Phương pháp thiết kế cấp phối hỗn hợp bê tông đầm lăn

TS. Hoàng Phó Uyên
Viện Khoa học Thuỷ lợi

I. Đặt vấn đề

Thiết kế cấp phối chính là việc nghiên cứu tính toán lý thuyết sau đó tiến hành thử nghiệm kiểm chứng trong phòng thí nghiệm để lựa chọn được tỷ lệ hợp lý các thành phần của hỗn hợp bê tông đầm lăn. Cũng như bê tông truyền thống , tỷ lệ cấp phối phụ thuộc vào những yêu cầu về kỹ thuật của bê tông đầm lăn mà các nhà thiết kế công trình yêu cầu. Cụ thể đối với các đập trọng lực thì bê tông đầm lăn phải đạt được cường độ, độ chống thấm nước và đảm bảo độ bền vững của kết cấu công trình. Việc tính toán thiết kế hợp lý các tỷ lệ của hỗn hợp bê tông đầm lăn là một khâu quan trọng để có được sản phẩm bê tông đầm lăn chất lượng cao, vừa đảm bảo kinh tế tiết kiệm vừa đảm bảo yêu cầu kỹ thuật. Tuy nhiên các tỷ lệ thành phần cấp phối của hỗn hợp bê tông đầm lăn cũng phụ thuộc vào các yêu cầu cụ thể của từng công trình, đó là về vật liệu để xây dựng công trình, thiết bị vận chuyển hỗn hợp bê tông đầm lăn và các thiết bị san đầm của Nhà thầu thi công công trình. Hiện tại trên thế giới có rất nhiều phương pháp thiết kế cấp phối hỗn hợp bê tông đầm lăn theo nhiều trường phái khác nhau như phương pháp của Mỹ (cũng có đến 5 phương pháp), Trung Quốc, Nhật .v.v… Bài viết này giới thiệu phương pháp thiết kế cấp phối hỗn hợp bê tông đầm lăn của Phòng NC Vật liệu – Viện Khoa học Thuỷ lợi cùng với sự giúp đỡ của Giáo sư TSKH Nguyễn Thúc Tuyên và tham khảo các tài liệu cũng như các cấp phối bê tông đầm lăn của các công trình xây dựng Thuỷ lợi, Thuỷ điện của Việt nam.

II. Một số căn cứ để tính toán thành phần cấp phối hỗn hợp bê tông đầm lăn.

2.1. Cường độ

Cường độ của bê tông đầm lăn thường đã được cơ quan thiết kế công trình xác định trong khi tính toán thiết kế. Đối với bê tông truyền thống cường độ phụ thuộc vào hàm lượng xi măng, trong khi đó bê tông đầm lăn là loại bê tông nghèo xi măng cường độ phụ thuộc vào hàm lượng chất kết dính (xi măng + phụ gia khoáng hoạt tính nghiền mịn) và công nghệ đầm cán. Một yếu tố quyết định đến cường độ của bê tông đầm lăn , cũng như các loại bê tông khác đó là tỷ lệ: Nước / Chất kết dính .

2.2. Độ chống thấm

Khả năng chống thấm nước của bê tông đầm lăn quyết định đến khả năng chống lại sự xâm thực của môi trường đối với công trình. Độ bền của công trình xây dựng từ bê tông đầm lăn ngoài việc phụ thuộc vào cường độ thì còn phụ thuộc vào khả năng chống thấm của nó. Bê tông đầm lăn dùng cho xây dựng đập thường được thiết kế với hàm lượng xi măng thấp (nghèo xi măng) nên khả năng chống thấm nước thường là kém hơn so với bê tông truyền thống có cùng mác. Chính vì vậy để bảo vệ các kết cấu bê tông đầm lăn nghèo xi măng trước tác động của môi trường, cần phải tính toán thiết kế một lớp bê tông giầu xi măng hơn bao bọc mặt ngoài hopặc có thể phải sử dụng các màng chống thấm nước.

