

## NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA CÁC THÀNH PHẦN VẬT LIỆU ĐẾN MỘT SỐ TÍNH CHẤT BÊ TÔNG NHẸ SỬ DỤNG CỐT LIỆU KERAMZIT

Hoàng Quốc Gia<sup>1</sup>, Vũ Quốc Vương<sup>1</sup>

**Tóm tắt:** Mục đích của bài báo này là nghiên cứu tính chất của bê tông nhẹ sử dụng cốt liệu nhẹ Keramzit và ảnh hưởng của các thành phần vật liệu (tỷ lệ X/N, lượng cốt liệu lớn, cốt liệu nhỏ) đến tính chất của bê tông nhẹ. Các thí nghiệm đã được thực hiện trên một số cấp phối bê tông nhẹ, bao gồm độ sụt, khối lượng thể tích, cường độ chịu nén. Kết quả các thí nghiệm cho thấy mỗi sự thay đổi về thành phần vật liệu đều có ảnh hưởng đến các tính chất cơ lý của bê tông nhẹ. Việc hiểu rõ các tính chất này giúp tìm ra tỷ lệ các thành phần vật liệu phù hợp của bê tông nhẹ để ứng dụng trong các công trình xây dựng.

**Từ khoá:** Bê tông nhẹ, sỏi Keramzit, độ sụt, khối lượng thể tích, cường độ nén.

### 1. GIỚI THIỆU CHUNG

Bê tông nhẹ là vật liệu khá phổ biến trong xây dựng hiện đại. Chúng được sử dụng trong nhiều lĩnh vực khác nhau: làm khung, sàn, tường cho nhà nhiều tầng; dùng trong các kết cấu bản mỏng, tấm cong; trong kết cấu bê tông ứng suất trước; trong chế tạo các cấu kiện bê tông cốt thép đúc sẵn; tường bao, trần và mái cách nhiệt; vv... Những loại bê tông có khối lượng thể tích (KLTT) ở trạng thái khô trong khoảng 500 - 1800kg/m<sup>3</sup> gọi là bê tông nhẹ; nhỏ hơn 500kg/m<sup>3</sup> gọi là bê tông đặc biệt nhẹ.

Bê tông nhẹ sử dụng cốt liệu rỗng là loại bê tông nhẹ phổ biến nhất. Cốt liệu rỗng có nguồn gốc từ núi lửa và trầm tích như đá bọt, xi núi lửa, đá phấn, đá vôi, đá đolômit rỗng, trêpen, diatômit,... đã được sử dụng ở châu Âu từ cuối thế kỷ XIX. Ưu điểm của loại này là giá rẻ, tuy nhiên không phải vùng nào cũng có. Vào những năm đầu của thế kỷ XX, người ta đã dùng lò quay để sản xuất cốt liệu rỗng nhân tạo cường độ cao dùng cho bê tông nhẹ. Cốt liệu nhẹ nhân tạo đi từ đất sét hay á sét,... có thể là Keramzit, aglôpôrit, peclit, xi xốp, xi hạt,... Trong các loại cốt liệu này

thì Keramzit là loại phổ biến và được sử dụng rộng rãi nhất (hình 1). Sỏi nhẹ Keramzit là vật liệu xây dựng nhân tạo được sản xuất từ các loại khoáng sét dễ chảy bằng phương pháp nung phòng nhanh. Chúng có cấu trúc tổ ong với các lỗ rỗng nhỏ và kín. Xương và vỏ của sỏi Keramzit rất vững chắc.



Hình 1. Sỏi nhẹ Keramzit

Bê tông nhẹ đã được nghiên cứu và ứng dụng rộng rãi từ lâu trên thế giới. Từ khi có bê tông nhẹ để sử dụng thay thế gạch nung trong xây dựng, gạch nung (nguyên liệu lấy từ đất sét) ở các nước tiên tiến đã bị nghiêm cấm sử dụng nhằm mục đích bảo vệ môi trường sinh thái Quốc gia. Ngoài

---

<sup>1</sup> Khoa Công trình, Trường Đại học Thủy lợi

ra loại bê tông nhẹ với cấu trúc được làm từ bọt tạo sẵn (còn gọi là bê tông bọt) cũng được nhiều Quốc gia có nền khoa học công nghệ cao như Mỹ, Đức, Pháp, Nhật... ứng dụng trong xử lý nhiều vấn đề địa kỹ thuật quan trọng như làm nền cho đường cao tốc, chống lún trượt ở những vùng đồi núi hoặc những vùng đất yếu với hiệu quả kỹ thuật - kinh tế vô cùng to lớn.

