R_{bt}}{A \cdot R_{ckd}} + 0,5$$

Trong đó:  $R_{bt}$ : Cường độ nén của bê tông, lấy bằng mức bê tông yêu cầu nhân với hệ số an toàn 1,1 đối với trạm trộn tự động và 1,15 đối với trạm trộn thủ công.

$R_{ckd}$ : Cường độ thực tế của chất kết dính;

A: Hệ số tra bảng;

CKD/N: Tỷ lệ Chất kết dính/Nước theo khối lượng.

**Bước 5:** Tính hàm lượng chất kết dính (CKD)

$$CKD = \frac{CKD}{N} \cdot N, kg$$

**Bước 6:** Xác định lượng phụ gia khoáng và phụ gia hóa cho  $1m^3$  bê tông

- Hàm lượng CKD tính được ở trên bao gồm xi măng và phụ gia khoáng. Hàm lượng xi măng (X) và phụ gia khoáng (PGK) trong  $1m^3$  bê tông sẽ được tính theo công thức:

$$X = \frac{CKD \cdot (100 - PGK\%)}{100}, kg$$

$$PGK = \frac{CKD \cdot PGK\%}{100}, kg$$

- Lượng phụ gia thường được dùng theo hướng dẫn của nhà cung cấp và tỷ lệ phụ gia hóa được tính theo % so với xi măng. Nếu tỷ lệ trộn phụ gia hóa là PGH% so với xi măng thì hàm lượng phụ gia hóa (PGH) trong  $1m^3$  bê tông sẽ là:

$$PGH = \frac{X \cdot PGH\%}{100} = \frac{CKD \cdot (100 - PGK\%) \cdot PGH\%}{100}, 100, kg$$

Nếu phụ gia hóa ở dạng lỏng thì lượng nước trong phụ gia phải được tính vào trong thành phần nước trộn hay nói cách khác phải tính giảm bớt nước trộn do đã có một phần trong phụ gia.

**Bước 7:** Xác định thể tích hồ ( $V_h$ )

$$V_h = \frac{CKD}{\rho_{ckd}} + \frac{PGH}{\rho_{pgk}} + N, \text{ lít}$$

Nếu phụ gia ở dạng lỏng thì

$$V_h = \frac{CKD}{\rho_{ckd}} + \frac{PGH}{\rho_{pgk}} + \left( N - \frac{PGH}{\rho_{pgk}} \right) = \frac{CKD}{\rho_{ckd}} + N, \text{ lít}$$

**Bước 8:** Xác định hệ số dư vữa hợp lý  $K_d$  – Tra bảng phụ thuộc vào  $V_h$ , mô đun độ mịn của cát  $M_{dl}$  và loại đá.

**Bước 9:** Xác định lượng cốt liệu lớn (Đ)

$$Đ = \frac{1000}{\frac{r_d \cdot K_d}{\rho_{oa}} + \frac{1}{\rho_d}}, kg \quad \text{hoặc}$$

$$D = \frac{\rho_{od}}{\rho_d \cdot (K_d - 1) + 1}, kg$$

Trong đó:

D - Hàm lượng đá dăm trong 1m<sup>3</sup> bê tông, kg;

r<sub>d</sub> - Độ rỗng giữa các hạt cốt liệu lớn,

$$r_d = 1 - \left( \frac{\rho_{od}}{\rho_d \times 1000} \right);$$

ρ<sub>od</sub>- Khối lượng thể tích xốp (khối lượng đồ đồng) của cốt liệu lớn, kg/m<sup>3</sup>;

ρ<sub>d</sub> - Khối lượng thể tích hạt của cốt liệu lớn, g/cm<sup>3</sup>;

K<sub>d</sub> - Hệ số dư vữa hợp lý.

**Bước 10:** Xác định hàm lượng cát (C)

$$C = \left[ 1000 - \left( \frac{CKD}{\rho_{ckd}} + \frac{PGH}{\rho_{pgh}} + \frac{N}{\rho_n} + \frac{D}{\rho_d} \right) \right] \cdot \rho_c =$$

$$= \left[ 1000 - \left( V_h + \frac{D}{\rho_d} \right) \right] \cdot \rho_c, kg$$

Trong đó:

X, PGK, PGH, N, C, D: Là hàm lượng chất kết dính (gồm xi măng và phụ gia khoáng), phụ gia hóa, nước, cát, đá trong 1m<sup>3</sup> hỗn hợp bê tông, kg ;

ρ<sub>ckd</sub>, ρ<sub>pgk</sub>, ρ<sub>n</sub>, ρ<sub>c</sub>, ρ<sub>d</sub>: Là khối lượng riêng của chất kết dính, phụ gia hóa, nước, cát và khối lượng thể tích hạt của đá, g/cm<sup>3</sup>.

