

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

BỘ XÂY DỰNG

VIỆN KHOA HỌC CÔNG NGHỆ XÂY DỰNG

NGỌ VĂN TOẢN

**NGHIÊN CỨU NÂNG CAO CƯỜNG ĐỘ CHỊU KÉO KHI UỐN
VÀ KHẢ NĂNG CHỐNG MÀI MÒN CỦA BÊ TÔNG CÁT MỊN
ĐỐI VỚI MẶT ĐƯỜNG BÊ TÔNG XI MĂNG**

LUẬN ÁN TIẾN SĨ

CHUYÊN NGÀNH: KỸ THUẬT VẬT LIỆU

Hà Nội – 2019

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

BỘ XÂY DỰNG

VIỆN KHOA HỌC CÔNG NGHỆ XÂY DỰNG

NGỌ VĂN TOẢN

**NGHIÊN CỨU NÂNG CAO CƯỜNG ĐỘ CHỊU KÉO KHI UỐN
VÀ KHẢ NĂNG CHỐNG MÀI MÒN CỦA BÊ TÔNG CÁT MỊN
ĐỐI VỚI MẶT ĐƯỜNG BÊ TÔNG XI MĂNG**

LUẬN ÁN TIẾN SĨ

CHUYÊN NGÀNH: KỸ THUẬT VẬT LIỆU

MÃ SỐ: 9520309

NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC:

1. TS. Hoàng Minh Đức



2. TS. Nguyễn Nam Thắng



Hà Nội - 2019

LỜI CẢM ƠN

Luận án Tiến sĩ kỹ thuật chuyên ngành Kỹ thuật Vật liệu với Đề tài: “ **Nghiên cứu nâng cao cường độ chịu kéo khi uốn và khả năng chống mài mòn của bê tông cát mịn đối với mặt đường Bê tông xi măng**” được hoàn thành tại Viện Chuyên ngành Bê tông – Viện Khoa học Công nghệ Xây dựng.

Tác giả xin chân thành cảm ơn Phòng thí nghiệm LAS-XD 03 thuộc Viện Chuyên ngành Bê tông, Phòng Tổ chức Hành chính, Viện Khoa học Công nghệ Xây dựng – Bộ Xây dựng đã tạo điều kiện, giúp đỡ tôi trong thời gian qua hoàn thành luận án này.

Tác giả xin chân thành gửi lời cảm ơn sâu sắc tới **TS. Hoàng Minh Đức và TS. Nguyễn Nam Thắng** đã hết lòng giúp đỡ và hướng dẫn tận tình tôi trong suốt quá trình học tập và nghiên cứu.

Tác giả xin trân trọng cảm ơn Công ty Cổ phần VLXD Sông Đáy (LAS-XD 1432), Công ty Cổ phần thí nghiệm và Xây dựng Thăng Long (LAS-XD71), Tổng Công ty Xây dựng Thăng Long - CTCP, Tổng Công ty Công trình giao thông 1, trường Đại học Xây dựng, Khoa Vật liệu Xây dựng trường Đại học Xây dựng, Bộ môn Vật liệu trường Đại học GTVT, Bộ môn Vật liệu trường Đại học Kiến trúc, trường Đại học Công nghệ GTVT, Ban QLDA 2 – Bộ GTVT, Công ty Cổ phần BOT38, đã tận tình giúp đỡ và tạo điều kiện cho tôi trong suốt quá trình nghiên cứu của luận án.

Xin chân thành cảm ơn toàn thể các nhà khoa học, bạn bè, đồng nghiệp và gia đình đã tạo điều kiện, giúp đỡ, động viên và khích lệ tôi trong thời gian qua để tôi hoàn thành luận án này.

Với khả năng có hạn, luận án khó tránh khỏi những thiếu sót, tác giả rất mong nhận được những chỉ bảo và góp ý chân tình của các nhà khoa học, chuyên gia trong và ngoài ngành xây dựng cùng các đồng nghiệp. Xin chân thành cảm ơn!

Tác giả luận án



Ngô Văn Toàn

LỜI CAM ĐOAN

Tên tôi là: Ngô Văn Toàn

Tôi xin cam đoan rằng luận án này là công trình nghiên cứu của riêng tôi. Các số liệu, kết quả nghiên cứu của luận án này là trung thực và chưa được công bố trong bất kỳ công trình nào khác.

