

# ẢNH HƯỞNG CỦA HÀM LƯỢNG HẠT MỊN ĐẾN ĐỘ SỤT CỦA HỖN HỢP BÊ TÔNG SỬ DỤNG CÁT NGHIÊN

## EFFECT OF THE FINES CONTENT ON SLUMP OF CONCRETE MIXTURES MADE WITH MANUFACTURED SAND

TS. HOÀNG MINH ĐỨC, KS. LÊ VĂN THẮNG  
Viện KHCN Xây dựng

*Tóm tắt: Cát nghiền đã được sử dụng rộng rãi ở Việt Nam và được coi là vật liệu hữu hiệu để thay thế cát sông nhằm bảo vệ tài nguyên thiên nhiên, đảm bảo an toàn và ổn định của các khu vực ven sông. Tuy nhiên, việc sử dụng cát nghiền có một số khác biệt so với cát sông, liên quan đến một số tính chất đặc thù, ví dụ như hàm lượng hạt mịn cao trong cát nghiền. Kết quả nghiên cứu trình bày trong bài báo này cho thấy với hỗn hợp bê tông có độ sụt trung bình và cao, giảm 6-8% hàm lượng hạt mịn trong cát nghiền làm tăng thêm khoảng 20 mm độ sụt, giảm 14% hàm lượng hạt mịn làm tăng thêm hơn 40 mm độ sụt. Ngoài ra, bên cạnh giá trị mô đun độ lớn, nguồn gốc và các đặc điểm khác của cát nghiền cũng ảnh hưởng lớn đến lượng dùng nước và cần được tính đến trong lựa chọn thành phần bê tông.*

*Từ khóa: bê tông, cát nghiền, hạt mịn, mô đun độ lớn, độ sụt*

*Abstract: Manufactured sand has been widely used in Vietnam and is considered an effective material to replace river sand in order to protect natural resources, ensure safety and stability in riverside areas. However, there are some differences in use of manufactured sand in comparison with river sand, with regard to some specific properties, such as the high content of fines in the sand. The research results presented in this article show that for medium to high slump concrete mixtures, the reduction of 6-8% of the fines content in the manufactured sand increases about 20 mm of slump, and the reduction of 14% in fines content increases more than 40 mm of slump. In addition, besides the fineness modulus, the origin and other characteristics of manufactured sand greatly affect the water content and should be taken into account in selecting the concrete proportion.*

*Keywords: concrete, manufactured sand, fines, fineness modulus, slump*

### 1. Mở đầu

Cát nghiền đã được sử dụng rộng rãi tại nhiều nước trên thế giới để thay thế cho cát tự nhiên trong

nhiều năm qua. Là sản phẩm sản xuất công nghiệp nên các tính chất của cát nghiền có thể được kiểm soát trong quá trình sản xuất. Nhìn chung, các chỉ tiêu kỹ thuật đối với cát nghiền có nhiều điểm tương đồng với cát tự nhiên. Tuy nhiên, cát nghiền có chứa hàm lượng lớn các hạt nhỏ với kích thước dưới 0,14 mm và hạt mịn với kích thước dưới 0,075 mm.

Các tiêu chuẩn về cát nghiền trên thế giới đều quy định mức giới hạn hàm lượng hạt mịn trong cát nghiền. Tiêu chuẩn Hoa Kỳ ASTM C33/C33M-18 [1] quy định hàm lượng hạt nhỏ hơn 75  $\mu\text{m}$  trong cát dùng cho bê tông nói chung có giá trị tối đa là 5% và cho bê tông chịu mài mòn là 3%. Với cát nghiền, nếu hạt mịn không phải là sét hoặc phiến sét thì giá trị này được quy định tương ứng là 7% và 5%.

Tiêu chuẩn châu Âu EN 12620:2013 [2] quy định phân loại cát thành các mức  $f_3$ ,  $f_4$ ,  $f_5$ ,  $f_6$ ,  $f_7$ ,  $f_{10}$ ,  $f_{16}$ ,  $f_{22}$  và  $f_{\text{Declared}}$  tương ứng với hàm lượng hạt nhỏ hơn 0,063 mm trong cát là 3%, 4%, 5%, 6%, 7%, 10%, 16%, 22% và trên 22%.