Trong bài báo này, nhóm tác giả tập trung vào nghiên cứu bê tông nhẹ sử dụng phối hợp các loại sỏi, cát nhẹ Keramzit và cát vàng thông thường. Việc phối hợp các loại cốt liệu (các cỡ hạt sỏi nhẹ Keramzit, cát nhẹ Keramzit và cát tự nhiên) nhằm tối ưu hóa thành phần hạt, cân bằng giữa khả năng

chịu lực và yêu cầu về khối lượng thể tích và nhằm nghiên cứu ảnh hưởng của các thành phần vật liệu đến tính chất của bê tông nhẹ.

## 2. LỰA CHỌN VẬT LIỆU CHẾ TẠO BÊ TÔNG NHẸ

### 2.1. Sỏi nhẹ Keramzit

Trong bê tông nhẹ cốt liệu rỗng người ta dùng sỏi nhẹ và cát nhẹ thay thế đá hoặc sỏi và một phần cát tự nhiên thường dùng trong bê tông truyền thống. Trong nghiên cứu này, sử dụng cốt liệu Keramzit, thành phần hạt của hai loại sỏi nhẹ được sử dụng thể hiện trong bảng 1 dưới đây. Yêu cầu kỹ thuật đối với cốt liệu Keramzit được quy định theo tiêu chuẩn TCVN 6220:1997.

**Bảng 1. Thành phần hạt của hai loại sỏi Keramzit**

Loại cốt liệu	Sỏi cỡ (10-20)		Sỏi cỡ (2,5-10)		
	20	10	10	5	2,5
Sàng (mm)					
Lượng sót trên sàng (%)	70,7	29,3	26,65	45,42	27,93

Tính chất cơ lý của hai loại sỏi này được thể hiện trong bảng 2. Nhằm tối ưu hóa về thành phần hạt của cốt liệu lớn (CLL) sử dụng trong bê tông

nhẹ, việc phối hợp 60% sỏi cỡ (10-20) và 40% sỏi cỡ (2,5-10) được thực hiện. Hỗn hợp 2 loại sỏi này đáp ứng yêu cầu kỹ thuật theo TCVN 6220:1997.

**Bảng 2. Tính chất cơ lý sỏi Keramzit**

TT	Tính chất cơ lý	Đơn vị	Sỏi cỡ 2,5 – 10 (mm)	Sỏi cỡ 10 – 20 (mm)	40% sỏi (2,5-10) và 60% sỏi (10-20)
1	Khối lượng thể tích đồ đồng ở trạng thái khô	Kg/m <sup>3</sup>	680	575	620
2	Độ ẩm	%	0,74	0,56	0,63
3	Khối lượng riêng	g/cm <sup>3</sup>	2,56	2,48	2,51
4	Độ rỗng giữa các hạt	%	41	38	39,2
5	Khối lượng thể tích hạt cốt liệu	g/cm <sup>3</sup>	1,15	0,93	1,02
6	Độ rỗng trong hạt cốt liệu	%	55,08	62,5	59,5
7	Độ hút nước				
	Sau 1 giờ	%	13,2	11,7	12,3
	Sau 24 giờ	%	15,1	13,5	14,1
	Bão hòa	%	27,4	23,0	24,8
8	Độ hút nước trong hồ xi măng				
	Sau 1 giờ				
	Sau 24 giờ	%			10,6
	Bão hòa	%			6,23
		%			3,80
9	Khối lượng thể tích hạt trong hồ xi măng	g/cm <sup>3</sup>	1,43	1,31	1,34