Tác giả luận án



Ngô Văn Toàn

MỤC LỤC

MỞ ĐẦU.....	1
1. Giới thiệu.....	1
2. Tính cấp thiết của đề tài	2
3. Mục tiêu nghiên cứu.....	3
4. Đối tượng và nội dung nghiên cứu.....	3
4.1. Đối tượng nghiên cứu	3
4.2. Nội dung nghiên cứu	4
5. Ý nghĩa khoa học.....	4
6. Ý nghĩa thực tiễn.....	5
7. Những đóng góp khoa học mới của luận án.....	5
8. Các bài báo liên quan đã công bố	6
CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VỀ TÌNH HÌNH NGHIÊN CỨU VÀ SỬ DỤNG CỦA BÊ TÔNG CÁT MỊN.....	7
1.1. Tổng quan về tình hình nghiên cứu và sử dụng của bê tông cát mịn.....	7
1.1.1. Phân loại và yêu cầu kỹ thuật đối với cát làm cốt liệu cho bê tông....	7
1.1.2. Tình hình nghiên cứu và sử dụng bê tông cát mịn trên thế giới.....	8
1.1.3. Tình hình nghiên cứu và sử dụng bê tông cát mịn ở Việt Nam.....	17
1.2. Đặc điểm, tính chất của bê tông xi măng làm đường.....	35
1.3. Đặc điểm, tính chất và yêu cầu kỹ thuật đối với mặt đường bê tông xi măng.	37
1.3.1. Đặc điểm, tính chất đối với mặt đường bê tông xi măng.....	37
1.3.2. Yêu cầu kỹ thuật đối với mặt đường bê tông xi măng.....	38
1.4. Cơ sở khoa học của luận án.....	39
1.5. Mục tiêu nghiên cứu.....	41

1.6. Đối tượng và nội dung nghiên cứu.....	41
1.6.1. Đối tượng nghiên cứu.....	41
1.6.2. Nội dung nghiên cứu.....	41
CHƯƠNG 2: VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU.....	42
2.1. Vật liệu sử dụng trong nghiên cứu.....	42
2.1.1. Xi măng.....	43
2.1.2. Cốt liệu nhỏ.....	44
2.1.3. Cốt liệu lớn.....	46
2.1.4. Phụ gia.....	47
2.1.5. Nước.....	49
2.2. Phương pháp nghiên cứu.....	49
2.2.1. Các phương pháp thí nghiệm tiêu chuẩn.....	49
2.2.2. Các phương pháp thí nghiệm phi tiêu chuẩn.....	50
CHƯƠNG 3: NÂNG CAO CƯỜNG ĐỘ CHỊU KÉO KHI UỐN VÀ KHẢ NẢNH CHỐNG MÀI MÒN CỦA BÊ TÔNG CÁT MỊN ĐỐI VỚI MẶT ĐƯỜNG BÊ TÔNG XI MĂNG.....	53
3.1. Tính chất của hỗn hợp bê tông.....	53
3.1.1. Lựa chọn thành phần bê tông nghiên cứu.....	53
3.1.2. Quan hệ giữa lượng dùng nước và tính công tác của hỗn hợp bê tông..	61
3.1.3. Khả năng duy trì tính công tác của hỗn hợp bê tông.....	65
3.1.4. Phân tầng của hỗn hợp bê tông.....	69
3.2. Tính chất của bê tông.....	75
3.2.1. Quan hệ cường độ chịu nén của bê tông với cường độ chịu nén của xi măng và tỷ lệ xi măng trên nước.....	75
3.2.2. Quan hệ cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông với cường độ chịu kéo khi uốn của xi măng và tỷ lệ xi măng trên nước.....	81

3.2.3. Tương quan cường độ chịu nén và cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông sử dụng cát mịn và bê tông sử dụng cát mịn phối hợp mặt đá vôi	87
3.2.4. Độ mài mòn của bê tông.....	89
KẾT LUẬN CHƯƠNG 3.....	95
CHƯƠNG 4: NGHIÊN CỨU MỘT SỐ TÍNH CHẤT CỦA BÊ TÔNG CÁT MỊN ĐỐI VỚI MẶT ĐƯỜNG BÊ TÔNG XI MĂNG.....	98
4.1. Một số tính chất của bê tông.....	98
4.1.1. Mất nước và co mềm của bê tông.....	98
4.1.2. Co ngót của bê tông.....	107
4.1.3. Sự phát triển cường độ của bê tông theo thời gian.....	111
4.1.4. Độ chống thấm nước của bê tông.....	115
4.1.5. Mô đun đàn hồi của bê tông.....	117
4.2. Một số biện pháp công nghệ nâng cao khả năng chống nứt cho bê tông cát mịn đối với mặt đường bê tông xi măng trong giai đoạn đầu đóng rắn.....	119
KẾT LUẬN CHƯƠNG 4.....	120
CHƯƠNG 5: ỨNG DỤNG THỰC TẾ VÀ ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ KINH TẾ.....	121
5.1. Một số ứng dụng kết quả nghiên cứu.....	121
5.2. Đánh giá hiệu quả kinh tế	126
KẾT LUẬN CHƯƠNG 5.....	128
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ	129
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	132
PHỤ LỤC.....	

DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU, CÁC CHỮ VIẾT TẮT

TT	KÍ HIỆU	Ý NGHĨA
1	AASHTO	Tiêu chuẩn Mỹ về cầu đường bộ
2	ACI	Viện bê tông Mỹ
3	A_{ku}	Hệ số chất lượng vật liệu theo cường độ chịu kéo khi uốn
4	A_n	Hệ số chất lượng vật liệu theo cường độ chịu nén
5	ASTM	Tiêu chuẩn của Mỹ về thí nghiệm vật liệu
6	BGY	Tiêu chuẩn Trung Quốc
7	BGTVT	Bộ Giao thông Vận tải
8	BTXM	Bê tông xi măng
9	BXD	Bộ Xây dựng
10	C	Cát
11	CKD	Chất kết dính
12	CLN	Cốt liệu nhỏ
13	CP	Cấp phối
14	CPM	Cấp phối mặt đá phối hợp cát mịn
15	CV	Cát thô mô đun độ lớn 2,5
16	C1	Cát mịn mô đun độ lớn 1,2
17	C2	Cát mịn mô đun độ lớn 1,6
18	C3	Cát mịn mô đun độ lớn 1,9
19	C1M	Cát mịn mô đun độ lớn 1,2 phối hợp mặt đá
20	C2M	Cát mịn mô đun độ lớn 1,6 phối hợp mặt đá
21	C3M	Cát mịn mô đun độ lớn 1,9 phối hợp mặt đá
22	D_{max}	Kích thước hạt lớn nhất của cốt liệu
23	ĐMM	Độ mài mòn
24	ĐS	Độ sụt
25	E, E_b	Mô đun đàn hồi của bê tông xi măng
26	GOST	Tiêu chuẩn Nga
27	HL	Hàm lượng
28	IRI	Chỉ số độ gồ ghề quốc tế
29	K_d	Hệ số dư vữa
30	KH	Ký hiệu cấp phối
31	KL	Khối lượng
32	KLTT	Khối lượng thể tích
33	M	Mặt đá
34	M_{dl}	Mô đun độ lớn của cát
35	M_{dlhh}	Mô đun độ lớn của hỗn hợp cát mịn phối hợp mặt đá vôi
36	M_h	Mô đun hờ
37	N	Nước
38	N/CKD	Tỷ lệ nước trên chất kết dính theo khối lượng
39	N/X	Tỷ lệ nước trên xi măng theo khối lượng
40	PC	Xi măng poóc lăng

41	PCB	Xi măng poóc lăng hỗn hợp
42	PG	Phụ gia siêu dẻo Daltonmat-RDHP
43	PGSD	Phụ gia siêu dẻo
44	QĐ	Quyết định
45	R_k	Cường độ chịu kéo của bê tông
46	R_{ku}, R_b^{ku}	Cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông
47	R_n, R_b^n	Cường độ chịu nén của bê tông
48	R_x^{ku}	Cường độ chịu kéo khi uốn của xi măng
49	R_x^n	Cường độ chịu nén của xi măng
50	R_{ku3}	Cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông ở độ tuổi 3 ngày
51	R_{n3}	Cường độ chịu nén của bê tông ở độ tuổi 3 ngày
52	R_{ku7}	Cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông ở độ tuổi 7 ngày
53	R_{n7}	Cường độ chịu nén của bê tông ở độ tuổi 7 ngày
54	R_{ku28}	Cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông ở độ tuổi 28 ngày
55	R_{n28}	Cường độ chịu nén của bê tông ở độ tuổi 28 ngày
56	TCN	Tiêu chuẩn ngành
57	TCVN	Tiêu chuẩn Việt Nam
58	TCXD	Tiêu chuẩn Xây dựng
59	TCXDVN	Tiêu chuẩn xây dựng Việt Nam
60	TT	Thông tư
61	UBKHNN	Ủy ban khoa học Nhà nước
62	UBND	Ủy ban nhân dân
63	VLXD	Vật liệu Xây dựng
64	X, XM	Xi măng

