



XÂY DỰNG QUY TRÌNH TÍNH TOÁN CẤP PHỐI CHO BÊ TÔNG TỰ LÊN TRÊN CƠ SỞ TỐI ƯU CẤP PHỐI CỐT LIỆU VÀ THỂ TÍCH VỮA

Bùi Lê Anh Tuấn^{1*}, Hwang Chao Lung², Ngô Văn Ánh¹, Nguyễn Quốc Chiến¹, Kiều Phước Ngọc³ và Nguyễn Nhật Trường³

¹Khoa Công nghệ, Trường Đại học Cần Thơ

²Khoa Xây dựng, Đại học Kỹ thuật Công nghệ Quốc gia Đài Loan, Đài Loan

³Ban Quản lý các khu công nghiệp tỉnh Hậu Giang

*Người chịu trách nhiệm về bài viết: Bùi Lê Anh Tuấn (email: blatuan@ctu.edu.vn)

Thông tin chung:

Ngày nhận bài: 10/11/2017

Ngày nhận bài sửa: 14/12/2017

Ngày duyệt đăng: 18/06/2018

Title:

Development of mix proportion for self-compacting concrete based on optimal dense packing of aggregates and paste content

Từ khóa:

Bê tông tự lên, cấp phối bê tông, tro bay

Keywords:

Self-compacting concrete, concrete mix proportion, fly ash

ABSTRACT

This paper is aimed to propose a mix proportion design method for self-compacting concrete (SCC) based on the optimal ratio of aggregate to paste. The volume ratio between aggregates and paste in the mix proportion calculating by proposed method is suitable for all the requirements of SCC mix. It is easy to adjust amount of paste and aggregate to follow the requirements of SCC as well as other specific design requirements.

TÓM TẮT

Phương pháp tính toán cấp phối cho bê tông tự lên dựa trên cơ sở xác định tỷ lệ phối trộn tối ưu cho cốt liệu và lượng vữa được xây dựng trong nghiên cứu. Cấp phối bê tông tính toán theo phương pháp được xây dựng có tỷ lệ cốt liệu và vữa phù hợp theo yêu cầu của bê tông tự lên. Lượng vữa và cốt liệu có thể điều chỉnh dễ dàng theo yêu cầu chung cho bê tông tự lên cũng như các yêu cầu thiết kế đặc thù khác.

Trích dẫn: Bùi Lê Anh Tuấn, Hwang Chao Lung, Ngô Văn Ánh, Nguyễn Quốc Chiến, Kiều Phước Ngọc và Nguyễn Nhật Trường, 2018. Xây dựng quy trình tính toán cấp phối cho bê tông tự lên trên cơ sở tối ưu cấp phối cốt liệu và thể tích vữa. Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ. 54(4A): 1-7.

1 ĐẶT VẤN ĐỀ

Bê tông tự lên (BTTL) là loại bê tông có thể tự chảy dưới trọng lượng bản thân, có thể làm đầy các khuôn có hình dạng phức tạp hay những nơi cốt thép dày đặc mà không tác động cơ học. Để có khả năng tự lên mà không bị phân tầng, cấp phối của BTTL phải thỏa mãn các nguyên tắc: giới hạn cốt liệu, tỷ nước/chất kết dính thấp và sử dụng phụ gia siêu dẻo (Brouwers *et al.*, 2005; Chao-Lung Hwang *et al.*, 2012; Safiuddin *et al.*, 2013). Vì vậy,

cấp phối của BTTL có nhiều điểm khác biệt so với cấp phối của bê tông thường. Cấp phối BTTL có lượng vữa cao, lượng nước thấp hơn, nhiều cốt liệu nhỏ hơn và ít lượng cốt liệu lớn so với cấp phối bê tông thường. Lượng cốt liệu trong cấp phối của BTTL chiếm khoảng 60-70% thể tích của bê tông (Naik, 2012), trong khi đó giá trị này đối với bê tông thường là 70 – 80% (Chao-Lung Hwang *et al.*, 2012). Cốt liệu lớn thường chiếm 28% - 38% thể tích của BTTL. Để đảm bảo khả năng tự lấp

đầy khuôn thì lượng vữa được khuyến cáo khoảng 30% - 42% thể tích của bê tông (Domone, 2006).