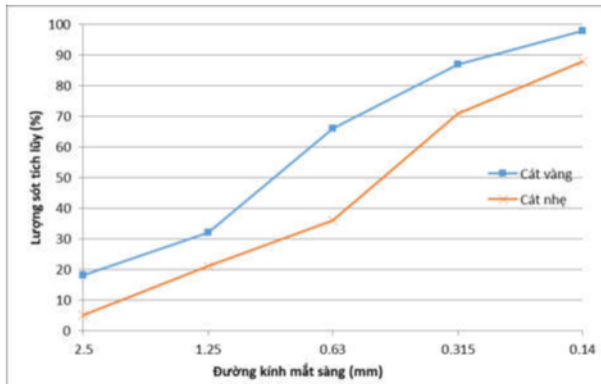
## 2.2. Cốt liệu nhô (CLN)

Trong nghiên cứu sử dụng kết hợp hai loại cát, cát nhẹ Keramzit (cát nhóm a theo TCVN

6220:1997) và cát tự nhiên (cát vàng). Bảng 3 thể hiện tính chất cơ lý và hình 2 thể hiện biểu đồ thành phần hạt của hai loại cát này theo TCVN 7570:2006.

**Bảng 3. Tính chất cốt liệu nhô**

TT	Tính chất cơ lý	Đơn vị	Cát vàng	Cát nhẹ
1	Khối lượng riêng	g/cm <sup>3</sup>	2,63	1,04
2	Khối lượng thể tích	g/cm <sup>3</sup>	1,41	0,75
3	Độ rỗng	%	46,39	-
4	Độ ẩm	%	0,7	0



Hình 2. Thành phần hạt của hai loại cát sử dụng trong nghiên cứu

## 2.3. Xi măng

Xi măng PCB40 đạt yêu cầu kỹ thuật theo TCVN 6260:2009 được sử dụng trong nghiên cứu, tính chất được thể hiện trong bảng 4.

**Bảng 4. Tính chất cơ lý của xi măng PCB40**

TT	Tính chất cơ lý	Đơn vị	Kết quả thí nghiệm
1	Thời gian đông kết		
	Thời gian bắt đầu	Phút	110
	Thời gian kết thúc	Phút	195
2	Khối lượng riêng	g/cm <sup>3</sup>	3,10
3	Cường độ nén 28 ngày	N/mm <sup>2</sup>	50,5
4	Cường độ uốn 28 ngày	N/mm <sup>2</sup>	8,0
5	Khối lượng thể tích	kg/m <sup>3</sup>	1100
6	Lượng nước tiêu chuẩn	%	27,60

## 2.4. Phụ gia điều chỉnh độ nhớt

Để khắc phục hiện tượng phân tầng do cốt liệu Keramzit có khối lượng thể tích thấp, độ nhớt của hỗn hợp cần được tăng lên. Phụ gia điều chỉnh độ nhớt (VMA – viscosity modifying admixture) thường được sử dụng trong bê tông là các dẫn xuất của xenlulo (HEC, MHEC, MHPC, EHEC) và polyl ancol (PVA). Trong nghiên cứu này, phụ

gia Thylocell HEC (hydroxyethyl cellulose) được sử dụng nhằm duy trì khả năng giữ nước của hỗn hợp bê tông cho một số cấp phối.

## 3. TÍNH CHẤT BÊ TÔNG NHE

Tất cả các cấp phối bê tông được nghiên cứu trong bài báo này sử dụng xi măng PCB40, cốt liệu lớn là hỗn hợp sỏi Keramzit như đã trình bày trong phần 2. Lượng dùng cốt liệu lớn và tỷ lệ cốt

liệu nhỏ (tỷ lệ cát tự nhiên/cát nhẹ Keramzit) được thay đổi để nghiên cứu ảnh hưởng của cốt liệu đến tính chất của bê tông nhẹ. Phương pháp được sử dụng để thiết kế thành phần bê tông nhẹ là ACI 211 kết hợp thực nghiệm.

