

# KHẢO SÁT THỰC NGHIỆM CÁC THÔNG SỐ BƠM CỦA HỖN HỢP BÊ TÔNG THEO THỜI ĐIỂM SỬ DỤNG PHỤ GIA SIÊU DẸO

*Phạm Quang Nhật, Vũ Văn Nhân – Khoa Xây dựng, Đại học Duy Tân*

## 1. Mở đầu

Vận chuyển và đổ bê tông bằng phương pháp bơm được sử dụng phổ biến hiện nay, đặc biệt là những công trình có khối lượng bê tông lớn hay các công trình có chiều cao lớn. Tuy nhiên, khi bơm bê tông thường xảy ra hiện tượng tắc nghẽn ống bơm. Theo [18] thì có nhiều nguyên nhân gây ra hiện tượng tắc nghẽn khi bơm, trong đó có nguyên nhân liên quan đến việc thiết kế thành phần cấp phối bê tông không hợp lý dẫn đến trong quá trình bơm, vữa bê tông bị mất nước bôi trơn giữa thoi bê tông và thành ống bơm, lớp nước thoát khỏi hỗn hợp bê tông và xuất hiện sự cô tắc ống. Do vậy, việc thiết kế cấp phối bê tông không chỉ đảm bảo hỗn hợp phải thỏa mãn điều kiện khi đóng rắn bê tông phải đạt được cường độ theo yêu cầu mà còn phải đảm bảo về các tính chất thi công của hỗn hợp bê tông. Yêu cầu này là rất quan trọng khi khoảng cách bơm bê tông xa và cao.

Nhận thấy được điều này, tại Việt Nam, đã có nhiều nghiên cứu về tính ma sát của vữa bê tông (N. Thế Dương và cộng sự - 2012; Đ.V. Thảo Quyên và cộng sự - 2013; V. Văn Nhân và N. Thế Dương – 2016, 2017), các nghiên cứu này đã chỉ ra được có nhiều yếu tố ảnh hưởng đến tính ma sát của vữa bê tông đó là thành phần cấp phối, hàm lượng phụ gia siêu dẻo, thời gian lưu vữa bê tông,... Tuy nhiên những nghiên cứu này chỉ nghiên cứu đối với vữa bê tông sử dụng phụ gia siêu dẻo ngay thời điểm trộn bê tông, chưa đề cập đến việc sử dụng phụ gia siêu dẻo tại nhiều thời điểm khác nhau trong quá trình lưu vữa bê tông.

## 2. Tác động của phụ gia siêu dẻo đến độ sụt của vữa bê tông

Một trong những lợi ích chủ yếu của việc sử dụng phụ gia siêu dẻo trong bê tông là sự tăng mạnh độ sụt và đặc tính chảy của vữa bê tông. Tuy nhiên sự tăng này chỉ xảy ra trong thời gian ngắn, chỉ có thể kéo dài trong khoảng từ 30 đến 60 phút sau đó vữa bê tông sẽ quay lại độ sệt ban đầu [16]. Tốc độ giảm độ sụt phụ thuộc vào nhiều yếu tố khác nhau bao gồm độ sụt ban đầu, chủng loại và liều lượng phụ gia siêu dẻo, nhiệt độ môi trường, loại xi măng và sự có mặt của phụ gia khoáng khác nhau trong bê tông. Cơ chế suy giảm độ sụt liên quan đến quá trình hóa học và vật lý. Sự giảm độ sệt của hồ xi măng ở giai đoạn đầu chủ yếu do sự keo tụ lý học của

các hạt xi măng hơn là các quá trình hóa học. Trong giai đoạn mà ở đó xảy ra suy giảm độ sụt, pha tricalcium Aluminate phản ứng với thạch cao, sản phẩm phát triển thành cấu trúc tinh thể và được phân bố trong toàn bộ hồ xi măng.

### **3. Cấp phối bê tông thí nghiệm**

Vật liệu chế tạo hỗn hợp bê tông thí nghiệm gồm:

- Xi măng Kim Định PCB40.
- Cát vàng đảm bảo các yêu cầu theo TCVN 7570-2006.
- Đá dăm  $0,5 \times 1$ ; đá dăm  $1 \times 2$ , đảm bảo các yêu cầu theo TCVN 7570-2006.
- Phụ gia Sika Plast 257.
- Nước sạch.

Mục tiêu của đề tài là khảo sát các thông số bơm của vữa bê tông theo thời điểm và hàm lượng phụ gia siêu dẻo sử dụng. Do vậy các cấp phối bê tông được chế tạo với cùng một cấp phối bê tông, chỉ thay đổi hàm lượng phụ gia siêu dẻo theo thời điểm đưa vào trộn cùng hỗn hợp vữa bê tông.

