

# NGHIÊN CỨU BIỆN PHÁP GIẢM PHÂN TẦNG CHO HỖN HỢP BÊ TÔNG KERAMZIT TỰ LÊN

NGUYỄN DUY HIẾU

Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội

TS. TRẦN BÁ VIỆT

Viện KHCN Xây dựng

GS. TSKH. PHÙNG VĂN LỰ

Trường Đại học Xây dựng Hà Nội

## 1. Đặt vấn đề

Hiện tượng phân tầng cốt liệu nhẹ là một yếu tố bất lợi, đặc biệt đối với hỗn hợp bê tông (HHT) có độ chảy cao, và bê tông tự lên. Để đảm bảo điều kiện thi công và nâng cao chất lượng cho sản phẩm cuối cùng, cần phải có các giải pháp khắc phục hiện tượng này.

Hiện tượng sa lắng của các hạt vật liệu nặng hay nổi lên của các hạt cốt liệu rỗng (CLR) là một quá trình tự xảy và trị số của nó phụ thuộc vào độ nhớt, tính lưu biến của HHT, sức căng bề mặt, kích thước hạt, các thông số trạng thái và cấu trúc của các hạt. Chuyển động tương đối của các cấu tử có khối lượng thể tích hạt khác nhau trong HHT tuân theo phương trình Stocke: [3].

$$v = 2 \cdot r^2 \cdot \Delta\rho \cdot g / 9\eta \quad (1)$$

Trong đó:

v - vận tốc chuyển dịch của hạt cốt liệu (m/s);

r - bán kính của hạt cốt liệu (m);

$\Delta\rho = \rho_m - \rho_h$  (kg/m<sup>3</sup>);

$\rho_m$  - khối lượng thể tích của hồ hoặc vữa xi măng (kg/m<sup>3</sup>);

$\rho_h$  - khối lượng thể tích hạt cốt liệu (kg/m<sup>3</sup>);

g - gia tốc trọng trường (m/s<sup>2</sup>);

$\eta$  - độ nhớt động lực của hồ hoặc vữa xi măng (Ns/m<sup>2</sup>).

Trên cơ sở phân tích phương trình (1) có thể đề xuất một số phương pháp hạn chế sự phân tầng cốt liệu trong bê tông cốt liệu rỗng (BTCLR) như sau: Giảm kích thước hạt cốt liệu rỗng; Giảm mức chênh lệch khối lượng thể tích giữa hạt cốt liệu và nền vữa/hồ xi măng,  $\Delta\rho = \rho_m - \rho_h$ ; Tăng độ nhớt của hồ/vữa xi măng.

Sử dụng CLR cỡ hạt nhỏ, có khối lượng thể tích hạt lớn sẽ hạn chế mức chênh lệch  $\Delta\rho$ , tuy nhiên sẽ làm tăng khối lượng thể tích của bê tông. Một phương pháp có hiệu quả để tăng khối lượng thể tích hạt mà không làm tăng đáng kể khối lượng thể tích của BTCLR là cho CLR bão hoà nước trước khi trộn. Lượng nước dự trữ trong CLR còn có tác dụng dưỡng hộ cho bê tông (BT) trong quá trình rắn chắc và phát triển cường độ, bù đắp co hoá học, co tự khô cho nền xi măng,... Tuy nhiên, khi đó có thể làm giảm cường độ của BT ở tuổi ngắn ngày, tùy thuộc loại cốt liệu và hệ số bão hoà nước của CLR. Do đó phải tính toán mức độ hút nước phù hợp cho CLR.