Ở Việt Nam việc sử dụng cát nghiền mới được triển khai trong những năm gần đây. Tiêu chuẩn quốc gia về cát nghiền TCVN 9205:2012 [3] quy định hàm lượng hạt mịn nhỏ hơn 75  $\mu\text{m}$  không được lớn hơn 16% đối với cát thô và 25% đối với cát mịn. Ngoài ra tiêu chuẩn này cũng khuyến cáo giới hạn hàm lượng hạt mịn ở mức không lớn hơn 9% đối với bê tông cho kết cấu chịu mài mòn và chịu va đập.

Chỉ dẫn kỹ thuật chọn thành phần bê tông ở Việt Nam hiện nay [4] khuyến cáo ước tính lượng nước trộn ban đầu bằng cách tra bảng theo độ sụt cần đạt và kích thước hạt lớn nhất của cốt liệu lớn cũng như mô đun độ lớn của cốt liệu nhỏ. Tuy nhiên, theo TCVN 7572-2:2006 [5], trong tính toán mô đun độ lớn của cốt liệu nhỏ không kể đến hàm lượng hạt mịn. Trong một chỉ dẫn khác về cát nghiền, TCVN 9382:2012 [6] khuyến cáo lượng nước trộn cho hỗn

hợp bê tông sử dụng cát nghiền bazan có 10% lượng hạt mịn (nhỏ hơn 0,15 mm) và mô đun độ lớn từ 2,8 đến 3,1. Ngoài ra, cũng khuyến cáo tăng lượng nước tra bằng nếu lượng hạt mịn nhỏ hơn 3% hoặc lớn hơn 12% khoảng 5 l/m<sup>3</sup> đến 10 l/m<sup>3</sup>.

Về bản chất, khác với cát sông, hạt mịn trong cát nghiền không phải là các loại sét mà là các hạt đá mịn hình thành trong quá trình nghiền. Tùy thuộc vào thiết bị nghiền, chế độ nghiền và đặc tính đá gốc mà đặc điểm và hàm lượng hạt mịn của cát nghiền có sự khác biệt đáng kể. Các hạt mịn này có ảnh hưởng đáng kể đến tính chất của hỗn hợp bê tông và bê tông. Nghiên cứu ảnh hưởng của hàm lượng hạt mịn trong bê tông [7-10] cho thấy hạt mịn trong cát nghiền ảnh hưởng tiêu cực đến tính công tác của hỗn hợp bê tông. Để bê tông đạt cùng độ sụt, khi tăng lượng hạt mịn cần phải tăng tỷ lệ phụ gia giảm nước. Trong khi đó, ảnh hưởng của hạt mịn đến cường độ bê tông lại phụ thuộc nhiều yếu tố, trong một số trường hợp ghi nhận gia tăng cường độ bê tông khi tăng hàm lượng hạt mịn [7,8], trong một số trường hợp khác ghi nhận sự suy giảm cường độ bê tông khi hàm lượng hạt mịn vượt quá giá trị nhất định [9,10]. Trong hỗn hợp bê tông, lượng hạt mịn này với kích thước nằm ở khoảng trung gian giữa cốt liệu nhỏ và xi măng hay phụ gia khoáng vừa có thể được tính vào thể tích hồ vừa có thể được tính ở phần thể tích cốt liệu. Tuy nhiên, tính lượng hạt mịn trong cát vào lượng hồ xi măng là cách tiếp cận phù hợp hơn. Khi đó, ảnh hưởng của nó được tính đến trong quan hệ giữa chất lượng và thể tích hồ xi măng với tính chất của hỗn hợp bê tông và bê tông. Các loại bê tông với lượng

hồ kết dính thấp (ví dụ như bê tông đầm lăn) lượng hạt mịn trong cát có thể có ảnh hưởng tích cực, tuy nhiên trong bê tông với lượng hồ kết dính nhiều mức độ ảnh hưởng có thể thay đổi rõ rệt. Do đó, để sử dụng hiệu quả cát nghiền trong bê tông cần tính đến ảnh hưởng của hàm lượng hạt mịn.

Nghiên cứu trình bày trong bài báo này tập trung làm rõ ảnh hưởng của hàm lượng hạt mịn trong cát nghiền đến tính công tác của hỗn hợp bê tông thông thường nhằm khuyến cáo các điều chỉnh trong lựa chọn lượng nước trộn khi thiết kế thành phần bê tông.