Các phương pháp tính toán cấp phối được sử dụng hiện nay cho bê tông (ACI-211.1, 1996) thường không phù hợp cho BTTL. Các phương pháp này dựa vào yêu cầu về tính công tác thông qua độ sụt để chọn lượng nước từ các bảng tra, tính toán lượng xi măng, sau đó mới tính lượng cốt liệu cần thiết. Việc lựa chọn lượng nước thông qua độ sụt không phù hợp vì BTTL sử dụng phụ gia giảm nước siêu dẻo điều chỉnh độ sụt, độ chảy xèo. Hơn nữa, các phương pháp tính toán cấp phối cho bê tông truyền thống chỉ quan tâm một số đặc tính chung của cốt liệu như D_{max} của cốt liệu lớn, mô đun độ mịn của cốt liệu nhỏ, không thể mô tả hoàn toàn các tính chất của cốt liệu nhất là tính góc cạnh của cốt liệu.

Vì vậy, việc xây dựng phương pháp tính toán cấp phối cho BTTL đơn giản là hết sức cần thiết nhằm hạn chế việc tra số liệu từ các bảng biểu như theo các phương pháp được sử dụng hiện nay bằng cách thí nghiệm trực tiếp trên vật liệu sử dụng, từ đó có thể hạn chế các sai số do sử dụng các loại vật liệu nguồn gốc, chất lượng khác nhau, không cần thực hiện nhiều thí nghiệm, có xét đến tính góc cạnh của cốt liệu, có thể điều chỉnh lượng vữa tối ưu....

2 PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1 Phương pháp tính toán cấp phối BTTL

Phương pháp tính toán cấp phối cho BTTL được xây dựng trên nguyên lý tính toán của Bùi Lê Anh Tuấn và *ctv.* (2015). Hai phương pháp tính toán sẽ được xây dựng trên cơ sở hai trường hợp phối trộn hỗn hợp cốt liệu khác nhau, sau đó so sánh thành phần vật liệu trong cấp phối được tính toán theo phương pháp được xây dựng để đề xuất phương pháp tính toán cấp phối cho BTTL. Bước đầu tiên của phương pháp tính toán cấp phối là tạo cấp phối cốt liệu tối ưu; sau đó lượng vữa điều chỉnh sao cho đảm bảo yêu cầu cho BTTL.

2.1.1 Thiết kế cấp phối cốt liệu

Thành phần của hỗn hợp cốt liệu được xác định dựa vào giá trị độ đặc của hỗn hợp cốt liệu. Phương pháp phối trộn sao cho hỗn hợp cốt liệu đạt tối ưu theo phương pháp của Bùi Lê Anh Tuấn và *ctv.* (2015). Các bước chính trong phương pháp này như sau:

- Lựa chọn các tổ hợp phối trộn cốt liệu theo tính chất của cốt liệu hiện có;
- Phối trộn cốt liệu theo phương pháp khối lượng qua thí nghiệm Alpha và Beta (Bùi Lê Anh Tuấn và *ctv.*, 2015);

- Phân tích hỗn hợp được phối trộn.

2.1.2 Xác định thể tích vữa

Lượng vữa (V_p) sẽ được xác định dựa vào công thức $V_p = nV_v$, với V_v thể tích rỗng của hỗn hợp cốt liệu, n là hệ số dư vữa (Bùi Lê Anh Tuấn và *ctv.*, 2015). Với các xác định này giá trị n có thể lựa chọn sao cho đảm bảo yêu cầu của BTTL.

2.2 Vật liệu sử dụng

Qua nghiên cứu, đá mi, cát nghiền, tro bay (FA), muối silic (SF), nước và phụ gia siêu dẻo Sika Viscocrete 151 là những vật liệu sử dụng tốt cho BTTL. Vì vậy, các loại vật liệu này được sử dụng để xây dựng phương pháp tính toán cấp phối. Chi tiêu kỹ thuật của các loại vật liệu như sau:

- Khối lượng riêng của xi măng: 2960 kg/m³.
- Đá mi: Khối lượng riêng: 2700 kg/m³; Độ hút nước: 0,88%; Mô đun độ lớn: 2,02.
- Cát nghiền hay còn gọi là cát nhân tạo là sản phẩm được tạo ra từ đá. Cát nghiền được sử dụng có khối lượng riêng: 2614 kg/m³; Độ hút nước: 8,5%; Mô đun độ lớn: 1,33.
- Khối lượng riêng của nước: 1000 kg/m³.
- Khối lượng riêng của tro bay: 2460 kg/m³.
- Khối lượng riêng của muối silic: 2060 kg/m³.