Trong chế tạo BT chảy nói riêng và BTCLR có độ chảy cao hay tự lên, vấn đề điều chỉnh độ nhớt động lực của hồ xi măng nằm trong một giới hạn nhất định là rất quan trọng. Khả thi nhất vẫn là biện pháp sử dụng phụ gia hoá học kết hợp với điều chỉnh tỷ lệ N/X. Và để ngăn cản hiện tượng nổi lên của CLR trong quá trình thi công bê tông, có thể sử dụng thêm cốt sợi phân tán như một phụ gia công nghệ. Sự phân tán ngẫu nhiên của sợi siêu mảnh trong bê tông có tác dụng như một mạng lưới cản trở sự nổi lên của các hạt CLR. Sự có mặt của cốt sợi siêu mảnh còn có tác dụng giảm biến dạng mềm cho bê tông [2]. Tùy thuộc từng loại sợi cũng như tỷ lệ hướng sợi, với một hàm lượng nhất định, sự có mặt của sợi sẽ không làm tăng đáng kể ứng suất cắt trong BT nhưng lại làm tăng độ nhớt động của vữa xi măng, do đó độ chảy của HHT vẫn đảm bảo trong khi hiện tượng tách CLR sẽ được hạn chế.

## 2. Vật liệu sử dụng trong nghiên cứu

### 2.1. Chất kết dính

Sử dụng xi măng PCB40 Chinfon, đáp ứng yêu cầu theo tiêu chuẩn TCVN 6260-1997.

### 2.2. Cốt liệu nhỏ

Cốt liệu nhỏ trong nghiên cứu là cát vàng Sông Lô, đạt yêu cầu quy định theo TCVN 7570-2006.

### 2.3. Phụ gia khoáng

Tro tuyển nhiệt điện Phả Lại, đạt yêu cầu kỹ thuật theo TCVN 6882-2001. Để giảm lượng dùng xi măng, trong cấp phối BT đã thay thế 15% xi măng, theo khối lượng bằng tro bay. Và để tăng lượng

bột mịn trong BT, tăng độ đặc của cốt liệu, đã thay thế 30% cát vàng theo thể tích, bằng tro bay cùng loại.

#### 2.4. Phụ gia siêu dẻo (PGSD)

Gienium S51 trên cơ sở Polymer Cacboxylate Ether của hãng MBT, loại F theo ASTM C494.

#### 2.5. Phụ gia ổn định độ nhớt

COMBIZELL do Hurcules Asia Pacific sản xuất, dẫn xuất của Methylcelluloses, là loại cellulose ether, khi hòa tan trong nước sẽ tạo nên những tính chất về chức hoá học khác nhau.

#### 2.6. Cốt sợi siêu mảnh

Sợi polypropylen (PP) Grace của Mỹ và sợi thủy tinh bền kiềm ARG của Trung Quốc. Tính chất của sợi siêu mảnh như trong bảng 1.

**Bảng 1. Tính chất cơ lý của sợi PP và sợi ARG**

Tính chất	Trị số		Phương pháp thí nghiệm
	Sợi PP	Sợi ARG	
Khối lượng riêng, g/cm <sup>3</sup>	0,91	2.70	
Đường kính trung bình, mm	40-60	13-15	ASTM D578
Chiều dài trung bình, mm	20	15-17	-
Modun đàn hồi, Gpa	3,5	72	JISR 3420
Cường độ duy trì (của sợi tạo) trong môi trường đá xi măng sau (96±1)h lão hoá trong nước (80±1) °C, Mpa	-	289	BS EN 14649 : 2005
Xếp hạng (theo EN 14649:2005)	-	A	BS EN 14649 : 2005

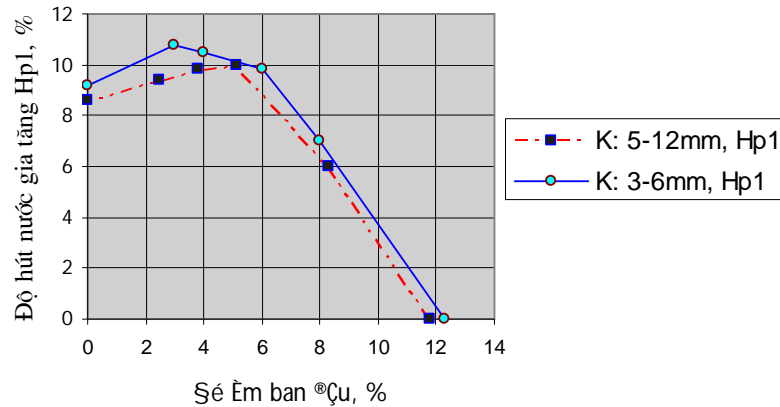
#### 2.7. Cốt liệu rỗng keramzit

Sỏi nhẹ keramzit của Bemes với hai cỡ hạt: 5-10 và 3-6 mm, thoả mãn ASTM C330-99 và TCVN 6220-1997.