**B- Phần thí nghiệm trong phòng và điều chỉnh theo vật liệu thực tế tại hiện trường**

**Bước 1- Thí nghiệm kiểm tra độ lưu động (độ sụt SN)**

Từ cấp phối bê tông tính toán theo lý thuyết, thí nghiệm kiểm tra độ sụt và điều chỉnh lượng nước cho đến khi đạt độ lưu động yêu cầu. Chú ý về cách hiệu chỉnh các thành phần như được giới thiệu trong tài liệu [1].

Nếu dùng phụ gia dẻo hóa thì cho lượng phụ gia theo khuyến cáo của nhà sản xuất và thí nghiệm điều chỉnh giảm nước cho đến khi đạt độ lưu động yêu cầu. Ghi lại lượng nước và tính lại tỷ lệ N/X.

**Bước 2- Thí nghiệm kiểm tra cường độ**

Trộn mẻ thử với thành phần đã được điều chỉnh ở bước 1, đúc 3 nhóm mẫu với 1 nhóm dùng hàm lượng chất kết dính như tính toán ở bước 1, hai nhóm khác với hàm lượng CKD tăng và giảm 10%, kiểm tra chỉ tiêu cường độ. Vẽ đường quan hệ giữa cường độ và hàm lượng chất kết dính. Dựa vào đường quan hệ xác định hàm lượng chất kết dính yêu cầu.

Các chỉ tiêu cơ lý khác của bê tông (cường độ uốn, độ chống thấm,...) khi có yêu cầu được xác định theo các tiêu chuẩn liên quan hiện hành.

**Bước 3: Thí nghiệm xác định khối lượng thể tích của bê tông tươi (ρ<sub>bt</sub><sup>tươi</sup>)**

Sau khi xác định lượng nước và chất kết dính hợp lý, tính lại tỷ lệ CKD:N:C:D, kết hợp với tỷ lệ phụ gia khoáng thay thế xi măng và tỷ lệ phụ gia hóa tính theo xi măng đã xác định ở phần trên, tiến hành thí nghiệm xác định khối lượng thể tích của bê tông tươi.

Biết khối lượng thể tích của bê tông tươi, ta có: CKD+PGH+N+C+D= ρ<sub>bt</sub><sup>tươi</sup>

Thay các đại lượng PGH, N, C, D bằng biểu thức tính theo CKD theo tỷ lệ đã xác định vào công thức trên sẽ xác định được lượng CKD, và từ CKD tính được các lượng vật liệu PGH, N, C, D cho 1m<sup>3</sup> bê tông.

**Bước 4: Điều chỉnh thành phần cấp phối bê tông tại hiện trường**

Căn cứ vào thành phần cấp phối đã xác định trong phòng thí nghiệm, điều chỉnh thành phần cấp phối bê tông tại hiện trường theo độ ẩm thực tế của cốt liệu sao cho cấp phối đã tính toán không thay đổi.

#### IV. VÍ DỤ TÍNH TOÁN

**Bước 1:** Xác định độ lưu động SN<sup>yc</sup>

Theo yêu cầu kết cấu và điều kiện thi công, chọn được SN<sup>yc</sup> là 8cm

**Bước 2:** Xác định lượng nước (N)

Với SN<sup>yc</sup>=8; Cát có M<sub>dl</sub>=2,52; Đá dăm có D<sub>max</sub>=20 xác định được lượng nước là 195 (l)

**Bước 3:** Xác định các thông số của hỗn hợp chất kết dính

- Sử dụng phụ gia khoáng tro bay, theo khuyến cáo quyết định lượng dùng là 30% thay thế xi măng.

- Sử dụng xi măng Pooclăng thường PC40, và tro bay Phả Lại trộn theo tỷ lệ xác định ở trên, xác định được cường độ thực tế của chất kết dính là 480daN/cm<sup>2</sup>.