DANH SÁCH CÁC BẢNG

Bảng 2.1. Tính chất cơ lý của xi măng Nghi Sơn PCB40.....	43
Bảng 2.2. Tính chất cơ lý của xi măng Bút Sơn PC40.....	44
Bảng 2.3. Kết quả thí nghiệm thành phần hạt của cát mịn, cát thô và mặt đá.....	44
Bảng 2.4. Yêu cầu kỹ thuật thành phần hạt của cát (TCVN 7570 : 2006).....	45
Bảng 2.5. Các chỉ tiêu cơ lý của cát mịn, cát thô và mặt đá.....	45
Bảng 2.6. Các chỉ tiêu cơ lý của hỗn hợp cát mịn phối trộn mặt đá.....	46
Bảng 2.7. Thành phần hạt và tính chất cơ lý của đá vôi.....	47
Bảng 2.8. Thành phần vật liệu thí nghiệm.....	48
Bảng 2.9. Kết quả thí nghiệm khả năng giảm nước của phụ gia Daltonmat-RDHP..	48
Bảng 3.1. Thành phần bê tông sử dụng (cát mịn, cát thô) nghiên cứu.....	58
Bảng 3.2. Thành phần bê tông sử dụng (cát mịn phối hợp mặt đá, cát thô) nghiên cứu.....	60
Bảng 3.3. Kết quả thí nghiệm các tính chất của hỗn hợp bê tông sử dụng (cát mịn, cát thô).....	61
Bảng 3.4. Quan hệ lượng dùng nước và tính công tác của hỗn hợp bê tông khi sử dụng cát mịn cùng mô đun độ lớn với các tỷ lệ X/N khác nhau.....	62
Bảng 3.5. Quan hệ lượng dùng nước và tính công tác của hỗn hợp bê tông khi sử dụng (cát mịn, cát thô) có mô đun độ lớn khác nhau và cùng tỷ lệ X/N...	62
Bảng 3.6. Lượng nước trộn ban đầu cần cho 1m ³ bê tông, lít	63
Bảng 3.7. Kết quả thí nghiệm tính chất của hỗn hợp bê tông sử dụng (cát mịn phối hợp mặt đá, cát thô).....	64
Bảng 3.8. Quan hệ lượng dùng nước và tính công tác của hỗn hợp bê tông khi sử dụng (cát mịn phối hợp mặt đá, cát thô) có mô đun độ lớn khác nhau.....	65

Bảng 3.9. Sự suy giảm độ sụt của các hỗn hợp bê tông sử dụng (cát mịn, cát thô) theo thời gian.....	66
Bảng 3.10. Sự suy giảm độ sụt của các hỗn hợp bê tông sử dụng (cát mịn phối hợp mặt đá, cát thô) theo thời gian.....	68
Bảng 3.11. Kết quả thí nghiệm phân tầng của hỗn hợp bê tông sử dụng (cát mịn, cát thô).....	70
Bảng 3.12. Kết quả thí nghiệm phân tầng của hỗn hợp bê tông sử dụng (cát mịn phối hợp mặt đá, cát thô).....	73
Bảng 3.13. Quan hệ cường độ chịu nén của bê tông sử dụng (cát mịn, cát thô) và tỷ lệ X/N.....	76
Bảng 3.14. Hệ số A_n với cát mịn C2 và tỷ lệ (X/N=1,80; 2,00; 2,30).....	77
Bảng 3.15. Hệ số A_n với các loại cát có mô đun độ lớn khác nhau và cùng tỷ lệ X/N=2,00.....	77
Bảng 3.16. Quan hệ cường độ chịu nén của bê tông sử dụng (cát mịn phối hợp mặt đá, cát thô) và tỷ lệ X/N.....	79
Bảng 3.17. Hệ số A_n với các loại cát mịn có mô đun độ lớn khác nhau phối hợp mặt đá, cát thô và cùng tỷ lệ X/N=2,00.....	80
Bảng 3.18. Quan hệ cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông sử dụng (cát mịn, cát thô) và tỷ lệ X/N.....	81
Bảng 3.19. Hệ số A_{ku} với cát mịn C2 và tỷ lệ (X/N=1,80; 2,00; 2,30).....	82
Bảng 3.20. Hệ số A_{ku} với các loại cát có mô đun độ lớn khác nhau và cùng tỷ lệ X/N=2,00.....	83
Bảng 3.21. Quan hệ cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông sử dụng (cát mịn phối hợp mặt đá, cát thô) và tỷ lệ X/N.....	85
Bảng 3.22. Hệ số A_{ku} với các loại cát mịn có mô đun độ lớn khác nhau phối hợp với mặt đá, cát thô và cùng tỷ lệ X/N=2,00.....	86