### 3. Kết quả nghiên cứu

#### 3.1. Ảnh hưởng của độ ẩm ban đầu đến độ hút nước của keramzit

Độ hút nước của CLR không những phụ thuộc loại và cấu trúc rỗng của nó mà còn chịu ảnh hưởng của tình trạng ẩm ban đầu. Đường cong thực nghiệm giữa độ hút nước gia tăng sau 1 giờ ngâm mẫu, Hp1, với độ ẩm ban đầu Wi (ở tình trạng khô mặt), được thể hiện trên hình 1.



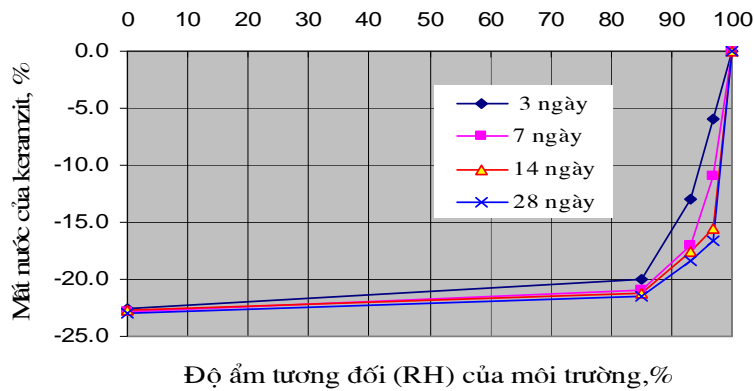
**Hình 1. Quan hệ giữa độ ẩm ban đầu và độ hút nước của CLR**

Như vậy: với keramzit cỡ hạt 3-6mm, độ hút nước sẽ đạt cao nhất ở độ ẩm ban đầu xấp xỉ 3-4%. Đối với cỡ hạt 5-12mm, độ hút nước sẽ đạt cao nhất ở độ ẩm ban đầu khoảng 4-6%.

#### 3.2. Nghiên cứu quá trình mất nước của Keramzit ngâm nước

Tính chất hút nước của CLR là quan trọng. Tuy nhiên, khả năng trả lại nước của CLR ngâm nước ban đầu cho nền bê tông là đặc tính cần được nghiên cứu.

Quá trình chuyển nước từ trong lỗ rỗng của CLR cho nền đá xi măng xảy ra do sự chênh lệch lực hút mao quản trong lỗ rỗng của đá xi măng và CLR. Độ ẩm của bê tông là một hàm thay đổi theo thời gian kể từ khi tạo hình. Trong đó, sự chuyển trả nước từ CLR cũng phụ thuộc tuổi hay độ ẩm của nền đá xi măng bao quanh nó.