### 3.1. Tính công tác của hỗn hợp bê tông (HHBT)

Nghiên cứu ảnh hưởng của một số yếu tố đến tính công tác của hỗn hợp bê tông nhẹ Keramzit

được tiến hành trên các hỗn hợp bê tông với thể tích cốt liệu lớn (hỗn hợp sỏi 2,5-10 và 10-20) dao động trong khoảng từ 0,38 đến 0,48 tổng thể tích của hỗn hợp bê tông, lượng dùng xi măng PCB40 từ 200÷300 kg/m<sup>3</sup>. Cấp phối gốc được thể hiện trong bảng 5. Lượng nước và tỷ lệ cốt liệu lớn được điều chỉnh thay đổi nhằm nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số này đến tính công tác của hỗn hợp bê tông.

**Bảng 5. Cấp phối đối chứng nghiên cứu tính công tác**

Lượng dùng vật liệu (kg)					
Sỏi Keramzit	Cát Keramzit	Cát tự nhiên	Xi măng	Nước	PG, %
520	210	490	240	200	-

Kết quả thí nghiệm độ sụt của hỗn hợp bê tông nhẹ với các lượng nước thay đổi được trình bày ở bảng 6. Trong đó, cấp phối CP1 sử dụng cốt liệu khô (độ ẩm cân bằng trong không khí). Cấp phối

CP2 sử dụng cốt liệu đã được ngâm bão hòa nước. Cấp phối CP3 sử dụng cốt liệu khô và phụ gia điều chỉnh độ nhớt với lượng dùng 0,5% khối lượng xi măng.

**Bảng 6. Lượng nước sử dụng và độ sụt**

CP1 (CL khô)	Lượng nước	180	200	220	240
	Độ sụt, cm	4	8	10	15
CP2 (CL bão hòa)	Lượng nước	160	185	195	210
	Độ sụt, cm	2,5	6,5	11	14
CP3 (0,5% PG)	Lượng nước	200	225	245	260
	Độ sụt, cm	4,5	7,5	11,5	17

Các kết quả thí nghiệm cho thấy, khả năng hút nước của cốt liệu Keramzit ảnh hưởng lớn tới lượng dùng nước của hỗn hợp bê tông. Khi nhào trộn với nước, một lượng nước đáng kể bị hút bởi cốt liệu nhẹ khiến cho lượng nước thực tế đóng góp vào tính lưu biến của hỗn hợp giảm. Do đó, lượng dùng nước của bê tông Keramzit cao hơn so với bê tông thường. Chúng ta có thể thấy các cấp phối sử dụng sỏi Keramzit bão hòa nước (CP2) cho tính công tác tốt hơn các cấp phối sử dụng sỏi Keramzit ở trạng thái khô (CP1 và CP3). Mặt khác, việc sử dụng phụ gia nhớt trong hỗn hợp bê tông ở cấp phối CP3 làm giảm giá trị độ sụt ban đầu khi so sánh với cấp phối CP1 với cùng lượng

nước dùng. Điều này hoàn toàn có thể hiểu được do tác dụng tăng cường khả năng liên kết giữa các hạt xi măng trong nước của phụ gia nhớt, qua đó làm giảm tính linh động của hỗn hợp bê tông.

Nghiên cứu tiếp tục đánh giá sự khả năng duy trì độ sụt theo thời gian của hỗn hợp bê tông Keramzit. Các cấp phối được sử dụng để nghiên cứu là CP1, CP2 và CP3 với lượng nước dùng lần lượt là 220, 195 và 245 lít và cho các giá trị độ sụt ban đầu không chênh lệch lớn (từ 10 đến 11,5 cm). Sau khi trộn, các mẫu bê tông tươi được để ở trạng thái nghỉ trong điều kiện nhiệt độ và độ ẩm phòng thí nghiệm. Hỗn hợp bê tông nhẹ trong quá trình lưu giữ được phủ nilon tránh mất nước.