Thời điểm đưa phụ gia vào hỗn hợp bê tông nhóm tác giả chọn hai thời điểm để khảo sát là 00 phút (ứng với thời điểm bắt đầu trộn hỗn hợp bê tông) và 90 phút (ứng với thời điểm bắt đầu sử dụng hỗn hợp bê tông để thi công tại hiện trường).

Tỉ lệ hàm lượng phụ gia sử dụng để trộn hỗn hợp bê tông tại điểm 00 phút được chọn thay đổi trong khoảng hàm lượng tối thiểu là 5% (để đảm bảo hỗn hợp bê tông đảm bảo được tính linh động trong suốt thời gian lưu vữa đến 90 phút) và tối đa là 100%. Các tỉ lệ được lựa chọn ban đầu với biên độ thay đổi đều là 5%; 20%; 35%; 50%; 70%; 100%, căn cứ trên kết quả khảo sát sơ bộ bổ sung thêm các tỉ lệ 10%; 40% để làm rõ hơn sự thay đổi của các thông số bơm của vữa bê tông theo hàm lượng phụ gia siêu dẻo sử dụng

Các cấp phối được chế tạo đáp ứng các yêu cầu theo [19]. Có 8 loại cấp phối, ký hiệu: M1, M2, M3, M4, M5, M6, M7, M8.

**Bảng 3-1. Các loại cấp phối bê tông thí nghiệm.**

| Tên cấp phối | Thành phần vật liệu cho 1 m <sup>3</sup> bê tông |      |     |      |      |         | Hàm lượng phụ gia sử dụng thời điểm 00phút (%) |
|--------------|--|------|-----|------|------|---------|--|
|              | X  | N/X  | N   | C    | Đ    | Phụ gia |  |
|              | (kg)   |      | (l) | (kg) | (kg) | (l)     |  |
| M1           |  |      |     |      |      |         | 5  |
| M2           |  |      |     |      |      |         | 10   |
| M3           |  |      |     |      |      |         | 20   |
| M4           | 450  | 0,38 | 171 | 633  | 1175 | 4,5     | 35   |
| M5           |  |      |     |      |      |         | 40   |
| M6           |  |      |     |      |      |         | 50   |
| M7           |  |      |     |      |      |         | 70   |
| M8           |  |      |     |      |      |         | 100  |

#### 4. Kết quả thí nghiệm và đánh giá

##### 4.1. Kết quả thí nghiệm

Tập hợp kết quả thí nghiệm được trình bày trong Bảng 4-1.

**Bảng 4-1.** Kết quả thí nghiệm các thông số bơm ở thời điểm lưu hỗn hợp bê tông thí nghiệm đến 90 phút.

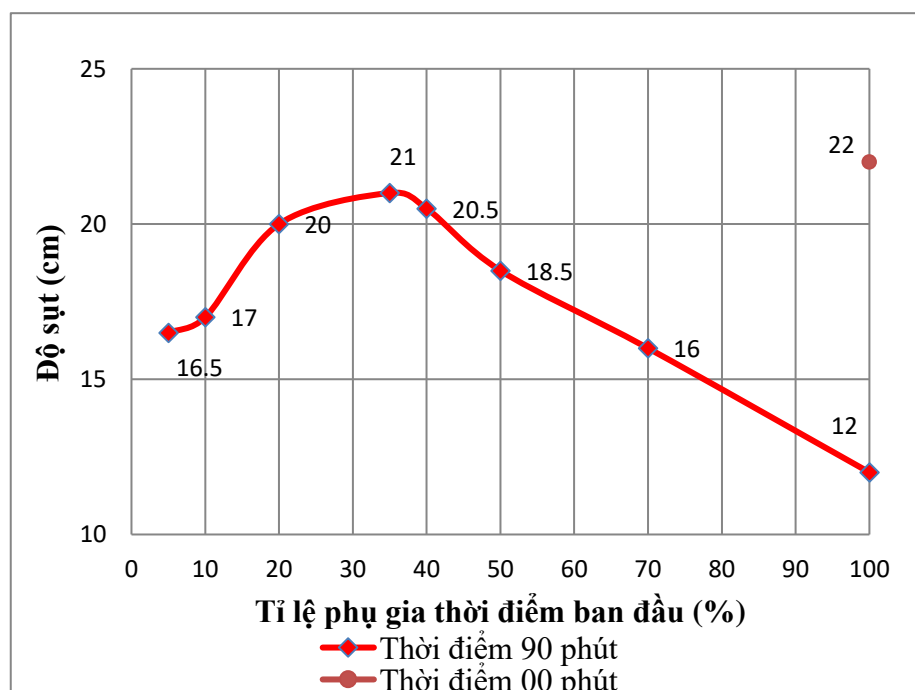
| Mẫu | Tỉ lệ Phụ gia thời điểm 00min (%) | SN (cm) | $\tau$ (Pa) | $\eta$ (Pa.s/m) |
|-----|-----------------------------------|---------|-------------|-----------------|
| M1  | 5                                 | 16.5    | 71.1        | 615             |
| M2  | 10                                | 17      | 54.2        | 541             |
| M3  | 20                                | 20      | 41.4        | 414             |
| M4  | 35                                | 21      | 44.0        | 469             |
| M5  | 40                                | 20.5    | 46.2        | 511             |
| M6  | 50                                | 18.5    | 52.5        | 570             |
| M7  | 70                                | 16      | 60.0        | 600             |
| M8  | 100                               | 12      | 68.9        | 620             |