Bảng 3.23. Thành phần bê tông sử dụng (cát mịn, cát thô) nghiên cứu.....	89
Bảng 3.24. Kết quả độ mài mòn của bê tông sử dụng (cát mịn, cát thô) ở tuổi 28 ngày.....	90
Bảng 3.25. Kết quả độ mài mòn của bê tông sử dụng (cát mịn phối hợp hạt đá, cát thô) ở tuổi 28 ngày.....	91
Bảng 3.26. Kết quả thí nghiệm cường độ chịu nén của bê tông.....	94
Bảng 3.27. Kết quả thí nghiệm độ mài mòn của bê tông.....	94
Bảng 4.1. Kết quả thí nghiệm mất nước của hỗn hợp bê tông và bê tông sử dụng (cát mịn, cát thô).....	100
Bảng 4.2. Kết quả thí nghiệm đo co mềm của bê tông sử dụng (cát mịn, cát thô).....	102
Bảng 4.3. Kết quả thí nghiệm mất nước của hỗn hợp bê tông và bê tông sử dụng (cát mịn phối hợp hạt đá, cát thô).....	103
Bảng 4.4. Kết quả thí nghiệm đo co mềm của bê tông sử dụng (cát mịn phối hợp hạt đá, cát thô).....	105
Bảng 4.5. Kết quả thí nghiệm đo co của bê tông sử dụng (cát mịn, cát thô).....	107
Bảng 4.6. Kết quả thí nghiệm đo co của bê tông sử dụng (cát mịn phối hợp hạt đá, cát thô).....	109
Bảng 4.7. Kết quả thí nghiệm độ chống thấm nước của bê tông sử dụng (cát mịn, cát thô).....	115
Bảng 4.8. Kết quả thí nghiệm độ chống thấm nước của bê tông sử dụng (cát mịn phối hợp hạt đá, cát thô).....	116
Bảng 4.9. Kết quả thí nghiệm mô đun đàn hồi của bê tông sử dụng (cát mịn, cát thô).....	117
Bảng 4.10. Kết quả thí nghiệm mô đun đàn hồi của bê tông sử dụng (cát mịn phối hợp hạt đá, cát thô).....	118

Bảng 5.1. Thành phần bê tông nghiên cứu ứng dụng cho Nhà máy 1.....	121
Bảng 5.2. Thành phần bê tông nghiên cứu ứng dụng cho Nhà máy 2.....	122
Bảng 5.3. Kết quả thí nghiệm của các công trình ứng dụng thực tế.....	123
Bảng 5.4. Kết quả thí nghiệm mô đun đàn hồi, độ nhám, độ bằng phẳng của các công trình ứng dụng thực tế.....	126
Bảng 5.5. Thành phần bê tông đánh giá hiệu quả kinh tế.....	126
Bảng 5.6. So sánh đơn giá tính cho 1m ³ bê tông ứng dụng thực tế.....	127