## 2. Vật liệu và phương pháp

Trong nghiên cứu đã sử dụng xi măng poóc lăng hỗn hợp PCB40 của Nhà máy Xi măng Hoàng Thạch có khối lượng riêng bằng 3,09 g/cm<sup>3</sup>, lượng nước tiêu chuẩn 31%, thời gian bắt đầu đông kết 120 phút, thời gian kết thúc đông kết 210 phút và cường độ chịu nén ở 3 ngày và 28 ngày tuổi tương ứng bằng 22,3 MPa và 43,7 MPa.

Cốt liệu lớn là đá dăm có khối lượng thể tích khô bằng 2,64 g/cm<sup>3</sup>, khối lượng thể tích xốp 1400 kg/m<sup>3</sup>, độ nén dập 7%, hàm lượng hạt thoi dẹt 9%, có lượng sót sàng tích lũy trên sàng 40 mm, 20 mm, 10 mm và 5 mm tương ứng bằng 0,0%; 8,7%; 60,8% và 97,3%.

Trong nghiên cứu này, đã lựa chọn sử dụng hai loại cát nghiền nguồn gốc cacbonat với tỷ lệ hạt mịn khác nhau là CA và CB với các tính chất được trình bày trong bảng 1. Ngoài ra, các thí nghiệm đối chứng cũng được tiến hành với mẫu cát tự nhiên là cát sông Lô (ký hiệu CTN).

**Bảng 1.** Tính chất các loại cát sử dụng trong nghiên cứu

TT	Chỉ tiêu	Giá trị đối với cát		
		CA	CB	CTN
1	Khối lượng riêng, g/cm <sup>3</sup>	2,68	2,68	2,65
2	Khối lượng thể tích khô, g/cm <sup>3</sup>	2,65	2,64	2,62
3	Khối lượng thể tích bão hòa nước, g/cm <sup>3</sup>	2,67	2,67	2,63
4	Khối lượng thể tích xốp, kg/m <sup>3</sup>	1620	1650	1520
5	Độ hút nước, %	1,38	1,49	0,7
6	Hàm lượng hạt mịn (< 75 μm), %	6	14	-
7	Hàm lượng bùn, bụi, sét, %	-	-	0,7
8	Mô đun độ lớn	3,3	2,7	2,9
9	Lượng sót tích lũy, % trên sàng			
	5 mm	0,0	0,0	0,0
	2,5 mm	21,5	19,8	15,1
	1,25 mm	52,0	38,3	33,5
	0,63 mm	73,0	55,4	60,2
	0,315 mm	85,0	68,4	84,5
	0,14 mm	93,6	86,2	98,6

Phương pháp thí nghiệm sử dụng trong nghiên cứu là các phương pháp quy định trong tiêu chuẩn quốc gia TCVN. Việc lựa chọn thành phần bê tông được tiến hành dựa trên các khuyến cáo của TCVN 9382:2012 [6]. Các thí nghiệm được thực hiện tại Viện CN Bê tông - Viện KHCN Xây dựng.

**3. Kết quả và bình luận**

**3.1 Ảnh hưởng của hàm lượng hạt mịn đến thành phần hạt của cát nghiền**

Hạt mịn trong cát nghiền có kích thước dưới 75 µm nên rất dễ dàng bám trên bề mặt các hạt có kích thước lớn hơn trong cát. Nhưng khi trộn hỗn hợp bê tông với nước, lượng hạt mịn này có khả năng được phân bố đều và tham gia vào thành phần hồ kết dính. Do đó, phân tích thành phần hạt bằng phương pháp sàng khô theo tiêu chuẩn hiện hành TCVN 7572-2:2006 [5] có thể cho kết quả chưa thật

sự chính xác do không tính đến lượng hạt mịn bám vào này khiến giá trị mô đun độ lớn của cát cũng có thể có sai lệch.

Trong nhiều nghiên cứu trên thế giới, việc thay đổi hàm lượng hạt mịn trong cát nghiền được thực hiện bằng cách bổ sung một lượng hạt mịn đã được sàng tách ra ở các công đoạn trước [8,9]. Biện pháp này cho phép dễ dàng có được cát nghiền với các hàm lượng hạt mịn khác nhau. Tuy nhiên, loại cát tổ hợp được bằng cách này không thực sự phản ánh đúng thực tế do trong cát nghiền, các hạt mịn bám khá chắc trên bề mặt các hạt to hơn còn khi trộn thêm vào các hạt mịn thường khá tách rời. Trong nghiên cứu này, đã tiến hành sàng ướt cát nghiền ban đầu để loại bỏ một phần hoặc hoàn toàn lượng hạt mịn. Thành phần hạt của các loại cát nghiền sau khi sàng ướt loại bỏ hạt mịn (được ký hiệu là CA-0, CB-0, CB-1) được trình bày tại bảng 2.