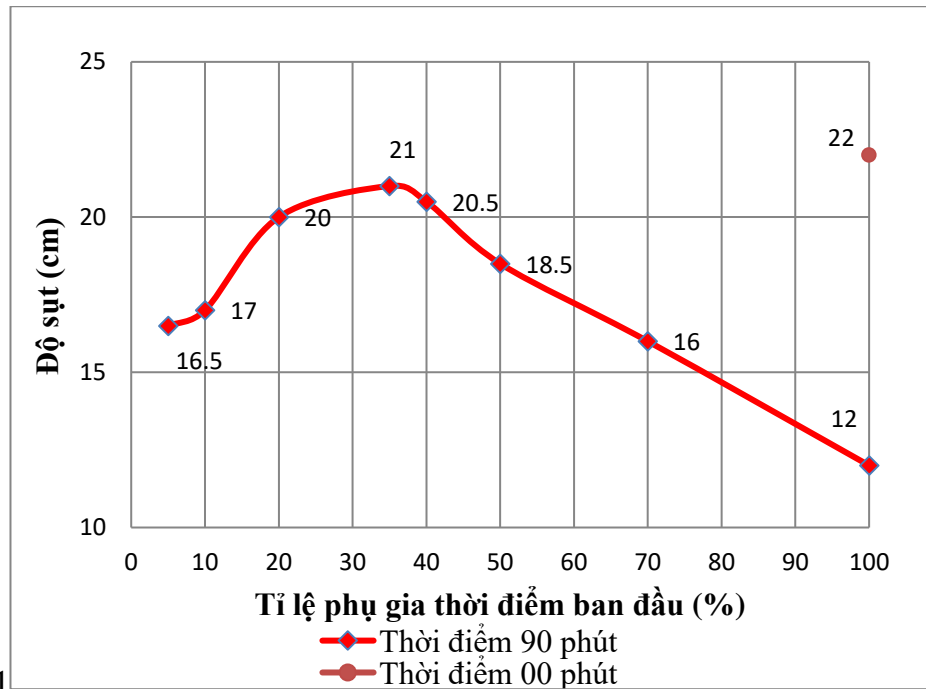
**Bảng 4-2.** Kết quả thí nghiệm cường độ.

| Mẫu | Kết quả nén các mẫu (KN) |        |        | $R_n^{28}$<br>(KG/cm <sup>2</sup> ) |
|-----|--------------------------|--------|--------|-------------------------------------|
|     | T1                       | T2     | T3     |                                     |
| M1  | 1047.5                   | 988.6  | 1035.6 | 455                                 |
| M2  | 1065.8                   | 1102.7 | 1085.2 | 482                                 |
| M3  | 1212.5                   | 1136.7 | 1187.2 | 524                                 |
| M4  | 1239.7                   | 1298.1 | 1258.8 | 562                                 |
| M5  | 1244.3                   | 1231   | 1191.7 | 543                                 |
| M6  | 1164.7                   | 1213.8 | 1177.8 | 527                                 |
| M7  | 1094.3                   | 1120.4 | 1186.7 | 504                                 |
| M8  | 1178.3                   | 1104.5 | 1190   | 514                                 |

Bảng 4-2. tập hợp kết quả thí nghiệm cường độ chịu nén  $R_n^{28}$  các tổ mẫu của các mẫu bê tông. Mỗi tổ mẫu gồm 3 viên mẫu, mức độ chênh lệch giá trị  $R_n^{28}$  của các viên mẫu trong một tổ mẫu nhỏ hơn 15% đảm bảo theo [23]