Hai phương pháp tính toán cấp phối sẽ được xây dựng như sau:

- Phương pháp thứ nhất (TH1): được xây dựng khi hỗn hợp cốt liệu tối ưu được tiến hành xác định theo thí nghiệm Alpha (tro bay + cát nghiền) và Beta (đá mi + cát nghiền + tro bay).
- Phương pháp thứ hai (TH2): được xây dựng khi hỗn hợp cốt liệu tối ưu được tiến hành xác định theo thí nghiệm Alpha (đá mi + cát nghiền) và Beta (đá mi + cát nghiền + tro bay).

3 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1 Quy trình tính toán cấp phối

3.1.1 Quy trình tính toán cấp phối cho BTTL theo TH1

Bước 1: Xác định tỷ lệ phối trộn tối ưu cho cốt liệu.

- Xác định tỷ lệ phối trộn tối ưu cho hỗn hợp tro bay và cát nghiền sao cho tro bay lấp đầy lỗ rỗng được tạo ra bởi cát nghiền bằng thí nghiệm Alpha.

$$\alpha = \frac{W_{FA}}{W_{FA} + W_{catngnien}} \quad (1.1)$$

trong đó: α là giá trị tìm được từ thí nghiệm α .

$W_{catngghien}$ là khối lượng của cát nghiền; W_{FA} là khối lượng của tro bay.

– Xác định tỷ lệ phối trộn tối ưu cho hỗn hợp tro bay, cát nghiền và đá mi sao cho hỗn hợp tro bay và cát nghiền (đã được phối trộn theo giá trị α) lấp đầy lỗ rỗng được tạo ra bởi đá mi bằng thí nghiệm Beta.

$$\beta = \frac{W_{catngghien} + W_{FA}}{W_{dami} + (W_{catngghien} + W_{FA})} \quad (1.2)$$

trong đó: β là giá trị tìm được từ thí nghiệm β ; W_{dami} là khối lượng của đá mi.

– Xác định thể tích lỗ rỗng của hỗn hợp (tro bay + cát nghiền + đá mi)

$$V_v = 1 - \sum \frac{W_i}{\gamma_i} \quad (1.3)$$

trong đó: γ_i là khối lượng riêng của vật liệu i , kg/m^3 .

Bước 2: Xác định thể tích của vữa và tỷ lệ nước/chất kết dính (w/cm).

$$V_p = V_v + S \times t = nV_v = n \left(1 - \sum \frac{W_i}{\gamma_i} \right) \quad (1.4)$$

trong đó: S là diện tích bề mặt của cốt liệu; t là chiều dày của lớp vữa phủ trên bề mặt cốt liệu; n là hệ số dư vữa và V_p là thể tích của vữa.

Bước 3: Tính toán thể tích cốt liệu, V_{agg} .

$$V_{agg} = 1 - V_p \quad (1.5)$$

trong đó V_{agg} là tổng thể tích của cốt liệu.

Bước 4: Tính toán hàm lượng tro bay, cát nghiền và đá mi.

Công thức số 1.1 và 1.2 có thể được viết lại như sau:

$$W_{FA} = W_{catngghien} \times \left(\frac{\alpha}{1 - \alpha} \right) \quad (1.6)$$

$$W_{dami} = W_{catngghien} \times \left(\frac{1 - \beta}{\beta - \alpha\beta} \right) \quad (1.7)$$

Thay công thức 1.6 và 1.7 vào công thức số 1.5 và viết lại ta được:

$$W_{catngghien} = \frac{V_{agg}}{\left(\frac{\alpha}{1 - \alpha} \right) \frac{1}{\gamma_{FA}} + \frac{1}{\gamma_{catngghien}} + \left(\frac{1 - \beta}{\beta - \alpha\beta} \right) \frac{1}{\gamma_{dami}}} \quad (1.8)$$