- Xác định khối lượng riêng của chất kết dính:

$$\rho_{ckd} = \frac{100}{\frac{X\%}{\rho_x} + \frac{PGK\%}{\rho_{pgk}}} = \frac{100}{\frac{70}{3,1} + \frac{30}{2,22}} = 2,77 \left( \frac{g}{cm^3} \right)$$

**Bước 4:** Xác định tỷ lệ chất kết dính/nước (CKD/N)

Với yêu cầu bê tông có mác thiết kế là 300 daN/cm<sup>2</sup>, thi công bằng trạm trộn tự động' vật liệu xem như có chất lượng trung bình, tỷ lệ CKD/N xác định được như sau:

$$\frac{CKD}{N} = \frac{R_{br}}{A.R_{ckd}} + 0,5 = \frac{300 \times 1,1}{0,5 \times 480} + 0,5 = 1,875$$

**Bước 5:** Tính hàm lượng chất kết dính (CKD)

$$CKD = \frac{CKD}{N} \cdot N = 1,875 \times 195 = 366(kg)$$

**Bước 6:** Xác định lượng phụ gia khoáng và phụ gia hóa cho 1m<sup>3</sup> bê tông

- Theo đề xuất lấy lượng phụ gia khoáng tro bay là 30%, như vậy lượng xi măng và tro bay sử dụng cho 1m<sup>3</sup> bê tông tính được là:

$$X = \frac{CKD \cdot (100 - PGK\%)}{100} = \frac{366(100 - 30)}{100} = 256(kg)$$

$$PGK = \frac{CKD \cdot PGK\%}{100} = 366 \cdot \frac{30}{100} = 110(kg)$$

- Dùng phụ gia ức chế ăn mòn dạng lỏng với tỷ lệ 2% so với xi măng, ta có lượng phụ gia dùng cho 1m<sup>3</sup> bê tông sẽ là:

$$PGH = \frac{X \cdot PGH\%}{100} = \frac{256 \times 2}{100} = 5,12(kg),$$

tương ứng với thể tích: 5,12/1,15=4,45(l)

**Bước 7:** Xác định thể tích hồ (V<sub>h</sub>)

$$V_h = \frac{CKD}{\rho_{ckd}} + N = \frac{366}{2,77} + 195 = 327(\text{lít})$$

**Bước 8:** Xác định hệ số dư vữa hợp lý K<sub>d</sub> – Tra bảng phụ thuộc vào V<sub>h</sub>, mô đun độ mịn của cát M<sub>dl</sub> và loại đá → K<sub>d</sub>=1,45736

**Bước 9:** Xác định lượng cốt liệu lớn (Đ)

$$Đ = \frac{\rho_{od}}{r_d \cdot (K_d - 1) + 1} = \frac{1400}{0,48 \cdot (1,45736 - 1) + 1} = 1148(kg)$$

Trong đó:

$$r_d = 1 - (\rho_{od} / \rho_d \times 1000) = 1 - (1400 / 2,69 \times 1000) = 0,48$$

**Bước 10:** Xác định hàm lượng cát (C)

$$C = [1000 - (V_h \cdot h + Đ / \rho_d)] \cdot \rho_c = [1000 - (327 + 1148 / 2,69)] \cdot 1,27 = 663(kg)$$

→ Vậy cấp phối vật liệu cho 1m<sup>3</sup> bê tông theo tính toán là:

Hỗn hợp chất kết dính: **366 kg**

Trong đó: Xi măng: 256 kg

PG khoáng tro bay: 110 kg

Hỗn hợp nước và phụ gia hóa: **195 (l)**

Trong đó: Phụ gia ức chế ăn mòn:

5,12 kg (4.45 lít)

Nước: 190,55 kg (190,55 lít)

Cát: **663 kg**

Đá: **1148kg**

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Bộ Xây dựng – “Chỉ dẫn kỹ thuật chọn thành phần bê tông các loại”, 2000.
- [2] GS.TS Phạm Duy Hữu (Chủ biên) – Bê tông cường độ cao và chất lượng cao, 2008.
- [3] Viện Kỹ thuật xây dựng – Báo cáo tổng kết đề tài “Nghiên cứu chế tạo bê tông cường độ cao sử dụng trong thi công xây dựng các công trình trên địa bàn Hà Nội”
- [4] Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam – Viện Thủy Công – Báo cáo chuyên đề “Hướng dẫn thiết kế cấp phối bê tông tự lèn”, thuộc dự án “Hoàn thiện công nghệ chế tạo bê tông tự lèn trong xây dựng công trình Thủy lợi”

## Abstract

### METHOD TO DETERMINE THE PROPORTION OF CONCRETE USING BOTH MINERAL AND CHEMICAL ADMIXTURE

Based on the the current circumstance, most types of concrete use admixture including mineral and chemical admixture in order to improve the properties of concrete to meet various kinds of purpose. This paper presents the method for determining the proportion of concrete which use both mineral and chemical admixture. The steps are based on the conventional method applied in Viet Nam, but consider the formulas to calculate the properties and the content of admixture as well as adjust other components in concrete.

**Key words:** Concrete proportion, mineral admixture, chemical admixture.

Người phản biện: PGS. TS. Nguyễn Quang Phú

BBT nhận bài: 12/7/2012

Phản biện xong: 17/9/2012