**Bảng 7. Khả năng duy trì độ sụt của HHT**

Cấp phối	Độ sụt (cm) sau thời gian			
	0 phút	30 phút	45 phút	60 phút
CP1 (bảng 5)	10	6,5	4,5	2
CP2 (bảng 5)	11	8	5,5	2,5
CP3 (bảng 5)	11,5	10	7,5	4

Kết quả thí nghiệm bảng 7 cho thấy độ sụt của hỗn hợp bê tông Keramzit giảm đi khá nhanh trong vòng 60 phút. Do cốt liệu Keramzit trong hỗn hợp bê tông có xu hướng hút nước khiến lượng nước tự do giảm nhanh, đặc biệt đối với cấp phối CP1 (cốt liệu khô, không sử dụng phụ gia nhớt). Lượng nước tự do giảm một mặt thúc đẩy quá trình đông kết của xi măng, mặt khác làm giảm tính lưu biến của hỗn hợp vữa, khiến cho độ sụt của hỗn hợp bê tông suy giảm. Xử lý bão hòa nước cốt liệu Keramzit trước khi trộn một biện pháp cho phép củng cố khả năng duy trì độ sụt của hỗn hợp. Kết quả trên cũng cho thấy phụ gia điều chỉnh độ nhớt giúp giữ nước và có ảnh hưởng tốt đến việc duy trì độ sụt hỗn hợp bê tông Keramzit. Khi dùng phụ gia, tính công tác của hỗn hợp bê

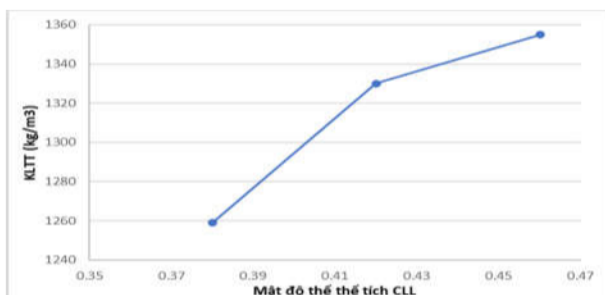
tông nhẹ giảm đi không đáng kể trong 30 phút đầu. Tuy nhiên lượng dùng nước của hỗn hợp bê tông Keramzit sử dụng phụ gia nhớt tăng đáng kể so với khi không dùng phụ gia để có thể đạt cùng một giá trị về độ sụt.

### 3.2. Khối lượng thể tích (KLTT).

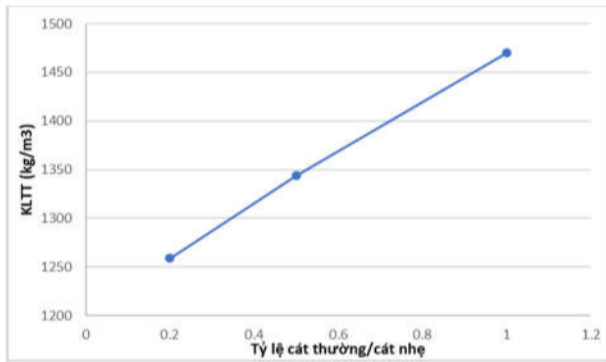
Thông thường, khi giữ cố định tỷ lệ X/N và tỷ lệ cốt liệu nhỏ trên cốt liệu lớn CLN/CLL, tăng mật độ thể tích cốt liệu lớn sẽ làm tăng lượng dùng cốt liệu nhỏ có khối lượng thể tích lớn hơn và làm giảm lượng dùng nước. Điều này sẽ khiến khối lượng thể tích bê tông Keramzit tăng. Sự thay đổi KLTT của bê tông khi lượng CLL tăng, đối với bê tông có tỷ lệ N/X bằng 1,05 và tỷ lệ CLN/CLL=0,7 được thể hiện trong bảng cấp phối (bảng 8, cấp phối 1,2,3) và hình 3 bên dưới.