**Hình 2.** Mất nước của keramzit trong dung dịch muối bão hoà

Thí nghiệm mất ẩm của sỏi nhẹ keramzit bão hoà nước được xác định sau các mốc thời gian lưu mẫu là 3, 7, 14 và 28 ngày ở nhiệt độ 25-27°C, lần lượt trong các môi trường có độ ẩm tương đối là 100%, 97%, 95%, 85% và 0%. Môi trường có độ ẩm tương đối 97%, 95% và 85% được tạo ra bằng cách sử dụng dung dịch muối bão hoà tương ứng là:  $K_2SO_4$ ,  $KNO_3$  và  $KCl$  ở nhiệt độ 25-27 °C. Sở dĩ chọn các môi trường này để thí nghiệm là vì từ thực nghiệm cho thấy, độ ẩm tương đối của mẫu bê tông khi rắn chắc không có sự trao đổi ẩm với môi trường, nằm trong khoảng 85 – 99% [4]. Môi trường có độ ẩm tương đối 0% được thực hiện trong tủ sấy ở nhiệt độ 40°C. Kết quả thí nghiệm cho thấy, trong các dung dịch muối bão hoà với độ ẩm tương đối từ 85-97%, sau khoảng 14 ngày ngâm mẫu keramzit (với độ hút nước bão hoà ban đầu 23,0-23,5%), phần lớn nước dự trữ trong keramzit Bemes bão hoà đã chuyển vào môi trường. Như vậy nước dự trữ trong mạng lưới lỗ rỗng của keramzit sẽ chuyển dần cho nền xi măng trong quá trình đông kết và rắn chắc để tiếp tục quá trình thủy hoá, bù đắp cho co hoá học và co tự sinh, cải thiện cấu trúc vi mô và vĩ mô cho đá xi măng và bê tông.

### 3.3. Thành phần cấp phối của BT Keramzit tự lèn

Trên cơ sở thiết kế thành phần hạt đạt độ đặc lớn nhất, cùng với kết quả nghiên cứu bằng phương pháp quy hoạch thực nghiệm, sau khi giải bài toán tối ưu và hiệu chỉnh kết quả bằng thực nghiệm, thành phần cấp phối của BTK đạt mác 300, khối lượng thể tích khô 1600-1800 kg/m<sup>3</sup>, được đưa ra trong bảng 2.

**Bảng 2.** Thành phần cấp phối BTK và cấp phối bê tông nặng tự lèn

Ký hiệu cấp phối	Xi măng (kg)	Cát vàng (kg)	Tro tuyển (kg)	Nước (Lít)	Đá dăm (kg)	Sỏi nhẹ (kg)	S51 (Lít)	Cốt sợi (g)		Phụ gia HPMC (g)	Hp của CLR (%)
								PP	AGR		
Kd	400	550	210	200	0	500	2.3	0	0	0	0
Kdg	400	550	210	200	0	500	2.3	0	700	0	0
Kw	400	550	210	185	0	500	2.3	0	0	0	11.5
Kwp	400	550	210	185	0	500	2.3	471	0	0	11.5
Kwg	400	550	210	185	0	500	2.3	0	700	0	11.5
Kwv	400	550	210	185	0	500	2.3	0	0	141	11.5
NA	240	775	260	198	780	0	2.0	0	0	0	0

#### Ghi chú:

- Kd – cấp phối BT sử dụng Keramzit khô;
- Kdg – cấp phối BT sử dụng Keramzit khô và sợi thủy tinh;
- Kw - cấp phối BT sử dụng Keramzit ướt (ngâm nước 15h);
- Kwp - cấp phối BT sử dụng Keramzit ướt và sợi PP;
- Kwg - cấp phối BT sử dụng Keramzit ướt và sợi thủy tinh;
- Kwv - cấp phối BT sử dụng Keramzit ướt và phụ gia nhớt;
- NA - cấp phối BT tự lèn mác M30 sử dụng đá dăm thông thường.

### 3.4. Tính toán sơ bộ độ hút nước cần thiết của keramzit

Lượng nước dự trữ trong CLR chuyển cho nền xi măng để thực hiện sự dưỡng hộ bên trong và tiếp tục cung ứng nước cho quá trình thủy hoá xi măng liên hệ với độ co hoá học và lượng dùng chất kết dính (CKD) bởi phương trình [5]:

$$M_{CLR} \cdot S \cdot Hp_{CLR} = CKD \cdot CS \cdot \alpha_{max} \quad (2)$$

Trong đó:

- $M_{CLR}$  là khối lượng CLR trong bê tông ( $\text{kg/m}^3$  BT);
- CKD – lượng xi măng hay CKD trong bê tông ( $\text{kg/m}^3$  BT);
- CS - độ co hoá học của xi măng hay CKD ( $\text{gN/g}$  CKD);
- $\alpha_{max}$  – hệ số thủy hoá của xi măng hay CKD;
- S – hệ số trả lại nước của CLR cho nền CKD ( $0 < S \leq 1$ );
- $Hp_{CLR}$  - độ hút nước theo khối lượng của CLR (%).