DANH SÁCH CÁC HÌNH

Hình 1.1. Sự phá hoại mẫu thử nén của bê tông.....	26
Hình 1.2. Thí nghiệm xác định cường độ chịu kéo khi uốn của mẫu bê tông.....	26
Hình 1.3. Sự phụ thuộc cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông vào cường độ chịu kéo khi uốn của cốt liệu lớn, hỗn hợp vữa và lực dính kết giữa cốt liệu lớn và hỗn hợp vữa.....	27
Hình 1.4. Sự phát triển cấu trúc trong quá trình thủy hóa xi măng poóc lăng.....	28
Hình 1.5. Hiện tượng tách nước, phân tầng trong hỗn hợp bê tông.....	31
Hình 1.6. Mô hình vùng chuyển tiếp giữa đá xi măng và cốt liệu trong bê tông.....	31
Hình 1.7. Sự phá hoại mẫu bê tông khi bị mài mòn.....	33
Hình 1.8. Sơ đồ cấu tạo mặt đường BTXM thông thường có khe nối.....	36
Hình 1.9. Sơ đồ bố trí khe co, giãn, và khe dọc.....	36
Hình 2.1. Sơ đồ thí nghiệm xác định sự thay đổi chiều dài mẫu bê tông.....	51
Hình 2.2. Thí nghiệm quá trình mất nước, co mềm của hỗn hợp bê tông và bê tông..	51
Hình 2.3. Thí nghiệm đo co khô của bê tông.....	52
Hình 3.1. Quan hệ giữa độ sụt và K_d của hỗn hợp bê tông sử dụng cát C2 ($X/N=1,80; 2,00; 2,30$).....	61
Hình 3.2. Quan hệ giữa độ sụt và K_d của hỗn hợp bê tông sử dụng cát (C1, C2, C3, CV), $X/N=2,00$	61
Hình 3.3. Quan hệ giữa độ sụt và hệ số K_d của hỗn hợp bê tông khi sử dụng (cát mịn phối hợp mặt đá, cát thô).....	64
Hình 3.4. Sự suy giảm độ sụt của các hỗn hợp bê tông sử dụng cát mịn C1 ($M_{dl}=1,2$) theo thời gian.....	67
Hình 3.5. Sự suy giảm độ sụt của các hỗn hợp bê tông sử dụng cát mịn C2 ($M_{dl}=1,6$) theo thời gian.....	67

Hình 3.6. Sự suy giảm độ sụt của các hỗn hợp bê tông sử dụng cát mịn C3 ($M_{dl}=1,9$) theo thời gian.....	67
Hình 3.7. Sự suy giảm độ sụt của các hỗn hợp bê tông sử dụng cát thô CV ($M_{dl}=2,5$) theo thời gian.....	67
Hình 3.8. Sự suy giảm độ sụt của các hỗn hợp bê tông sử dụng hỗn hợp cát mịn C1 phối hợp mật đá theo thời gian.....	68
Hình 3.9. Sự suy giảm độ sụt của các hỗn hợp bê tông sử dụng hỗn hợp cát mịn C2 phối hợp mật đá theo thời gian.....	68
Hình 3.10. Sự suy giảm độ sụt của các hỗn hợp bê tông sử dụng hỗn hợp cát mịn C3 phối hợp mật đá theo thời gian.....	69
Hình 3.11. Sự suy giảm độ sụt của các hỗn hợp bê tông sử dụng cát thô CV theo thời gian.....	69
Hình 3.12. Quan hệ giữa R_{n28} của bê tông sử dụng cát mịn C2 và hệ số K_d ($X/N=1,80; 2,00; 2,30$).....	77
Hình 3.13. Quan hệ giữa R_{n28} của bê tông sử dụng cát (C1, C2, C3, CV) và hệ số K_d ($X/N=2,00$).....	77
Hình 3.14. Quan hệ giữa cường độ chịu nén của bê tông sử dụng (cát mịn phối hợp mật đá, cát thô) ở tuổi 28 ngày và hệ số K_d ($X/N=2,00$).....	79
Hình 3.15. Quan hệ giữa R_{ku28} của bê tông sử dụng cát mịn C2 và hệ số K_d ($X/N=1,80; 2,00; 2,30$).....	82
Hình 3.16. Quan hệ giữa R_{ku28} của bê tông sử dụng cát (C1, C2, C3, CV) và hệ số K_d ($X/N=2,00$).....	82
Hình 3.17. Quan hệ giữa cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông sử dụng (cát mịn phối hợp mật đá, cát thô) ở tuổi 28 ngày và hệ số K_d ($X/N=2,00$).....	85
Hình 3.18. Tương quan tỷ lệ cường độ chịu nén trên cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông sử dụng cát mịn ở tuổi 28 ngày.....	88
Hình 3.19. Tương quan tỷ lệ cường độ chịu nén trên cường độ chịu kéo khi uốn của	89