Bước 5: Tính hàm lượng của xi măng, muối silic và nước.

$$V_p = \frac{W_{nuoc}}{\gamma_{nuoc}} + \frac{W_{ximang}}{\gamma_{ximang}} + \frac{W_{SF}}{\gamma_{SF}} \quad (1.9)$$

ξ là tỷ lệ phần trăm theo khối lượng muối silic thay thế xi măng, thì ξ được tính theo công thức:

$$\xi = \frac{W_{SF}}{W_{SF} + W_{ximang}} \quad (1.10)$$

Thay công thức 1.10 vào 1.9, ta có

$$V_p = \frac{\left(\frac{W_{nuoc}}{W_{ximang}} \right) W_c}{\gamma_{nuoc}} + \frac{W_{ximang}}{\gamma_{ximang}} + \frac{\left(\frac{\xi}{1 - \xi} \right) W_{ximang}}{\gamma_{SF}} \quad (1.11)$$

Tỷ lệ nước/chất kết dính (w/cm) là λ , ta có

$$\lambda = \frac{W_{nuoc}}{W_{ximang} + W_{SF} + W_{FA}} \quad (1.12)$$

$$W_{nuoc} = \lambda (W_{ximang} + W_{SF} + W_{FA}) \quad (1.13)$$

$$W_{SF} = \frac{\xi}{1 - \xi} \times W_{ximang} \quad (1.14)$$

Thay công thức 1.13 và 1.14 vào công thức 1.11 và viết lại ta được:

$$W_{ximang} = \frac{V_p - \lambda \frac{W_{FA}}{\gamma_{nuoc}}}{\left[\frac{\lambda}{\gamma_{nuoc}} + \frac{1}{\gamma_{ximang}} + \frac{\xi}{1 - \xi} \left(\frac{\lambda}{\gamma_{nuoc}} + \frac{1}{\gamma_{SF}} \right) \right]}$$

trong đó: W_{nuoc} , W_{ximang} và W_{SF} lần lượt là khối lượng của nước, xi măng và muối silic; γ_{nuoc} , γ_{ximang} và γ_{SF} lần lượt là khối lượng riêng của nước, xi măng và muối silic.

Bước 6: Xác định lượng phụ gia siêu dẻo

Lượng phụ gia siêu dẻo được xác định theo tỷ lệ phần trăm của lượng xi măng. Lượng phụ gia siêu dẻo sử dụng để đảm bảo yêu cầu cho BTTL cần được xác định thông qua các mẻ trộn thử.

3.1.2 Quy trình tính toán cấp phối cho BTTL theo TH2

Bước 1: Xác định tỷ lệ phối trộn tối ưu cho cốt liệu.

– Xác định tỷ lệ phối trộn tối ưu cho hỗn hợp cát nghiền và đá mi sao cho cát nghiền lấp đầy lỗ rỗng được tạo ra bởi đá mi bằng thí nghiệm Alpha.

$$\alpha = \frac{W_{catngnien}}{W_{dami} + W_{catngnien}} \quad (2.1)$$

trong đó: α là giá trị tìm được từ thí nghiệm α .

– Xác định tỷ lệ phối trộn tối ưu cho hỗn hợp tro bay, cát nghiền và đá mi sao cho tro bay lấp đầy lỗ rỗng được tạo ra bởi hỗn hợp cát nghiền và đá mi (đã được phối trộn theo giá trị α) bằng thí nghiệm Beta.

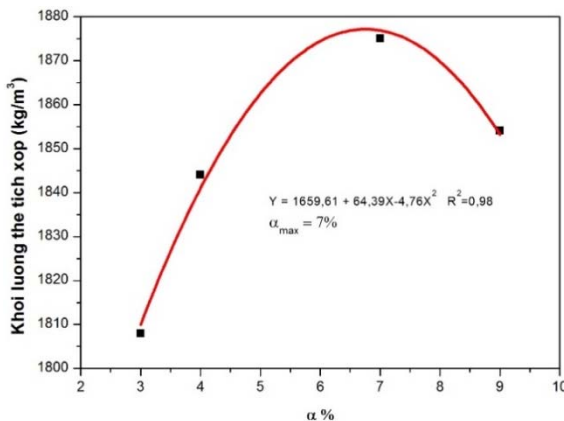
$$\beta = \frac{W_{FA}}{W_{FA} + (W_{daxay} + W_{dami})} \quad (2.2)$$

trong đó: β là giá trị tìm được từ thí nghiệm β .