**Bảng 8. KLTT của một số cấp phối bê tông**

STT	Lượng dùng vật liệu, kg/m <sup>3</sup>					KLTT kg/m <sup>3</sup>
	Sỏi Keramzit	Cát Keramzit	Cát thường	Xi măng	Nước	
1	580	410	-	180	190	1355
2	560	390	-	200	210	1330
3	540	378	-	220	230	1259
4	620	162	388	200	200	1470
5	620	216	290	190	190	1344
6	620	270	130	185	185	1261



Hình 3. Ảnh hưởng của mật độ thể tích CLL đến KLTT của bê tông

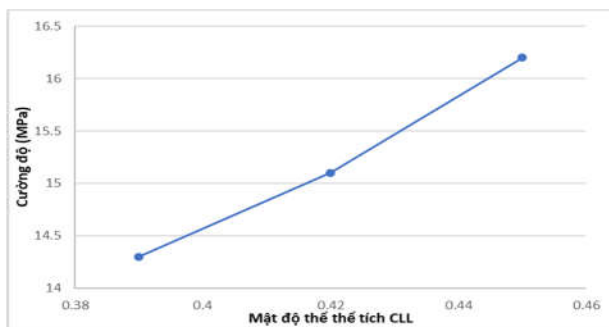


Hình 4. Ảnh hưởng của tỷ lệ cát thường/cát nhẹ đến KLTT của bê tông

Đối với hỗn hợp cốt liệu nhỏ, tỷ lệ giữa cát thường và cát Keramzit được điều chỉnh để bê tông nhẹ có được khối lượng thể tích cần thiết. Khi tăng tỷ lệ cát thường, khối lượng thể tích

**Bảng 9. Cường độ nén ở 28 ngày tuổi ở một số cấp phối bê tông nhẹ**

Lượng dùng vật liệu, kg/m <sup>3</sup>					KLTT kg/m <sup>3</sup>	Cường độ nén, MPa
Sỏi Keramzit	Cát Keramzit	Cát thường	Xi măng	Nước		
520	333	315	200	200	1440	14,3
560	283	325	200	200	1435	15,1
600	232	340	200	200	1420	16,2



Hình 5. Ảnh hưởng của mật độ thể tích cốt liệu lớn đến cường độ bê tông khi giữ nguyên tỷ lệ X/N và khối lượng thể tích bê tông

Lượng dùng của cốt liệu Keramzit có ảnh hưởng rất lớn đến cường độ nén của bê tông Keramzit. Trong trường hợp, tăng mật độ thể tích cốt liệu lớn và giữ nguyên tỷ lệ X/N, để giữ cố định khối lượng thể tích, cần điều chỉnh tỷ lệ giữa cát nhẹ Keramzit và cát tự nhiên theo hướng giảm tỷ lệ cát Keramzit. Điều này, tuy làm giảm thể tích

của hỗn hợp cốt liệu tăng lên. Để đảm bảo yêu cầu về khối lượng thể tích tuyệt đối khi giữ nguyên mật độ cốt liệu lớn, cần tăng thể tích của vữa. Khi đó, khối lượng thể tích bê tông Keramzit tăng theo. Điều này được thể hiện trong hình 4 đối với các cấp phối 4,5,6 trong bảng 8.

### 3.3. Cường độ nén

Ảnh hưởng của các yếu tố thành phần đến cường độ nén và khối lượng thể tích của một số cấp phối bê tông Keramzit mức thấp được thể hiện trong bảng 9. Các cấp phối này đều sử dụng xi măng PCB40 và sỏi hỗn hợp 40% (2,5-10) và 60% (10-20). Tỷ lệ X/N được giữ cố định ở tất cả các cấp phối.

vữa xi măng trong bê tông, nhưng cải thiện được cường độ của vữa.

### 4. KẾT LUẬN

Các kết quả thí nghiệm trong nghiên cứu này cho thấy việc thiết kế thành phần và kiểm soát chất lượng của bê tông nhẹ cốt liệu rỗng Keramzit là hoàn toàn khả thi. Các thông số thành phần đều có ảnh hưởng lớn đến các tính chất cơ lý của bê tông, cụ thể như sau:

- Sỏi Keramzit có tính hút nước lớn, nên sử dụng mật độ cốt liệu hợp lý, bão hòa cốt liệu Keramzit trước khi trộn hoặc sử dụng phụ gia nhớt làm tăng lượng dùng nước của hỗn hợp bê tông đồng thời làm tăng khả năng liên kết cũng như cải thiện các tính chất của hỗn hợp bê tông Keramzit.