Theo Jensen và Hansen [5], hệ số thủy hoá  $\alpha_{max}$  được xác định gần đúng theo nguyên tắc: nếu  $N/CKD \leq 0,36$  thì  $\alpha_{max} = (N/CKD)/0,36$ ; nếu  $N/CKD = 0,36 - 0,42$  thì  $\alpha_{max} = 1$ . Tuy nhiên, trên quan điểm lượng nước thêm vào là để duy trì sự bão hoà các lỗ rỗng trong nền CKD, nên khi  $N/CKD = 0,36 - 0,42$  thì quá trình dưỡng hộ bên trong vẫn có thể thực hiện bằng CLR ngậm nước với hệ số bão hoà  $< 1$ .

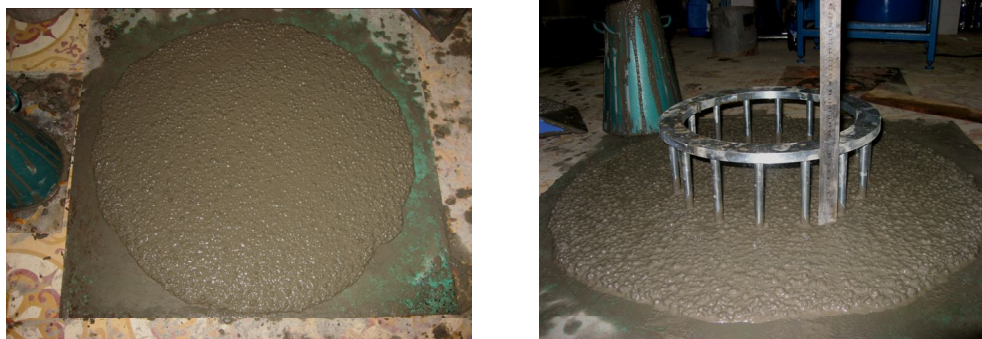
Trên cơ sở thành phần khoáng của xi măng và hệ số co riêng phần của các khoáng, có thể tính sơ bộ hệ số co CS của xi măng là  $0,07\text{g (N)/g(XM)}$ . Tuy nhiên khi tính toán đã bỏ qua ảnh hưởng của phụ gia khoáng có sẵn trong xi măng PCB và tro bay nhiệt điện có trong thành phần BT Keramzit. Chọn hệ số mất nước  $S = 100\%$ , hệ số thủy hoá  $\alpha_{max} = 1$ , theo phương trình 2, độ hút nước cần thiết của keramzit sẽ là  $Hp_{CLR} = 8,5\%$ . Chú ý rằng, phương trình 2 không tính đến sự trao đổi ẩm giữa BT và môi trường. Khi quan tâm đến sự mất nước của BT vào môi trường thì phải đảm bảo độ hút nước của keramzit lớn hơn  $8,5\%$ .

### 3.5. Tính công tác của HGBT

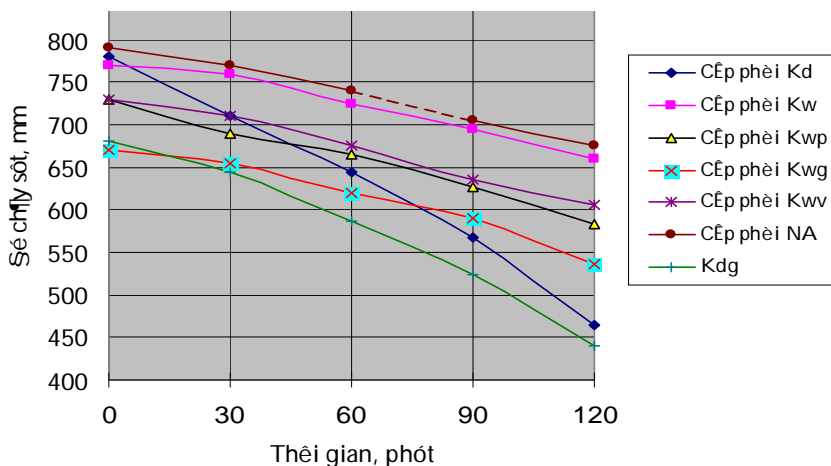
#### 3.5.1. Độ chảy và tổn thất độ chảy của HGBT