– Xác định thể tích lỗ rỗng của hỗn hợp (tro bay + cát nghiền + đá mi)

$$V_v = 1 - \sum \frac{W_i}{\gamma_i} \quad (2.3)$$

Bước 2: Xác định thể tích của vữa và tỷ lệ nước/chất kết dính (w/cm).



$$V_p = V_v + S \times t = nV_v = n \left(1 - \sum \frac{W_i}{\gamma_i} \right) \quad (2.4)$$

Bước 3: Tính toán thể tích cốt liệu, V_{agg}

$$V_{agg} = 1 - V_p \quad (2.5)$$

Bước 4: Tính toán hàm lượng tro bay, cát nghiền và đá mi.

Công thức số 2.1 và 2.2 có thể được viết lại như sau:

$$W_{FA} = W_{catngnien} \times \left(\frac{\beta}{\alpha - \alpha\beta} \right) \quad (2.6)$$

$$W_{dami} = W_{catngnien} \times \left(\frac{1 - \alpha}{\alpha} \right) \quad (2.7)$$

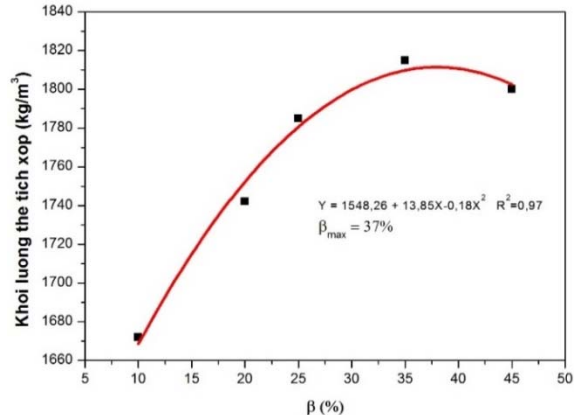
Thay công thức 2.6 và 2.7 vào công thức số 2.5 và viết lại ta được:

$$W_{catngnien} = \frac{V_{agg}}{\left(\frac{1 - \alpha}{\alpha} \right) \frac{1}{\gamma_{dami}} + \frac{1}{\gamma_{catngnien}} + \left(\frac{\beta}{\alpha - \alpha\beta} \right) \frac{1}{\gamma_{FA}}} \quad (2.8)$$

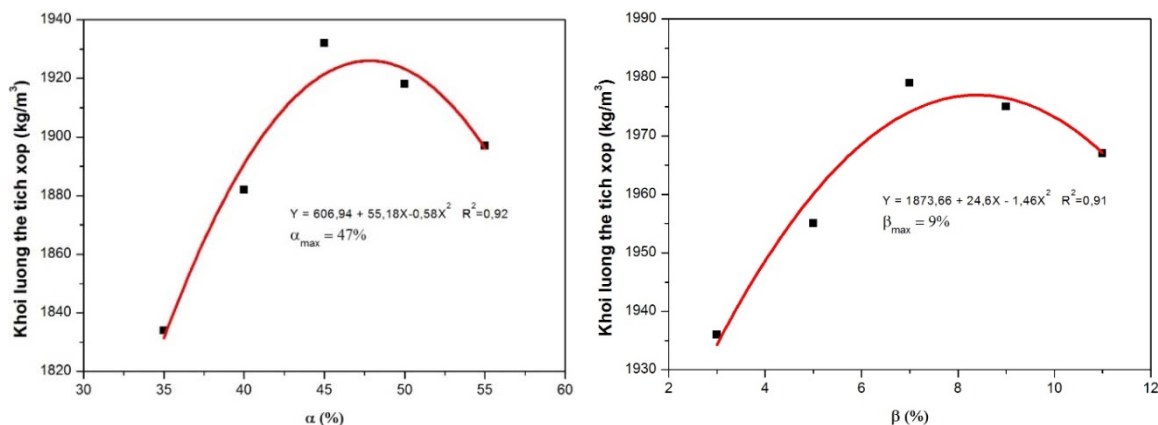
Bước 5 và Bước 6: Tương tự như phương pháp thứ nhất.