- Mật độ cốt liệu lớn (tỷ lệ thể tích sỏi Keramzit/ thể tích bê tông) và tỷ lệ cát thường/cốt liệu nhỏ đều có ảnh hưởng đến khối lượng thể tích bê tông. Khi giữ nguyên các thông số khác, việc

tăng mật độ CLL và tỷ lệ cát thường/CLN đều làm tăng KLTT của bê tông nhẹ Keramzit.

- Việc điều chỉnh cường độ bê tông nhẹ cốt liệu Keramzit có thể thực hiện bằng cách thay đổi tỷ lệ các thành phần trong cốt liệu.

Bài báo này cũng mới chỉ dừng lại ở việc nghiên cứu một số tính chất cơ bản của bê tông

nhẹ. Việc nghiên cứu và cải thiện các tính chất của bê tông nhẹ cần được tiếp tục nghiên cứu trong thời gian tới. Một số tính chất khác của bê tông như mác chống thấm, độ mềm hóa, khả năng chống xâm thực cần được tiến hành nghiên cứu để mở rộng phạm vi áp dụng của loại bê tông này trong các công trình xây dựng.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

TCVN 7572: 2006: *cốt liệu cho bê tông và vữa* - Phương pháp thử.

TCVN 7570: 2006: *cốt liệu cho bê tông và vữa* - Yêu cầu kỹ thuật.

TCVN 6221-1997 : *Cốt Liệu Nhẹ Cho Bê Tông - Sỏi Dăm Sỏi Và Cát Keramzit* - Phương Pháp Thử

TCVN 6220:1997 *Cốt liệu nhẹ cho bê tông - sỏi, dăm sỏi và cát Keramzit*. Yêu cầu kỹ thuật.

PGS.TS Nguyễn Quang Phú (2019), “*Sử dụng cốt liệu nhẹ Keramzit và xi bốt chế tạo bê tông nhẹ ứng dụng trong các công trình xây dựng*”, Tạp chí Khoa học kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường, Số 65 (6/2019)

TS. Hoàng Quốc Gia (2018), “*Khả năng ứng dụng bê tông nhẹ trong công trình thủy lợi*”, Tuyển tập Hội nghị Khoa học thường niên năm 2018, Trường Đại học Thủy lợi, ISBN: 978-604-82-2548-3.

TS. Nguyễn Văn Đình, Phùng Văn Lự, Nguyễn Thiện Ruệ (1998), “*Nghiên cứu chế tạo bê tông nhẹ cốt liệu rỗng*”, Hội thảo về công nghệ xi măng và Bê tông: Nghiên cứu và ứng dụng.

TS. Hoàng Minh Đức, Báo cáo tổng kết đề tài, “*Nghiên cứu giải pháp vật liệu, kết cấu thi công tường bê tông nhẹ trong các khu chung cư xây mới và sửa chữa các công trình xây dựng trên địa bàn Hà Nội*”, Viện KHCN & Kinh tế xây dựng Hà Nội.

ACI 211.2-98: *Standard Practice for Selecting Proportions for Structural Lightweight Concrete*

ATSM Standard C330, C331, C332: *Tentative specifications for high-weight aggregate for structural concrete*

### Abstract:

#### STUDY ON THE EFFECTS OF MIX DESIGN ON THE LIGHTWEIGHT CONCRETE PROPERTIES USING KERAMZIT AGGREGATE

*This work aims to study the properties of lightweight concrete using Keramzit aggregate and the effect of mix design (W/C ratio, fine and coarse aggregate content) on concrete properties. Experimental program were conducted on a variety of lightweight concrete aggregates, including slump, density, compressive strength. Understanding these properties helps to find out the appropriate method of mix design and the proportion of material components suitable for lightweight concrete.*

**Keywords:** Lightweight concrete, Keramzit, slump, density, compressive strength.

---

Ngày nhận bài: 08/4/2021

Ngày chấp nhận đăng: 30/9/2021