bê tông sử dụng (cát mịn, cát mịn phối hợp mặt đá) ở tuổi 28 ngày.....	
Hình 3.20. Quan hệ giữa độ mài mòn của bê tông ở 28 ngày tuổi với mô đun độ lớn của cát và hệ số K_d ($X/N=2,00$).....	90
Hình 3.21. Quan hệ giữa độ mài mòn của bê tông ở 28 ngày tuổi với mô đun độ lớn của (cát mịn phối hợp mặt đá, cát thô) và hệ số K_d ($X/N=2,00$).....	92
Hình 3.22. Thí nghiệm cường độ chịu nén của bê tông.....	94
Hình 3.23. Thí nghiệm độ mài mòn của bê tông.....	95
Hình 4.1. Quá trình mất nước của hỗn hợp bê tông và bê tông sử dụng cát (C1, C2, C3, CV) theo thời gian, $M_h=30m^{-1}$	100
Hình 4.2. Quá trình co mềm của bê tông sử dụng cát (C1, C2, C3, CV) theo thời gian, $M_h=30m^{-1}$	100
Hình 4.3. Quá trình mất nước của hỗn hợp bê tông và bê tông sử dụng (cát mịn phối hợp mặt đá, cát thô) theo thời gian, $M_h=30m^{-1}$	104
Hình 4.4. Quá trình co mềm của bê tông sử dụng (cát mịn phối hợp mặt đá, cát thô) theo thời gian, $M_h=30m^{-1}$	104
Hình 4.5. Co khô của bê tông sử dụng cát (C1, C2, C3, CV) theo thời gian.....	108
Hình 4.6. Co khô của bê tông sử dụng (cát mịn phối hợp mặt đá, cát thô) theo thời gian.....	109
Hình 4.7. Phát triển cường độ chịu nén của bê tông sử dụng (cát mịn, cát thô) theo thời gian.....	111
Hình 4.8. Phát triển cường độ chịu nén của bê tông sử dụng (cát mịn phối hợp mặt đá, cát thô) theo thời gian.....	112
Hình 4.9. Phát triển cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông sử dụng (cát mịn, cát thô) theo thời gian.....	113
Hình 4.10. Phát triển cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông sử dụng (cát mịn phối hợp mặt đá, cát thô) theo thời gian.....	114

Hình 5.1. Nhà máy 1 – Công ty Cổ phần Vật liệu Xây dựng Sông Đáy.....	121
Hình 5.2. Nhà máy 2 – Công ty Cổ phần Vật liệu Xây dựng Sông Đáy.....	122
Hình 5.3. Khoan mẫu bê tông công trình đường giao thông, sân bãi của Nhà máy 1 và Nhà máy 2 để kiểm tra các chỉ tiêu cơ lý, chiều dày kết cấu bê tông....	124
Hình 5.4. Kiểm tra độ bằng phẳng, độ nhám và mô đun đàn hồi mặt đường bê tông xi măng và sân bãi của Nhà máy 1 và Nhà máy 2.....	125

MỞ ĐẦU

1. Giới thiệu

Cùng với công cuộc đổi mới, trong sự nghiệp công nghiệp hoá và hiện đại hoá đất nước những thập kỷ gần đây với sự mở rộng quan hệ hợp tác quốc tế, nền kinh tế nước ta có những bước phát triển mạnh mẽ. Đất nước ngày càng phát triển thì nhu cầu đi lại ngày một nhiều hơn, đòi hỏi việc xây dựng hệ thống đường giao thông ngày một cao hơn, khiến nhu cầu về nguồn vật liệu dùng trong ngành công nghiệp bê tông ngày một tăng lên. Trong số các vật liệu sử dụng chế tạo bê tông thì cốt liệu chiếm chủ yếu thể tích bê tông và có ảnh hưởng đáng kể không những đến tính chất của hỗn hợp bê tông cũng như bê tông mà còn đến các chỉ tiêu kinh tế, giá thành của bê tông. Điều này, dẫn đến xu hướng chung hiện nay là sử dụng tối đa các nguồn cốt liệu sẵn có tại địa phương trong sản xuất bê tông nhằm giảm giá thành trong xây dựng.

Đất nước ta có nguồn tài nguyên thiên nhiên phong phú, nguồn cốt liệu để chế tạo bê tông với trữ lượng lớn, chất lượng tốt. Ở miền bắc nguồn cốt liệu lớn chủ yếu là đá được khai thác ở Hà Nam, Hòa Bình... nguồn cốt liệu nhỏ chủ yếu là cát Sông Lô, Sông Hồng có chất lượng tốt. Tuy nhiên, hiện nay nguồn cát thô ngày càng khan hiếm trong khi nguồn cát mịn lại có trữ lượng rất lớn phân bố nhiều vùng miền trên cả nước ít được quan tâm sử dụng trong ngành công nghiệp bê tông. Để đáp ứng nhu cầu vật liệu cho các công trình xây dựng, giao thông, thủy lợi, thủy điện... bên cạnh các nguồn vật liệu truyền thống như cát thô không thể không nói tới nguồn vật liệu cát mịn dùng cho bê tông xi măng nói chung đặc biệt là đường bê tông xi măng nói riêng.