Kết quả đo độ chảy sụt của HGBT ngay sau khi trộn và sau các khoảng thời gian khác nhau được minh hoạ bằng các hình 6, 7 và 8.

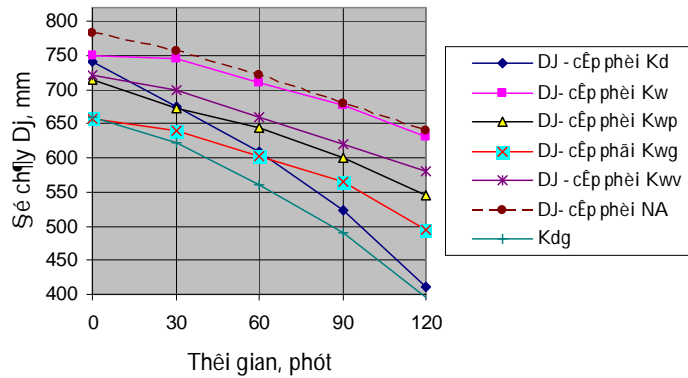
Thí nghiệm độ chảy, tổn thất độ chảy sụt của HGBT được thể hiện trên hình 3, 4 và 5.



**Hình 3.** Hình ảnh thí nghiệm độ chảy tự do và độ chảy J-ring của HGBT



**Hình 4.** Độ chảy sụt tự do (Do) và tổn thất độ chảy của HGBT

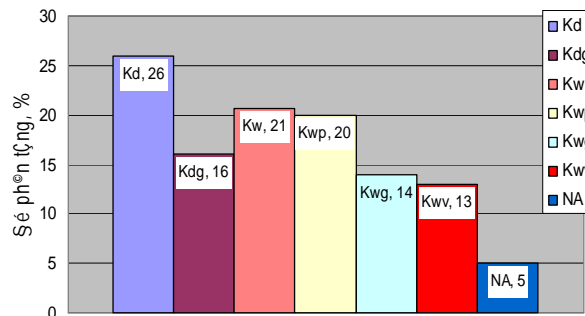


**Hình 5.** Độ chảy và tồn thất độ chảy J-ring (Dj) của HHTB

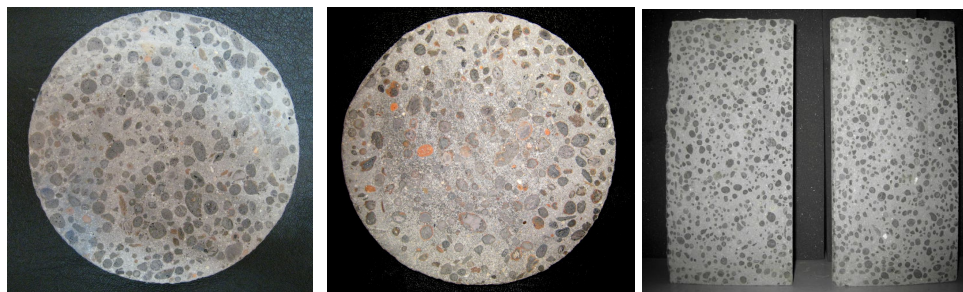
### 3.5.2. Phân tầng của HHTB

Độ phân tầng của HHTB được xác định trên cơ sở phương pháp xác định phân tầng của HHTB cốt liệu nhẹ Polystyren theo tiêu chuẩn ГOCT P 51263-99 của Nga. Tuy nhiên trong thí nghiệm không sử dụng đầm rung mà chỉ để HHTB tự lên đây ca. Kết quả đo phân tầng của HHTB được minh họa bằng hình 6. Phân bố của CLR trong BT Keramzit được mô tả bằng hình 7.