**Bảng 2. Tính chất các loại cát đã rửa sau khi sàng ướt**

TT	Chỉ tiêu	Giá trị đối với loại cát				
		CA	CA-0	CB	CB-1	CB-0
1	Lượng sót tích lũy trên sàng, % với mắt sàng 5 mm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	2,5 mm	21,5	22,7	19,8	20,9	22,7
	1,25 mm	30,5	31,2	18,5	19,5	21,0
	0,63 mm	21,0	21,6	17,1	17,7	18,7
	0,315 mm	12,0	11,7	13,0	13,0	12,0
	0,14 mm	8,5	7,4	17,8	17,3	16,7
	Đáy sàng	6,5	4,5	13,8	11,6	8,9
2	Hàm lượng hạt mịn (< 75 µm), %	6,0	0,0	14,0	8,0	0,0
3	Mô đun độ lớn	3,3	3,4	2,7	2,8	2,9

Kết quả thu được tại bảng 2 cho thấy, lượng sót trên các sàng sau khi loại bỏ hạt mịn có sự thay đổi đáng kể. Tuy nhiên, trong khi lượng sót trên các sàng 2,5 mm, 1,25 mm và 0,63 mm có xu hướng tăng khi loại bỏ các hạt mịn thì ngược lại, lượng sót trên các sàng nhỏ hơn là 0,315 mm, 0,14 mm và đáy sàng lại có xu hướng giảm.

Cát nghiền CA với 6% hạt mịn có mô đun độ lớn bằng 3,3, sau khi sàng ướt loại bỏ toàn bộ hạt mịn thì mô đun độ lớn của cát CA-0 tăng thành 3,4. Tương tự như vậy, cát nghiền CB với 14% hạt mịn có mô đun độ lớn 2,7, sau khi sàng ướt loại bỏ hạt mịn thì cát CB-1 với 8% hạt mịn có mô đun độ lớn 2,8 và CB-0 với 0% hạt mịn có mô đun độ lớn là 2,9. Như vậy, giảm khoảng 6-8% hàm lượng hạt mịn trong cát nghiền có thể làm tăng mô đun thêm 0,1.

Điều này có thể là do lượng hạt mịn bám trên bề mặt các hạt phụ thuộc vào diện tích bề mặt hay kích

thước của hạt đó. Các hạt nhỏ có tỷ lệ diện tích bề mặt lớn hơn nên tỷ lệ lượng hạt mịn bám vào cũng nhiều hơn. Điều này dẫn đến sự thay đổi về thành phần hạt cũng như mô đun độ lớn của cát nghiền. Nhìn chung, khi loại bỏ các hạt mịn, mô đun độ lớn của cát tăng đáng kể.

Thay đổi thành phần hạt của cát khi loại bỏ hạt mịn bằng sàng ướt, trong một số trường hợp, có thể khiến cát nghiền đáp ứng yêu cầu của TCVN 9205:2012 khi đánh giá theo tiêu chuẩn hiện hành (sàng khô) lại có tỷ lệ thành phần hạt về thực tế là không phù hợp. Điều này cần được tính đến trong kiểm tra, đánh giá cát nghiền.

**3.2 Ảnh hưởng của hạt mịn đến tính công tác của hỗn hợp bê tông**

Để nghiên cứu ảnh hưởng của hàm lượng cát mịn đến độ sụt của hỗn hợp bê tông, đã tiến hành

trộn và thí nghiệm các mẻ bê tông với các loại cát nghiền khác nhau. Lượng dùng xi măng trong các cấp phối được lấy cố định bằng 400 kg/m<sup>3</sup>. Lượng dùng vật liệu cho cấp phối ban đầu được tính toán theo TCVN 9382:2012. Với các cấp phối tiếp theo, giữ nguyên lượng dùng vật liệu khô, tăng dần lượng nước trộn để khảo sát ảnh hưởng của lượng nước tới độ sụt. Cấp phối bê tông thực tế

được tính toán lại theo khối lượng thể tích thực của hỗn hợp bê tông. Các thí nghiệm trên được tiến hành với hai loại cát nghiền ban đầu (CA, CB), ba loại cát nghiền qua sàng ướt (CA-0, CB-1, CB-0) và cát tự nhiên sông Lô (CTN). Kết quả xác định quan hệ giữa lượng dùng nước và độ sụt của hỗn hợp bê tông được trình bày tại bảng 3 và hình 1.