3.2 Xác định cấp phối cốt liệu tối ưu

Kết quả thí nghiệm Alpha và Beta cho TH1 và TH2 được thể hiện ở Hình 1 và 2. Giá trị tối ưu của α và β được xác định như sau: TH1 có giá trị $\alpha_{\max} = 7\%$ và $\beta_{\max} = 37\%$; TH2 có giá trị $\alpha_{\max} = 47\%$ và $\beta_{\max} = 9\%$.



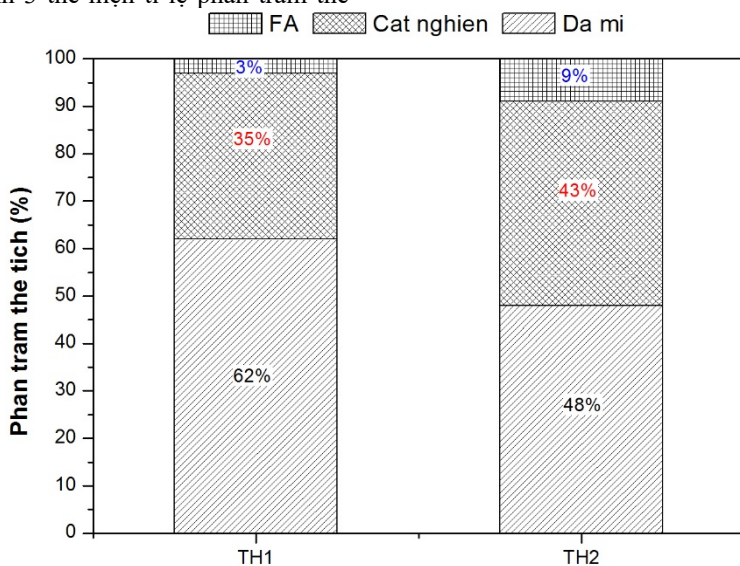
Hình 1: Giá trị α và β theo TH1



Hình 2: Giá trị α và β theo TH2

Từ giá trị α và β tìm được tỷ lệ phối trộn theo phần trăm khối lượng cho hỗn hợp cốt liệu đá mi, cát nghiền và tro bay được xác định như sau: TH1 tỷ lệ đá mi:cát nghiền:tro bay = 62%:35%:3%; TH2 tỷ lệ đá mi:cát nghiền:tro bay = 48%:43%:9%.

Hình 3 thể hiện tỉ lệ phần trăm thể tích cho các vật liệu thành phần của hỗn hợp cốt liệu cho hai trường hợp phối trộn. Qua kết quả phối trộn cho thấy tỷ lệ cốt liệu lớn, tro bay theo TH1 cao hơn so với tỷ lệ cốt liệu lớn, tro bay được phối trộn theo TH2; và ngược lại tỷ lệ cốt liệu nhỏ theo TH1 thấp hơn so với tỷ lệ cốt liệu nhỏ theo TH2.



Hình 3: Phần trăm thể tích của cốt liệu thành phần trong hỗn hợp cốt liệu cho TH1 và TH2

3.3 Cấp phối BTTL

3.3.1 Cấp phối BTTL theo hai phương pháp với cùng tỷ lệ w/cm và giá trị n

Sau khi có tỉ lệ phối trộn tối ưu cho hỗn hợp cốt liệu, cấp phối của BTTL được tính toán theo quy