2.3. Độ công tác (Vc)

Độ công tác (Vc) là một tính chất của hỗn hợp bê tông đầm lăn , qua đó có thể xác định được khả năng đổ và đầm hỗn hợp bê tông đầm lăn với loại thiết bị thi công thích hợp không gây ra hiện tượng phân tầng phân lớp ảnh hưởng xấu đến chất lượng của kết cấu công trình. Độ công tác Vc của hỗn hợp bê tông đầm lăn phụ thuộc vào hàm lượng dùng xi măng, lượng nước trộn, hàm lượng dùng phụ gia khoáng nghiền mịn và phụ gia hoá học, cấp phối hỗn hợp, hình dạng cốt liệu, tỷ lệ cốt liệu lớn và cốt liệu nhỏ.

2.4. Hiện tượng sinh nhiệt trong khối đổ bê tông đầm lăn

Hỗn hợp bê tông đầm lăn có lượng dùng xi măng và lượng nước trộn thấp, một phần xi măng đã được thay thế bằng phụ gia khoáng hoạt tính nghiền mịn, do vậy đã làm cho nhiệt thuỷ hoá của xi măng trong khối bê tông đầm lăn giảm đi đáng kể. Tuy vậy vẫn phải cần nghiên cứu tính toán lượng dùng chất kết dính hợp lý để đảm bảo cường độ, độ bền và các tính chất cơ lý khác của sản phẩm bê tông đầm lăn sau khi đông cứng phù hợp với yêu cầu của thiết kế đề ra.

2.5. Cốt liệu

Kích cỡ lớn nhất (Dmax) của cốt liệu lớn thường gây ảnh hưởng đến sự phân tầng trong quá trình vận chuyển và san đầm hỗn hợp bê tông đầm lăn. Với công nghệ thi công cùng thiết bị thi công tiên tiến , đối với các công trình đập trọng lực có thể dùng cốt liệu có Dmax đến 150mm. Tuy nhiên đối với Việt nam, qua một số công trình thi công bê tông đầm lăn như: Định Bình, Plejkrông, Bản vẽ v.v… thì Dmax của cốt liệu lớn thường chỉ đến 60mm. Đối với các công trình sử dụng cát tự nhiên mà không đủ thành phần hạt mịn thì cần bổ xung loại vật liệu

mịn nhỏ hơn cỡ sàng 75 μm. đây là một yếu tố quan trọng để giảm lỗ rỗng trong vữa bê tông đầm lăn và tạo ra hỗn hợp có độ kết dính và tính dễ đổ tốt hơn.

2.6. Hàm lượng nước

Hàm lượng nước trộn ảnh hưởng đến cường độ và độ chống thấm của bê tông đầm lăn. Tuy nhiên nếu hàm lượng nước quá thấp làm cho độ công tác Vc lớn khó thi công trong quá trình đầm cán. Chính vì vậy cần phải sử dụng phụ gia dẻo hoá giảm nước để tối ưu hoá lượng nước trộn trong hỗn hợp bê tông đầm lăn.

III. Phương pháp thiết kế thành phần hỗn hợp bê tông đầm lăn

3.1. Nguyên tắc chung

- Thiết kế thành phần theo phương pháp thể tích tuyệt đối có kể đến hàm lượng khí tồn tại trong hỗn hợp bê tông đầm lăn bằng 1 – 2% không kể các lỗ rỗng của khối bê tông do thi công gây ra.
- Mức ngậm cát hợp lý, đối với cát sỏi tự nhiên, cấp phối 3 cấp là 26 – 32%, cấp phối 2 cấp là 32 – 37%. Dùng cát nghiền thì tăng thêm 4 – 6%. Nói chung mức ngậm cát trong bê tông đầm lăn lớn hơn bê tông truyền thống khpoảng từ 3 đến 5%. Mức ngậm cát tối ưu được xác định thông qua thí nghiệm.
- Tổng lượng chất kết dính (xi măng + phụ gia khoáng hoạt tính nghiền mịn) trong bê tông đầm lăn không được nhỏ hơn 130 kg/m^3.
- Cốt liệu lớn có Dmax = 40; 60; 80mm;
- Hàm lượng phụ gia khoáng nghiền mịn thích hợp trong bê tông đầm lăn dao động trong khoảng 40 – 70% khối lượng chất kết dính;
- Tỷ lệ N/CKD < 0,7;
- Độ công tác Vc tại miệng máy trộn thích hợp là từ 5 đến 20 giây;