**Bảng 3. Kết quả thí nghiệm tính chất hỗn hợp bê tông**

TT	Loại cát	Lượng dùng vật liệu, kg/m <sup>3</sup>				Tính chất	
		Xi măng	Cát	Đá	Nước	KLTT, kg/m <sup>3</sup>	Độ sụt, mm
1	CA	407	746	1104	163	2420	5
2	CA	406	744	1100	171	2420	25
3	CA	402	737	1090	191	2420	50
4	CA	401	734	1086	199	2420	80
5	CA	396	726	1073	205	2400	100
6	CA-0	407	743	1107	163	2420	5
7	CA-0	406	740	1103	171	2420	35
8	CA-0	404	737	1098	192	2430	70
9	CA-0	399	728	1085	198	2410	95
10	CA-0	396	722	1076	205	2400	130
11	CB	409	718	1140	163	2430	0
12	CB	407	715	1136	172	2430	10
13	CB	400	703	1117	190	2410	35
14	CB	399	700	1113	198	2410	55
15	CB	399	701	1113	207	2420	85
16	CB-1	411	721	1145	164	2440	0
17	CB-1	406	712	1131	171	2420	20
18	CB-1	402	706	1121	191	2420	50
19	CB-1	399	700	1113	198	2410	80
20	CB-1	403	706	1122	209	2440	120
21	CB-0	409	713	1145	163	2430	5
22	CB-0	406	708	1136	171	2420	30
23	CB-0	402	701	1126	191	2420	75
24	CB-0	402	702	1126	200	2430	110
15	CB-0	396	691	1108	205	2400	160
16	CTN	393	687	1102	168	2350	10
17	CTN	392	683	1097	178	2350	35
28	CTN	390	680	1091	189	2350	85
29	CTN	385	672	1078	194	2330	120
30	CTN	382	666	1070	202	2320	165

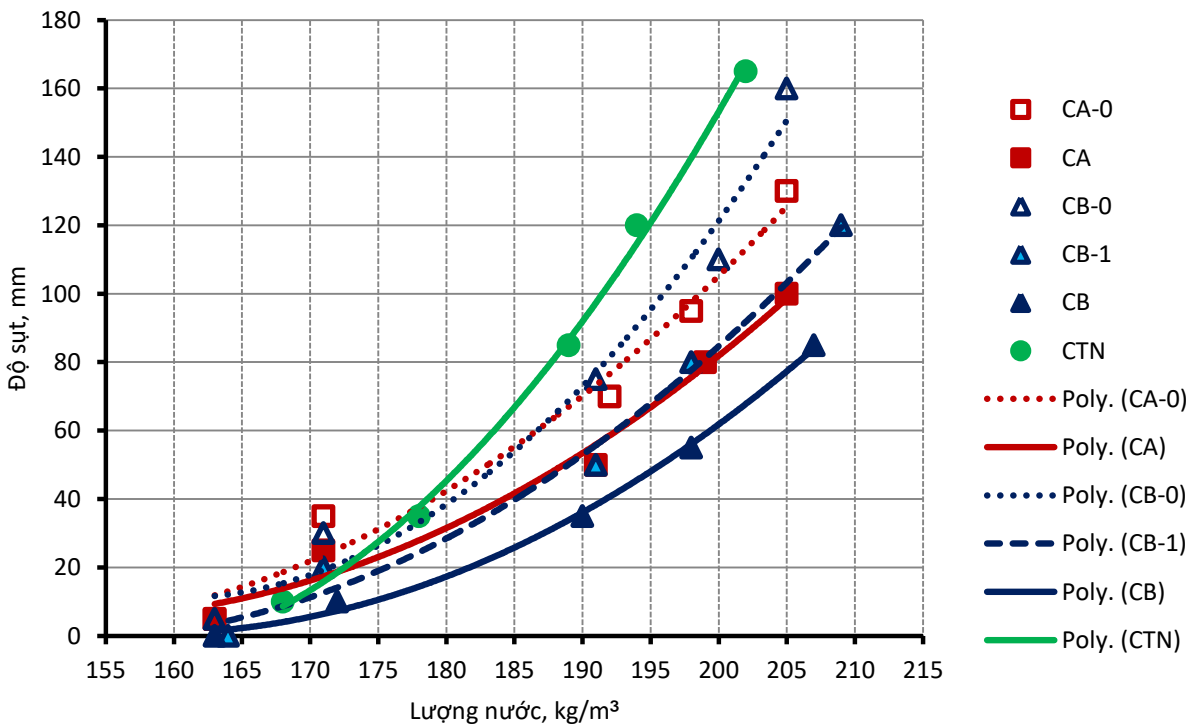
Các kết quả thu được cho thấy hàm lượng hạt mịn có ảnh hưởng lớn đến tương quan giữa lượng nước và độ sụt hỗn hợp bê tông. Với cát nghiền CA chứa 6% hạt mịn, khi lượng nước tăng từ 163 kg/m<sup>3</sup> lên 205 kg/m<sup>3</sup> thì độ sụt của hỗn hợp bê tông tăng từ 5 mm lên 100 mm. Khi loại bỏ hết hạt mịn với cùng mức tăng lượng nước như trên, độ sụt của hỗn hợp bê tông tăng từ 5 mm lên đến 130 mm. Với cát nghiền CB chứa 14% hạt mịn, khi lượng nước tăng từ 163 kg/m<sup>3</sup> lên 207 kg/m<sup>3</sup> thì độ sụt của hỗn hợp bê tông tăng từ 0 mm lên 85 mm. Sau khi loại bỏ một phần hạt mịn, với cát nghiền CB-1 chứa 8%