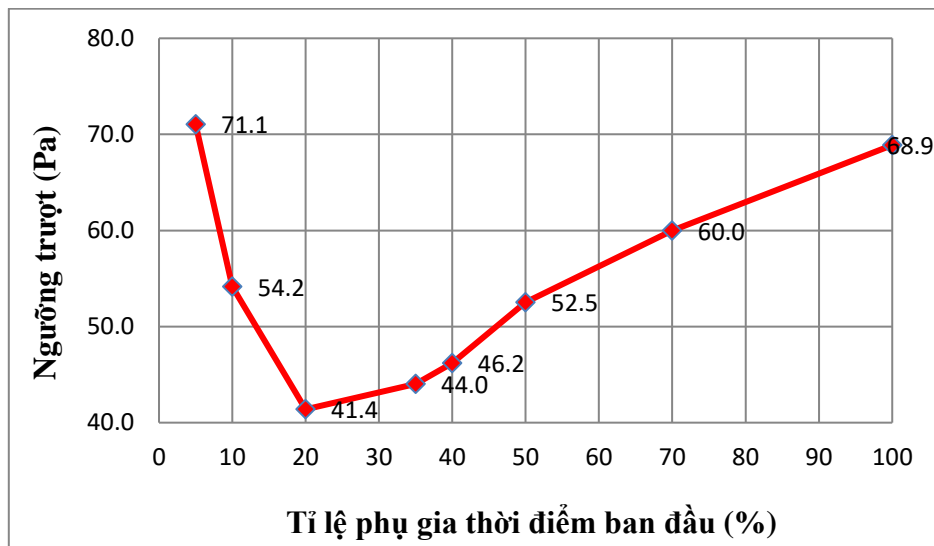
Kết quả ở Bảng 4-1 và Bảng 4-2 được biểu diễn trên đồ thị lần lượt ở các Hình 4.1, Hình 4.2, Hình 4.3 và Hình 4.4.



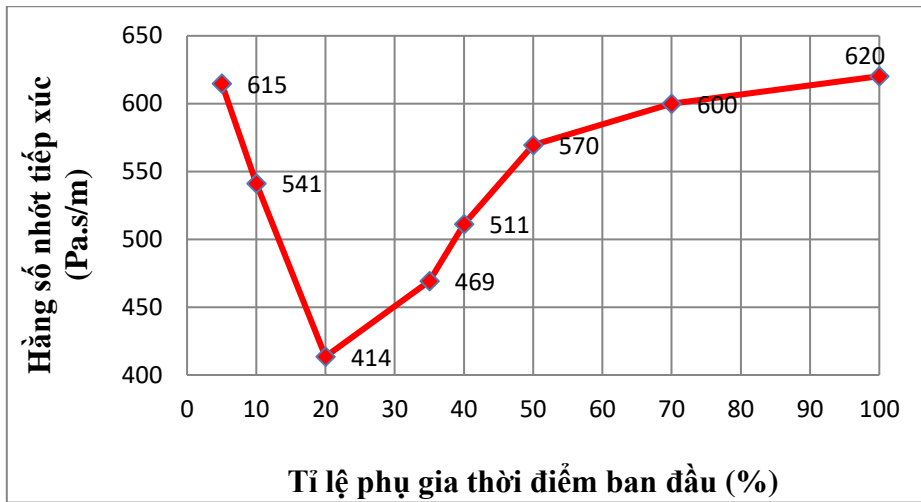


Hình 4.1

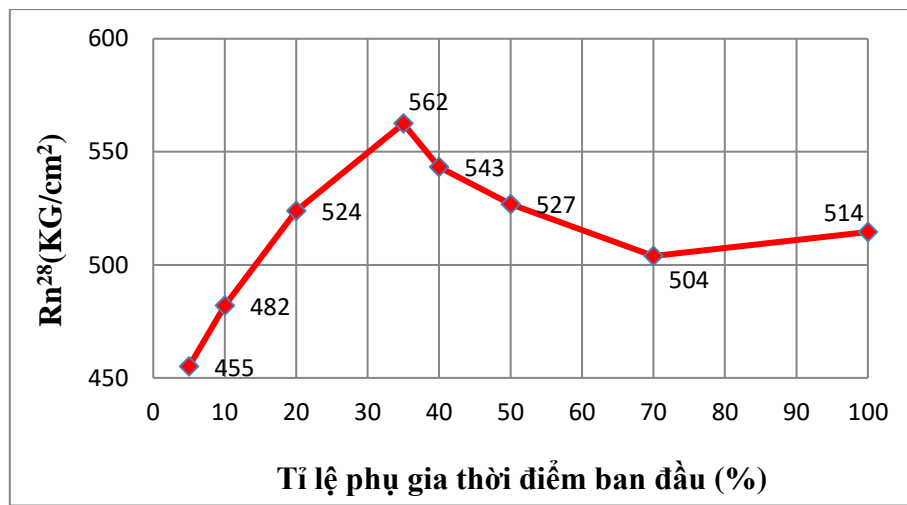
Hình 4.1 Quan hệ giữa tỉ lệ phụ gia thời điểm ban đầu và độ sụt.



Hình 4.2 Quan hệ giữa tỉ lệ phụ gia thời điểm ban đầu và ngưỡng trượt.