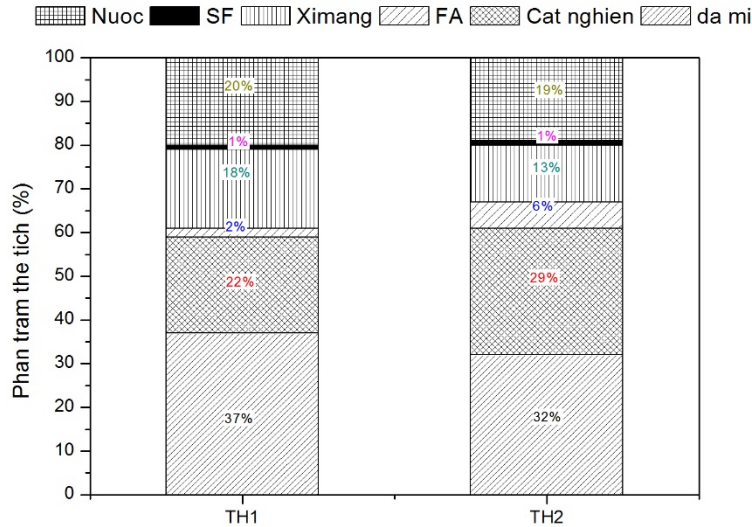
trình tính toán cấp phối đã được xây dựng cho hai trường hợp. Kết quả tính toán cho hai trường hợp với cùng tỷ lệ w/cm và hệ số n được thể hiện ở Bảng 1. Hình 3 thể hiện phần trăm thể tích của vật liệu thành phần trong cấp phối của BTTL cho hai trường hợp.

Bảng 1: Cấp phối BTTL theo TH1 và TH2

Cấp phối	Phương pháp phối trộn cốt liệu	w/cm	n	Khối lượng vật liệu (kg/m³)					
				Đá mi	Cát nghiền	Xi măng	FA	SF	Nước
TH1	Phương pháp thứ nhất	0,35	1,3	1010,44	566,96	507,25	42,67	26,70	201,82
TH2	Phương pháp thứ hai			848,04	752,04	384,92	148,64	20,26	193,84

Tỷ lệ thể tích cốt liệu: vữa theo TH1 và TH2 lần lượt là 59%:41%; 61%:39%. Tỷ lệ được tính toán theo hai phương pháp phù hợp với yêu cầu thể tích vữa 30% - 42% thể tích bê tông cho BTTL (Domone, 2006). Tuy nhiên, lượng tro bay trong cấp phối của hai trường hợp rất khác nhau, trường hợp TH1 lượng tro bay chỉ chiếm 2% của thể tích của bê tông và 6% của thể tích; trong khi đó lượng tro bay chiếm 6% của thể tích của bê tông và 20%

của thể tích vữa đối với TH2. Do lượng vữa cho BTTL cao hơn so với bê tông thường nên việc sử dụng tro bay với lượng thấp (đồng nghĩa với việc lượng xi măng phải tăng lên để đảm bảo thể tích lượng vữa theo yêu cầu) sẽ không đạt hiệu quả về mặt kinh tế cũng như khi mà lượng xi măng nhiều tăng khả năng nứt trong bê tông. Vì vậy, cấp phối bê tông được tính toán theo trường hợp TH2 phù hợp hơn cho BTTL.



Hình 4: Phân trăm thể tích của cốt liệu thành phần trong cấp phối BTTL theo hai phương pháp

3.3.2 Cấp phối BTTL theo TH2 với các giá trị n khác nhau

Để đảm bảo yêu cầu của BTTL về thể tích vữa, lượng vữa được điều chỉnh qua giá trị hệ số dư vữa n. Bảng 2 thể hiện cấp phối BTTL được tính toán

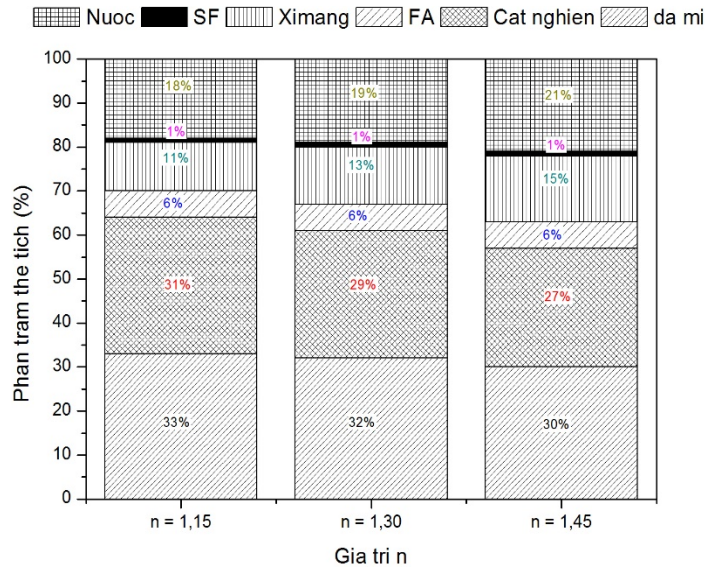
theo TH2 với cùng tỷ lệ w/cm nhưng thay đổi giá trị n lần lượt 1,15; 1,30 và 1,45. Mỗi quan hệ giữa phần trăm thể tích của vật liệu trong cấp phối với giá trị n được thể hiện ở Hình 5.