hạt mịn, tăng lượng nước từ 164 kg/m<sup>3</sup> lên 209 kg/m<sup>3</sup> sẽ làm độ sụt tăng từ 0 mm lên 120 mm. Còn khi loại bỏ hoàn toàn hạt mịn, sử dụng cát nghiền CB-0, độ sụt sẽ tăng từ 5 mm lên 160 mm khi tăng lượng nước từ 163 kg/m<sup>3</sup> lên 205 kg/m<sup>3</sup>.

Rõ ràng rằng khi giảm hàm lượng hạt mịn, tính công tác của hỗn hợp bê tông được cải thiện đáng kể. Tuy nhiên, mức độ cải thiện này ở các khoảng lượng dùng nước khác nhau lại có sự khác biệt. Ở lượng nước thấp, khoảng 170 kg/m<sup>3</sup> (độ sụt dưới 20 mm), giảm lượng hạt mịn không ảnh hưởng nhiều đến độ sụt. Ở lượng nước 180 kg/m<sup>3</sup> (độ sụt dưới 40

mm), giảm 6-8% hạt mịn làm tăng khoảng 10 mm độ sụt, giảm 14% hạt mịn làm tăng tới 20 mm độ sụt. Tuy nhiên, hàm lượng có ảnh hưởng rõ rệt đến độ sụt khi sử dụng lượng nước cao. Với lượng nước trên 195 kg/m<sup>3</sup>, giảm 6-8% hạt mịn giúp tăng khoảng 20 mm độ sụt, giảm 14% hạt mịn giúp tăng hơn 40 mm độ sụt. Đặc biệt, với lượng nước 205 kg/m<sup>3</sup>, khi giảm hàm lượng hạt mịn trong cát CB từ 14% về 0%, độ sụt tăng từ 80 mm lên 160 mm. Điều này cho thấy cần phải tính đến hàm lượng hạt mịn khi lựa chọn

lượng nước trộn cho hỗn hợp bê tông. Căn cứ kết quả thí nghiệm với các loại cát nghiền trong nghiên cứu, có thể thấy rằng ở độ sụt thấp, khi hàm lượng hạt mịn tăng khoảng 6-8% thì lượng nước trộn cần tăng thêm khoảng 2,5 - 5 kg/m<sup>3</sup>, khi hàm lượng hạt mịn tăng 14% thì giá trị này là khoảng 7,5 kg/m<sup>3</sup>. Còn ở độ sụt cao, lượng nước cần tăng thêm tương ứng sẽ là 7,5 kg/m<sup>3</sup> và 12,5 kg/m<sup>3</sup>. Các giá trị này có thể tham khảo trong quá trình lựa chọn thành phần bê tông sử dụng cát nghiền.