**Hình 4.3** Quan hệ giữa tỉ lệ phụ gia thời điểm ban đầu và hằng số nhớt tiếp xúc.



**Hình 4.4** Quan hệ giữa tỉ lệ phụ gia thời điểm ban đầu và cường độ.

**4.2. Biến thiên của các thông số bơm phụ thuộc vào hàm lượng phụ gia cho vào thời điểm bắt đầu trộn bê tông.**

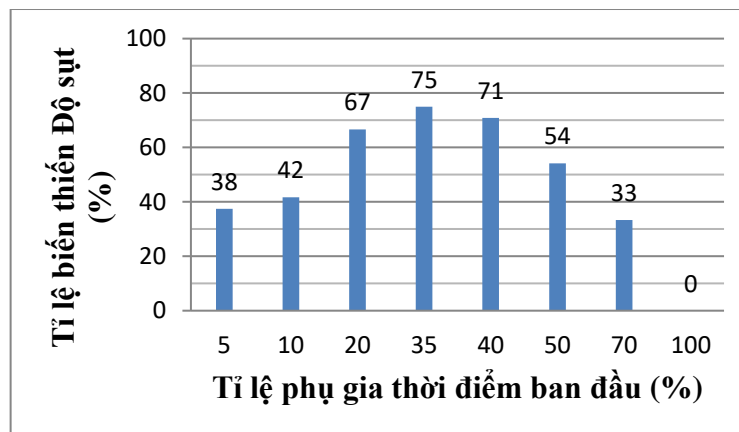
**4.2.1. Độ sụt sau thời gian lưu vữa**

Hình 4.1 cho thấy độ sụt của hỗn hợp bê tông được phục hồi đáng kể so với độ sụt ban đầu với hàm lượng phụ gia sử dụng ở thời điểm bắt đầu trộn nằm trong khoảng từ 20-50%. Hình 4.2 cũng cho thấy mức độ cải thiện độ sụt của các mẫu bê tông so với mẫu đối chứng, các mẫu có hàm lượng phụ gia sử dụng ở thời điểm bắt đầu trộn nằm trong khoảng từ 20-50% độ sụt được cải thiện đến 50%.

Khi hàm lượng phụ gia sử dụng ở thời điểm đầu quá nhỏ (<20%) hoặc quá lớn (>50%) thì hiệu quả phục hồi độ sụt là không đáng kể, điều này có thể giải thích như sau: Khi hàm lượng phụ gia sử dụng ban đầu thấp sẽ không đủ lượng phụ gia

để đảm bảo tác dụng gây phân tán các phân tử xi măng, dẫn đến quá trình ngưng keo hồ xi măng vẫn xảy ra, khi bổ sung thêm lượng phụ gia và trộn lại độ sụt của hỗn hợp bê tông tăng lên nhưng không đáng kể; Khi hàm lượng phụ gia sử dụng ban đầu lớn, phụ gia siêu dẻo chỉ có hiệu quả trong một thời gian nhất định, theo [16] thì khoảng thời gian này là từ 30-60 phút sau khi trộn hỗn hợp bê tông với phụ gia, sau khoảng thời gian đó tác dụng gây phân tán phân tử xi măng của phụ gia giảm đi, quá trình ngưng keo xảy ra, hàm lượng phụ gia còn lại bổ sung thấp cũng không mang lại nhiều hiệu quả phục hồi độ sụt.

Như vậy, lượng phụ gia sử dụng ở thời điểm đầu cần một hàm lượng vừa đủ để đảm bảo tác dụng gây phân tán các phân tử xi măng, ngăn cản quá trình ngưng keo và lượng phụ gia bổ sung ở giai đoạn tiếp theo cũng cần đủ để gây tác dụng phục hồi tính linh động của hỗn hợp bê tông. Theo kết quả thí nghiệm và các phân tích ở trên thì hàm lượng phụ gia sử dụng ban đầu nên nằm trong khoảng từ 20-50%.