Từ kết quả đo độ phân tầng cốt liệu cũng như ảnh chụp sự phân bố của chúng trong bê tông cho thấy các mẫu sử dụng keramzit hút nước trước có độ đồng nhất cao hơn đáng kể so với mẫu sử dụng cốt liệu khô. Sự có mặt của sợi siêu mảnh có tác dụng như một mạng lưới ngăn cản sự nổi lên của CLR. Do có tỷ lệ hướng sợi lớn và tương thích với hồ xi măng nên sợi ARG phát huy hiệu quả chống phân tầng tốt hơn sợi PP. Mẫu sử dụng CLR ngâm nước kết hợp sợi thủy tinh hoặc phụ gia nhớt cho hiệu quả rất tốt, giảm được khoảng 50% độ phân tầng cốt liệu so với mẫu sử dụng CLR khô và không có sợi.



**Hình 6.** Độ phân tầng của HHTB

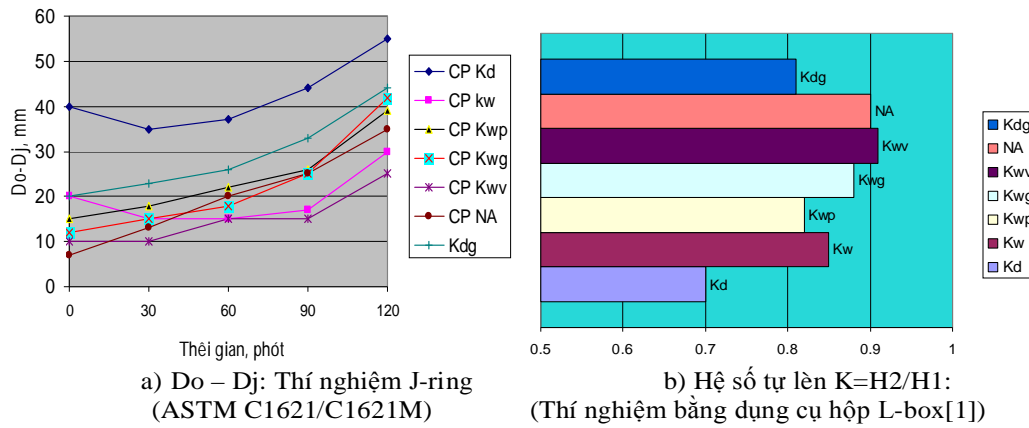


(a)- mặt cắt ngang cách mặt 1cm; (b)- mặt cắt ngang cách đáy 1cm; (c)- cắt dọc mẫu trụ

**Hình 7.** BT Keramzit có sợi ARG

### 3.5.3. Khả năng tự lên của HHTBK

Khả năng tự lên của HHTB được xác định trên cơ sở thí nghiệm bằng dụng cụ J-ring theo tiêu chuẩn ASTM C1666/C 1666M – 2007 và ASTM C1611/C 1611M. Ngoài ra còn xác định thời gian chảy của HHTB qua phễu V và khả năng chảy vượt cốt thép trong hộp L-box. Kết quả thí nghiệm được minh họa bằng hình 8.



**Hình 8. Khả năng tự lên của HHTB Keramzit**

Kết quả thí nghiệm cho thấy, cấp phối sử dụng keramzit khô có tổn thất độ chảy theo thời gian rất lớn, do sự hút nước mạnh của CLR trong hồ xi măng. Cấp phối này có lượng nước trộn lớn hơn nên HHTB có xu hướng phân tầng cốt liệu và tách vữa mạnh, dẫn đến khả năng tự lên kém. Cấp phối sử dụng CLR ngâm nước trước khi trộn sẽ giảm được lượng nước trộn, ngăn cản cốt liệu hút nước tự do trong hồ xi măng nên giảm đáng kể tổn thất độ chảy cho HHTB, đồng thời giảm hiện tượng tách vữa và tách CLR, HHTB có kết nội bộ tốt hơn. Độ chảy và tổn thất độ chảy của nó tương đương với HHTB nặng tự lên cùng mức. Sử dụng thêm phụ gia ổn định độ nhớt HPMC (cấp phối Kwv) với hàm lượng rất nhỏ (0,03-0,05% CKD) khắc phục được nhược điểm này. Thực nghiệm cho thấy cấp phối Kwv cho HHTB có độ chảy và tốc độ chảy cao, khả năng tự lên tốt, mức độ phân tầng và tổn thất độ chảy cũng rất thấp.