**Hình 1.** Ảnh hưởng của loại cát đến tương quan giữa lượng nước trộn và độ sụt

Đánh giá ảnh hưởng của mô đun độ lớn tới lượng nước trộn cho thấy khi tăng mô đun độ lớn của cát giúp cải thiện đáng kể độ sụt. Tuy nhiên, lượng nước trộn cần thiết khi sử dụng các loại cát nghiền khác nhau có sự khác biệt đáng kể và ít phụ thuộc vào mô đun độ lớn. Trên biểu đồ hình 3 có thể thấy rằng cát nghiền CA có mô đun độ lớn 3,3 có đường tương quan giữa lượng nước và độ sụt khá tương đồng với đường tương quan của cát nghiền CB-1 có mô đun độ lớn 2,8. Với cùng mô đun độ lớn 2,9 thì đường tương quan giữa lượng nước và độ sụt của cát nghiền CB-0 và cát tự nhiên CTN có sự khác biệt rõ rệt. Điều này có thể là do các loại cát nghiền khác nhau được sản xuất từ các loại đá gốc với tính chất khác nhau. Ngoài ra, hình dạng góc cạnh của hạt cát nghiền phụ thuộc nhiều

vào công nghệ và chế độ nghiền cũng có ảnh hưởng đáng kể đến lượng dùng nước của cốt liệu. Điều này càng cho thấy cần có các nghiên cứu sâu hơn về ảnh hưởng của nguồn gốc và đặc điểm của cát nghiền đến tính chất của hỗn hợp bê tông và bê tông nhằm thiết lập được các quan hệ đáng tin cậy phục vụ cho công tác lựa chọn thành phần và dự báo tính chất của bê tông sử dụng cát nghiền.

**4. Kết luận**

Mặc dù đã được sử dụng khá rộng rãi nhưng cho đến nay ảnh hưởng của một số chỉ tiêu của cát nghiền như hàm lượng hạt mịn tới tính chất của bê tông và bê tông vẫn cần được nghiên cứu làm rõ thêm. Kết quả nghiên cứu đã cho thấy hàm lượng hạt mịn trong cát nghiền có ảnh hưởng lớn tới tính

công tác của hỗn hợp bê tông, nhất là bê tông có độ sụt cao. Với bê tông có độ sụt trung bình và cao, giảm 6-8% hàm lượng hạt mịn trong cát nghiền giúp tăng thêm khoảng 20 mm độ sụt, giảm 14% hàm lượng hạt mịn làm tăng thêm hơn 40 mm độ sụt. Ngoài ra, bên cạnh giá trị mô đun độ lớn, nguồn gốc và các đặc điểm khác của cát nghiền cũng ảnh hưởng lớn đến lượng dùng nước và cần được tính đến trong lựa chọn thành phần bê tông.

---

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

---

1. ASTM C33/C33M-18, Standard Specification for Concrete Aggregates.
2. EN 12620:2013, Aggregates for concrete.
3. TCVN 9205:2012, "Cát nghiền cho bê tông và vữa".
4. Chỉ dẫn kỹ thuật chọn thành phần bê tông các loại. (Ban hành kèm theo Quyết định số 778/1998/QĐ-BXD ngày 05/09/1998). Hà Nội, NXB Xây dựng, 2000, 58 tr.
5. TCVN 7572-2:2006, Cốt liệu cho bê tông và vữa - Phương pháp thử. Phần 2: Xác định thành phần hạt.
6. TCVN 9382:2012, Chỉ dẫn kỹ thuật chọn thành phần bê tông sử dụng cát nghiền.
7. Katz A., Baum H (2006). "Effect of high levels of fines content on concrete properties". *ACI Materials Journal*, Vol. 103, No. 6, pp. 474-482.
8. Li Beixing, Wang Liliang, Zhou Mingkai (2009). "Effect of limestone fines content in manufactured sand on durability of low- and high-strength concretes". *Construction and Building Materials*, Vol.23, No.8, pp. 2846-2850.
9. Choudhary H., Siddique A., Dauji S (2019). "Effect of crusher fines on strength and workability of concrete". *UKIERI Concrete Congress. Concrete: The Global Builder. India*.
10. Quiroga P.N., Ahn N., Fowler D.W (2006). "Concrete mixtures with high microfines". *ACI Materials Journal*, Vol. 103, No. 4, pp. 258-264.

Ngày nhận bài: 05/3/2021.

Ngày nhận bài sửa: 09/3/2021.

Ngày chấp nhận đăng: 09/3/2021.

Effect of the fines content on slump of concrete mixtures made with manufactured sand