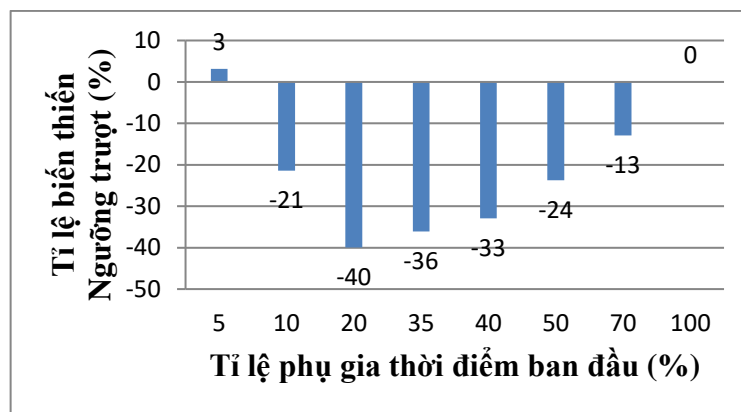


**Hình 4.5** Tỷ lệ biến thiên độ sụt theo hàm lượng phụ gia thời điểm ban đầu.

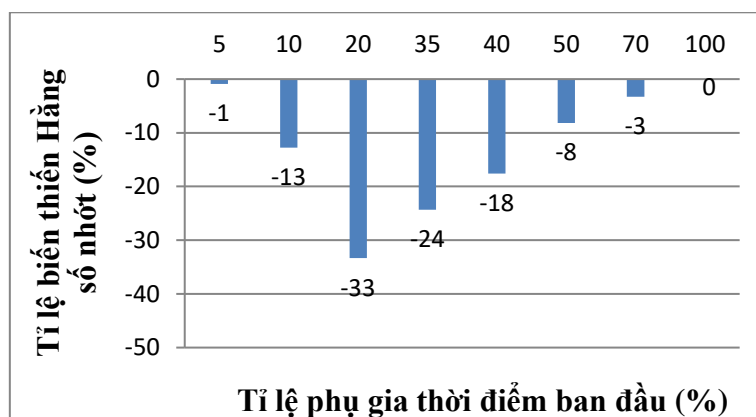
#### 4.2.2. Các thông số ma sát

Xem xét các kết quả thí nghiệm được thể hiện ở Hình 4.2, Hình 4.3, Hình 4.6 và Hình 4.7, ta thấy có sự suy giảm giá trị của các thông số ma sát giữa bê tông và thành ống bơm  $\tau$  và  $\eta$  ở các mẫu thí nghiệm chia hàm lượng phụ gia theo thời điểm sử dụng. Các thông số ma sát đạt được giá trị tối ưu ứng với hàm lượng phụ gia sử dụng ở thời điểm ban đầu là từ 20-40%. Quan sát các mẫu bê tông trong quá trình thí nghiệm, nhận thấy với mẫu bê tông sử dụng lượng phụ gia ban đầu thấp (<20%), tuy vẫn có sự phục hồi về độ sụt tại thời điểm trộn lại và cho hàm lượng phụ gia còn lại vào, tuy nhiên hỗn hợp bê tông có hiện tượng tách nước khi cho trực tiếp thí nghiệm quay trong hỗn hợp bê tông với tốc độ vòng quay lớn. Điều này dẫn đến ma sát giữa

hỗn hợp bê tông và trục quay bằng thép lớn, các thông số ma sát của hỗn hợp bê tông có sự suy giảm không đáng kể.