3.2. Các dữ kiện cần biết

- Đối với hỗn hợp bê tông đầm lăn và bê tông đầm lăn : Trị số Vc, thời gian đông kết của hỗn hợp bê tông, mác bê tông, mác chống thấm hoặc hệ số thấm;
- Chất kết dính (CKD) : Cường độ nén tuổi 28 ngày, khối lượng riêng, khối lượng thể tích (xác định bằng thí nghiệm hoặc tính toán theo tỷ lệ % của hỗn hợp chất kết dính);
- Đối với cát : Khối lượng riêng, thành phần hạt;
- Đối với đá: Dmax, thành phần hạt, khối lượng riêng;
- Đối với phụ gia khoáng hoạt tính : Khối lượng riêng, tỷ lệ phụ gia khoáng trong chất kết dính.

3.3. Mục đích của việc thiết kế thành phần hỗn hợp bê tông đầm lăn

Nhằm xác định được hàm lượng các loại vật liệu cấu thành (xi măng, phụ gia khoáng hoạt tính, cốt liệu lơn, cốt liệu nhỏ, nước và phụ gia hoá học) trong 1m^3 hỗn hợp bê tông đầm lăn để hỗn hợp và bê tông đầm lăn đạt được các yêu cầu của thiết kế.

4. Các bước thiết kế thành phần hỗn hợp bê tông đầm lăn

A – Phần tính toán:

Bước 1. Xác định tỷ lệ CKD/N

Tỷ lệ CKD/N tính theo công thức sau đây:

$$R_{90}^{BTDL} = A.R_{28}^{CKD}.(\frac{CKD}{N} - B)$$

Trong đó A và B là hệ số thực nghiệm được tra trong bảng 1.

Bảng 1. Hệ số A và B

Loại cốt liệu	A	B
Sỏi	0,773	0,789
Dăm	0,811	0,581

R_{90}^{BTDL} là cường độ yêu cầu $R_{90}^{y/c}$ (cường độ thí nghiệm) của bê tông đầm lăn được tính bằng công thức:

$$R_{90}^{y/c} = R_{90}^{tk} + t.S$$

Trong đó: S – Sai số quan phương được xác định từ kết quả cường độ nén của ít nhất 9 nhóm mẫu;

t – Hệ số phụ thuộc vào mức bảo đảm của cường độ bê tông P và được xác định theo bảng 2.

Bảng 2. Trị số t

P%	70,0	75,0	80,0	84,1	85,0	90,0	95,0	97,5	99,9
t	0,525	0,675	0,840	1,00	1,04	1,28	1,645	2,00	3,00

www.vncold.vn

Nếu không có điều kiện thí nghiệm, thì có thể lấy $R_{90}^{y/c} = (1,1 \div 1,15).R_{90}^{tk}$ tuỳ theo mức độ thi công bê tông tốt hoặc trung bình.

Bước 2. Xác định hàm lượng nước trộn trong 1m^3 bê tông theo bảng 3

Bảng 3: Hàm lượng nước trộn N, l/m^3.

Dmax cốt liệu lớn (mm)	20	40	80
Cát tự nhiên	100 – 120	90 - 115	80 – 110
Cát nghiền	110 - 125	100- 120	90 - 115

Bước 3. Xác định hàm lượng chất kết dính theo tỷ lệ CKD/N và N đã được xác định trong bước 1 và bước 2 theo công thức :

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

Bước 4. Xác định hàm lượng cốt liệu lớn và cốt liệu nhỏ trong 1m^3 hỗn hợp bê tông đầm lăn.

Chất kết dính bao gồm xi măng và puzôlan. Nếu tỷ lệ puzôlan trong chất kết dính là Pu% thì tỷ lệ xi măng là (100 – Pu)%. Khi đó có thể tính riêng hàm lượng xi măng (X) và puzôlan (Pu) trong 1m^3 bê tông theo công thức:

$$X = \frac{CKD.(100 - Pu)}{100}, kg$$

$$Pu = \frac{CKD.Pu}{100}, kg$$

Từ nguyên lý thể tích tuyệt đối của phương pháp thiết kế thành phần bê tông đã nêu ở mục 1. có thể viết:

$$1000 - \frac{CKD}{\rho_{CKD}} - N - V_{KK} = \frac{C}{\rho_C} + \frac{D}{\rho_D} \qquad (1)$$

Mức ngậm cát xác định:

$$m_C = \frac{C}{C + D}.100\% \qquad (2)$$

Từ hai phương trình (1) & (2), có thể xác định được hàm lượng cát (C, kg) và hàm lượng đá (Đ, kg) trong 1m^3 bê tông đầm lăn.