Khi giữ nguyên lượng nước trộn, sự có mặt của cốt sợi đã làm giảm đáng kể độ chảy của HHTB so với cấp phối không sợi. Hiệu ứng này xảy ra mạnh hơn đối với sợi ARG. Trong quá trình thí nghiệm nhận thấy rằng, HHTB với sự có mặt của cốt sợi đều làm tăng tính dễ trộn và hạn chế hiện tượng sa lắng hồ xi măng, và sợi thủy tinh cũng thể hiện hiệu ứng này tốt hơn sợi PP.

Có thể đánh giá tính tự lên của hỗn hợp BT Keramzit theo độ chảy sụt Do và độ chảy qua vòng J-ring Dj, sau đó tính hiệu số Do-Dj; hoặc độ chảy Do và hệ số tự lên H2/H1. Kết quả thực nghiệm đã chứng tỏ tính thống nhất giữa các phương pháp. Tuy nhiên thời gian chảy của hỗn hợp BTKTL trong thí nghiệm V-test lớn hơn đáng kể so với giới hạn quy định cho BTTL thông thường. Nguyên nhân cơ bản của hiện tượng này là BT Keramzit có khối lượng thể tích thấp, hơn nữa do CLR nhẹ có xu hướng nổi lên trên nên trọng tâm của khối vữa bị dịch xuống thấp, do đó thể năng ban đầu của nó nhỏ hơn đáng kể so với BT thường.

#### 4. Kết luận

Từ kết quả nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm, có thể rút ra một số kết luận sau:

- Trong công nghệ chế tạo BTK có độ chảy cao và BTK tự lên, nên sử dụng CLR ngâm nước trước. Sử dụng keramzit ngâm nước trước với độ ẩm phù hợp, cho hiệu quả nhiều mặt so sánh với sử dụng keramzit khô: Giảm phân tầng cho HHTB (khoảng 20%); Tăng khả năng công tác cho HHTB; Cải thiện vi cấu trúc của BT;
- Sử dụng sợi thủy tinh hoặc sợi PP siêu mảnh, cùng với giải pháp cho CLR ngâm nước trước, cho hiệu quả cao trong việc chống phân tầng cho HH BTK có độ chảy cao và BTK tự lên. Sợi thủy tinh làm giảm phân tầng tốt hơn sợi PP;
- Sử dụng phụ gia nhớt HPMC với hàm lượng hợp lý 0,03% - 0,05% CKD, có tác dụng rất tốt về chống phân tầng và tăng khả năng tự lên cho HH BTK.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Bộ Xây dựng. Chỉ dẫn kỹ thuật thiết kế và thi công bê tông tự lên, 2004.
2. TRẦN BÁ VIỆT và các cộng tác viên. Nghiên cứu chế tạo bê tông chất lượng cao sử dụng cốt sợi nhân tạo dùng cho các công trình ở Hà Nội. Báo cáo kết quả đề tài NCKH thành phố Hà Nội, 2005.
3. SATISH CHANDRA and LEIF BERNTSSON. Lightweight Aggregate Concrete – Science, Technology and Applications. William Andrew Publishing, Norwich, New York, U.S.A, 2003.
4. A. M NEVILLE. Properties of Concrete. Pitman Publishing, 1985.
5. JOHN P. RIES, THOMAS A. HOLM. High-Performance Structural Lightweight concrete. ACI – SP-218, 2004.