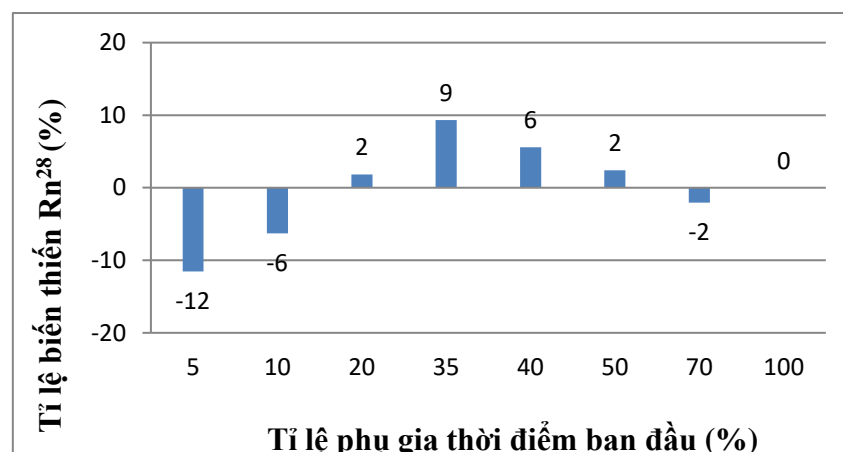


**Hình 4.6** Tỷ lệ biến thiên ngưỡng trượt theo hàm lượng phụ gia thời điểm ban đầu.



**Hình 4.7** Quan hệ giữa tỷ lệ phụ gia thời điểm ban đầu và Hằng số nhót.

#### 4.2.3. Tác động của việc sử dụng phụ gia theo thời điểm đến cường độ bê tông.



**Hình 4.8** Quan hệ giữa tỷ lệ phụ gia thời điểm ban đầu và cường độ.



Qua nghiên cứu [16] và kết quả thí nghiệm trong phạm vi đề tài đã phân tích ở trên, có thể khẳng định được hiệu quả cải thiện các tính chất công tác của hỗn hợp bê tông bơm của biện pháp chia hàm lượng phụ gia thành các giai đoạn sử dụng. Tuy nhiên vấn đề đặt ra là liệu việc sử dụng phụ gia thành các giai đoạn có ảnh hưởng xấu đến cường độ của bê tông. Theo kết quả trình bày ở Hình 4.4 và Hình 4.8 có thể thấy việc sử dụng phụ gia theo giai đoạn có tác động rõ rệt đến cường độ  $R_n^{28}$  của mẫu bê tông. Các mẫu có hàm lượng phụ gia sử dụng giai đoạn đầu thấp (<20%) cho kết quả trị số  $R_n^{28}$  bê tông thấp hơn so với mẫu đối chứng khoảng từ 6-12%. Các mẫu có hàm lượng phụ gia sử dụng giai đoạn đầu từ 20-50% cho kết quả trị số  $R_n^{28}$  bê tông cao hơn mẫu đối chứng từ 2-9%. Như vậy việc lựa chọn một tỉ lệ phụ gia hợp lý sử dụng ở thời điểm ban đầu là hết sức quan trọng, điều này có thể ảnh hưởng tích cực hay tiêu cực đến cường độ của bê tông, theo kết quả nghiên cứu trong phạm vi đề tài thì tỉ lệ hợp lý này nằm trong khoảng từ 20-50%.

## **KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ**

Phụ gia siêu dẻo khi được trộn vào hỗn hợp bê tông có ảnh hưởng rất lớn đến các tính chất của hỗn hợp bê tông và bê tông: tách nước, sự phân tầng, độ sụt, cường độ... Trong phạm vi của đề tài này, các tác giả đã tiến hành đánh giá tác động của phụ gia siêu dẻo đến tính chất của hỗn hợp bê tông và bê tông. Qua các phân tích ở trên, có thể rút ra một số kết luận như sau:

- Độ sụt của hỗn hợp bê tông được phục hồi đáng kể khi sử dụng một tỉ lệ phụ gia ở thời điểm cuối của quá trình lưu vữa bê tông.
- Các thông số ma sát  $\tau$  và  $\eta$  của hỗn hợp bê tông được cải thiện khi hàm lượng phụ gia được sử dụng thành giai đoạn ở các thời điểm trong thời gian lưu vữa bê tông.
- Tỉ lệ hàm lượng phụ gia sử dụng ở thời điểm bắt đầu trộn hỗn hợp bê tông tối ưu nằm trong khoảng 20-40%.
- Việc chia hàm lượng phụ gia thành các giai đoạn sử dụng cho hỗn hợp bê tông với một tỉ lệ hợp lý không có tác động bất lợi đến cường độ của bê tông

### ***Kiến nghị***

- Việc chia hàm lượng phụ gia thành các giai đoạn sử dụng trong suốt quá trình lưu vữa bê tông là cần thiết, có tác dụng cải thiện nhiều các thông số bơm của hỗn hợp bê tông.
- Nghiên cứu thêm về các thời điểm sử dụng phụ gia cho hỗn hợp bê tông.
- Nghiên cứu thêm đối với vữa bê tông sử dụng hàm lượng phụ gia siêu dẻo khác 1(lít/100kG XM) và với các loại phụ gia khác nhau.
- Cần nghiên cứu chế tạo bộ phận cân đong lượng phụ gia trên các thiết bị vận chuyển hỗn hợp bê tông để đảm bảo định lượng chính xác hàm lượng phụ gia trong quá trình thi công tại hiện trường.

### Tài liệu tham khảo

[1] Kaplan, Denis (2000), *Pompage des Bétons (Bơm bê tông – Tiếng Pháp)*, Etudes et recherches des laboratoires des Ponts et Chaussées, vol. 36. ISBN : 2-7208-2010-5.

[2] Chapdelaine, Frédéric. (2007), *Étude fondamentale et pratique sur le pompage du béton (Nghiên cứu cơ sở và thực nghiệm bơm bê tông)*, Luận văn Tiến sỹ, Faculté des études supérieures de l'Université Laval, Canada.

[3] T.T. Ngo, (2009), *Influence de la composition des bétons sur les paramètres de pompage et validation d'un modèle de prévision de la contrainte visqueuse*, Luận văn Tiến sỹ, Laboratoire de Mécanique et Matériaux du Génie Civil (L2MGC), Université de Cergy – Pontoise, France.

[4] T.T. Ngo, E.H. Kadri, R. Bennacer, F. Cussigh, *Use of tribometer to estimate interface friction and concrete boundary layer composition during the fluid concrete pumping*, Construction and Building Materials, Volume 24, Issue 7, July 2010, Pages 1253-1261, ISSN 0950-0618, <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2009.12.010>.

[5] Nicolas Roussel, *Understanding the rheology of concrete*, Woodhead Publishing Limited, 2012.

[6] Nguyễn Thế Dương, Ngô Tiến Tùng, Phạm Quang Nhật. *Ma sát và cách xác định ma sát của bê tông tươi trong thành ống bơm*. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Duy Tân, số 4, 2012.