B - Phần thực nghiệm

Để hiệu chỉnh thành phần bê tông đầm lăn đã tính toán ở trên, phải làm lại các thí nghiệm sau đây:

Bước điều chỉnh 1: Trộn mẻ để thí nghiệm kiểm tra độ công tác Vc. Nếu Vc lớn hơn hoặc nhỏ hơn yêu cầu , thì tăng hoặc giảm nước, rồi trộn mẻ khác để thử Vc. Cứ điều chỉnh nước trộn như vậy cho đến khi đạt được Vc như yêu cầu. Trong các mẻ thử này nếu có dùng phụ gia hoá học nào thì dùng tỷ lệ pha trộn theo hướng dẫn của nhà cung cấp .

Bước điều chỉnh 2: Trộn mẻ thử với thành phầnđã được điều chỉnh trong bước 1, đúc 3 nhóm mẫu để thí nghiệm cường độ nén với hàm lượng CKD như tính toán và với các hàm lượng CKD +10% và - 10%. Nếu có yêu cầu chỉ tiêu cường độ kéo khi uốn và chống thấm thì cũng phải đúc mẫu để thí nghiệm các chỉ tiêu này. Cường độ của mẫu BTĐL ở tuổi quy định của 3 nhóm mẫu là R_1,R_2, R_3. Từ đó vẽ đường quan hệ giữa cường độ và hàm lượng CKD. Dựa vào đường quan hệ đó để xác định hàm lượng chất kết dính ứng với cường độ yêu cầu. Trong các hàm lượng chất kết dính nên chọn giá trị lớn nhất để thoả mãn tất cả các yêu cầu về cường độ (nén, kéo khi uốn, chống thấm).

Bước điều chỉnh 3:Trộn thử mẻ với thành phần BTĐL đã được điều chỉnh trong bước 1 & 2 với mức ngậm cát (m) đã dùng và trộn thêm hai mẻ khác có độ ngậm cát m ± 3, sau đó thí nghiệm trị số Vc của 3 mẻ trộn để đợc Vc1, Vc2, Vc3. Từ đó vẽ đường quan hệ giữa Vc và mức ngậm cát m. Xác định được mức ngậm cát tối ưu cho giá trị Vclớn nhất, từ đó xác định lại hàm lượng cát và đá trong hỗn hợp BTĐL.

Bước điều chỉnh 4: Trộn mẻ thử với thành phần đã được xác định trong bước 1,2 & 3, rồi xác định khối lượng thể tích của hỗn hợp BTĐL. Tính khối lượng thể tích của 1m3 BTĐL, từ đó xác định hàm lượng vật liệu thành phần trong 1m^3 BTĐL để áp dụng thi công trên công trình. Tuy nhiên lượng cát, đá dùng trong tính

www.vncold.vn

toán là ở trạng thái bão hoà khô bề mặt (SSD). Nếu thực tế tại công trường cát đá có độ ẩm khác SSD thì phải điều chỉnh lượng nước trộn và lượng cát, đá sao cho cấp phối bê tông đã tính toán không thay đổi.

Tài liệu tham khảo

- Hoàng Phó Uyên, Nguyễn Quang Bình. Báo cáo kết quả thí nghiệm hiệu chỉnh cấp phối BTĐL tại hiện trường – Công trình đầu mối Hồ chứa nước Định Bình – Bình Định, 2006.
- Phương pháp thiết kế RCC của Viện bê tông Mỹ theo ACI 211.3R – 13.
- Phương pháp thiết kế RCC bằng phương pháp dung trọng tối đa của Mỹ theo ACI 211. 3R – 13.
- Phương pháp thiết kế RCC của Hiệp hội kỹ sư quân sự Mỹ theo EM – 1110 -2-2006.
- Phương pháp thiết kế RCC của Mỹ theo ACI 207. 5R.
- Phương pháp thiết kế RCC của Cục khai hoang Mỹ.
- Phương pháp RCCD của Trung Quốc.
- Phương pháp RCD của Nhật.

www.vncold.vn