Bảng 2: Cấp phối BTTL theo phương pháp thứ hai (TH2) với các giá trị n khác nhau

Cấp phối	Phương pháp phối trộn cốt liệu	w/cm	n	Khối lượng vật liệu (kg/m ³)					
				Đá mi	Cát nghiền	Xi măng	FA	SF	Nước
TH1_1.15	Phương pháp thứ hai	0,35	1,15	897,96	796,30	328,30	157,39	17,28	176,04
TH1_1.30			1,30	848,04	752,04	384,92	148,64	20,26	193,84
TH1_1.45			1,45	798,13	707,78	441,54	139,89	23,24	211,64

Với cùng tỷ lệ w/cm, tỷ lệ cốt liệu:vữa lần lượt 64%:36%; 61%:39% và 57%:43% tương ứng khi giá trị n thay đổi 1,15; 1,30 và 1,45. Ta thấy thể tích vữa và cốt liệu thay đổi khi giá trị n thay đổi, giá trị n tăng thì lượng vữa tăng, lượng cốt liệu

giảm và ngược lại. Khi giá trị n = 1,15÷1,45 thì thể tích vữa 36%÷ 43% so với thể tích của bê tông. Tỷ lệ cốt liệu: vữa này phù hợp với yêu cầu về lượng vữa chiếm khoảng 30% - 42% thể tích trong BTTL.



Hình 5: Phần trăm thể tích của cốt liệu thành phần trong cấp phối BTTL theo TH2 với các giá trị n khác nhau

4 KẾT LUẬN

Cấp phối được tính toán theo hai phương pháp có tỷ lệ cốt liệu và vừa phù hợp theo yêu cầu cho BTTL. Phương pháp tính toán thứ hai phù hợp hơn cho BTTL. Với phương pháp tính toán cấp phối có thể thí nghiệm trực tiếp trên nguồn nguyên vật liệu và có thể điều chỉnh tỷ lệ cốt liệu và lượng vừa để đạt tối ưu một cách đơn giản sẽ góp phần nâng cao tính ứng dụng của loại bê tông này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- American Concrete Institute, 1996. Standard practice for selecting proportions for normal, heavyweight, and mass concrete. American Concrete Institute. West Conshohocken, PA, 37 pages.
- Brouwers, H.J.H. and H.J. Radix, 2005. Self-Compacting Concrete: Theoretical and experimental study. Cement and Concrete Research. 35(11): 2116-2136.

Bùi Lê Anh Tuấn, Ngô Văn Ánh, Hwang Chao Lung và Đặng Trâm Anh, 2016. Xây dựng quy trình tính toán cấp phối bê tông thường và bê tông có sử dụng tro trấu. Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ. 45a: 12-19.

- Chao-Lung Hwang, Bui Le Anh Tuan, Kac-Long Lin, and Chun-Ting Lo, 2012. Manufacture and performance of lightweight aggregate from municipal solid waste incinerator fly ash and reservoir sediment for self-consolidating lightweight concrete. Cement and Concrete Composites. 34(10): 1159-1166.
- Domone, P.L., 2006. Self-compacting concrete: An analysis of 11 years of case studies. Cement and Concrete Composites. 28(2): 197-208.
- Naik, T.R., 2012. Development of high-strength, economical self-consolidating concrete. Construction and Building Materials. 30(0): 463-469.
- Safiuddin, M., J.S. West, and K.A. Soudki, 2012. Properties of freshly mixed self-consolidating concretes incorporating rice husk ash as a supplementary cementing material. Construction and Building Materials. 30(0): 833-842.