[7] Đỗ Vũ Thảo Quyên, Nguyễn Thế Dương, Huỳnh Quốc Minh Đức, Phan Đình Thoại. *Thí nghiệm đo các thông số ma sát tiếp xúc bê tông và thành ống bơm*. Tạp chí Khoa học Công nghệ Duy Tân, 11/2014, trang 70-75.

[8] Nguyễn Thế Dương, Đỗ Vũ Thảo Quyên, Phan Đình Thoại, Huỳnh Quốc Minh Đức. *Ảnh hưởng của hồ xi măng và tỉ lệ n/x đến tính chất ma sát giữa bê tông và thành ống bơm bằng thép*. Tạp chí Xây dựng, Bộ Xây dựng, số 08/2014, trang 72-76.

[9] Chanh-Trung Mai, El-Hadj Kadri, Tien-Tung Ngo, Abdelhak Kaci, and Mustapha Riche. *Estimation of the Pumping Pressure from Concrete Composition Based on the Identified Tribological Parameters*. Advances in Materials Science and Engineering Volume 2014 (2014), <http://dx.doi.org/10.1155/2014/503850>

[10] Dimitri Feys, Kamal H. Khayat, Aurelien Perez-Schell, Rami Khatib, *Prediction of pumping pressure by means of new tribometer for highly-workable concrete*, Cement and Concrete Composites, Volume 57, March 2015, Pages 102-115, ISSN 0958-9465, <http://dx.doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2014.12.007>.

[11] Nguyễn Thế Dương, Vũ Văn Nhân, Trần Kim Nhật. *Khảo sát thực nghiệm quan hệ giữa một số thông số bơm của hỗn hợp bê tông với thể tích hồ xi măng theo thời gian*. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Xây dựng, số 2/2016, ISSN 1859-1566. Bộ Xây dựng, Viện Khoa học Công nghệ Xây dựng, trang 52-59.

- [12] Vũ Văn Nhân, Nguyễn Thế Dương, *Ảnh hưởng của tỉ lệ cốt liệu đến tính chất ma sát giữa bê tông và thành ống bơm theo thời gian*, Tạp chí Khoa học và Công nghệ Xây dựng, số 4/2015(171), ISSN 1859-1566. Bộ Xây dựng, Viện Khoa học Công nghệ Xây dựng, trang 48-56.
- [13] Nguyễn Thế Dương, Phạm Quang Nhật, Vũ Văn Nhân, Võ Trung Cường. *Ảnh hưởng của thời gian và hàm lượng phụ gia đến các thông số bơm của một số bê tông thương phẩm*. Tạp chí Xây dựng, 01/2016(171), ISSN 0866-0762, Bộ Xây dựng, trang 106-109.
- [14] V. Văn Nhân, N. Thế Dương, *Ảnh hưởng của tỉ lệ nước / xi măng và thời gian đến một số thông số bơm của hỗn hợp bê tông*, trong: Hội thảo khoa học “Công nghệ Xây dựng tiên tiến hướng đến phát triển bền vững - ATCESD - Lần thứ 2”, Trường Đại học Bách khoa - Đại học Đà Nẵng, 25/08/2016, Đà Nẵng., 2016.
- [15] Nguyễn Thế Dương, *Phần mềm «Pumping Parameters Calculation» tính toán thông số ma sát bê tông tươi - thành ống thép*, Tạp chí Khoa học Công nghệ Duy Tân (2) 15, 06/2015, trang 69-75.
- [16] N.Spiratos, M. Pagé, N. Mailvaganam, V.M. Malhotra, C. Jolicoeur. *Phụ gia siêu dẻo – Nguyên lý cơ bản, công nghệ và ứng dụng thực tiễn*, Marquir Quebec, Canada 2006.
- [17] Chapdelaine, F. (2007), *Étude fondamentale et pratique sur le pompage du béton*, Thèse de doctorat, Faculté des études supérieures de l'Université Laval.
- [18] TCVN-200:1997, *Nhà cao tầng - Kỹ thuật về bê tông bơm*, 1997.
- [19] TCVN 9340:2012, *Hỗn hợp bê tông trộn sẵn – Yêu cầu cơ bản đánh giá chất lượng và nghiệm thu*, Tiêu chuẩn Việt Nam.
- [20] TCVN 7570 : 2006. *Cốt liệu cho bê tông và vữa - yêu cầu kỹ thuật*. Tiêu chuẩn Việt Nam.
- [21] TCVN 8826 : 2011. *Phụ gia hóa học cho bê tông*. Tiêu chuẩn Việt Nam.
- [22] ASTM C494: *Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete*
- [23] TCVN 10303 : 2014. *Bê tông - Kiểm tra và đánh giá cường độ chịu nén*. Tiêu chuẩn Việt Nam.