Trước thực tế này, đề tài “*Nghiên cứu nâng cao cường độ chịu kéo khi uốn, khả năng chống mài mòn của bê tông cát mịn đối với mặt đường bê tông xi măng*” được tiến hành, góp phần chứng tỏ khả năng sử dụng được nguồn cát mịn thay thế cát thô để chế tạo bê tông sử dụng cho mặt đường bê tông xi măng và đánh giá tính khả thi của việc ứng dụng loại bê tông này cho các công trình giao thông, xây dựng, thủy lợi... ở nước ta.

2. Tính cấp thiết của đề tài

Phát triển hệ thống cơ sở hạ tầng, trong đó có hệ thống đường giao thông là nhu cầu cấp bách của nhiều địa phương trong cả nước. Để nâng cao hiệu quả kinh tế kỹ thuật, thi công xây dựng đường bê tông xi măng cần sử dụng tối đa vật liệu tại chỗ nhằm giảm chi phí vận chuyển. Điều này đặc biệt quan trọng đối với tình hình hiện nay, đó là cát sử dụng cho bê tông bao gồm cát thô và cát mịn, trong đó cát thô được sử dụng phổ biến nhất, tuy nhiên trữ lượng cát thô của nước ta không nhiều, phân bố không đồng đều ở các vùng miền trong cả nước, nên nhiều nơi phải nhập khẩu cát hoặc vận chuyển xa, giá thành cao, thiếu sự chủ động về nguồn cát để chế tạo bê tông. Trong khi đó, nhiều nơi ở nước ta lại có trữ lượng cát mịn khá lớn (các tỉnh đồng bằng sông Cửu Long, vùng Đông Bắc, Tây Nguyên...), giá thành hạ. Vì vậy, nếu sử dụng được loại cát này làm đường bê tông xi măng sẽ có thêm nguồn cốt liệu nhỏ, mở rộng được việc sử dụng tài nguyên thiên nhiên sẵn có, giải quyết được một phần khan hiếm cát thô cho bê tông hiện nay cũng như về lâu dài. Ở một số vùng khan hiếm cát thô nhưng sẵn nguồn cát mịn giá rẻ hơn thì việc sử dụng cát mịn thay cát thô còn góp phần làm giảm giá thành bê tông. Do đó, việc sử dụng cát mịn cho bê tông xi măng nói chung và bê tông đường nói riêng sẽ đem lại hiệu quả kinh tế kỹ thuật và có ý nghĩa thực tiễn đáng kể đối với Việt Nam.

Các nghiên cứu trên thế giới [68], [95], [96], cũng như ở Việt Nam [7], [10], [14], [17], [21], cho thấy rằng cát mịn ở Việt Nam dùng cho bê tông đã được thử nghiệm ứng dụng triển khai từ rất lâu nhưng chủ yếu trong phạm vi các công trình thủy lợi, thủy điện và số ít các công trình dân dụng với bê tông mác thấp khoảng từ 10 MPa đến 25 MPa. Các nghiên cứu ứng dụng cát mịn để làm bê tông đường còn ít được quan tâm. Theo thiết kế, các loại áo đường cứng thì đường bê tông xi măng làm việc theo nguyên tắc của "*tám trên nền đàn hồi*" nên cường độ chịu kéo khi uốn là chỉ tiêu quan trọng, ngoài ra nếu mặt đường bê tông xi măng không được phủ thêm lớp nhựa trên bề mặt thì nó sẽ tiếp xúc trực tiếp với các phương tiện đi lại, khi đó khả năng chống mài mòn cũng là chỉ tiêu rất quan trọng. Mặt khác, cường độ chịu kéo khi uốn và khả năng chống mài mòn của bê tông sử dụng cát mịn thấp hơn so với bê tông sử dụng cát thô.

Với việc sử dụng cát mịn thay cho cát thô, lượng nước nhào trộn để hỗn hợp bê tông đạt cùng độ sụt và lượng dùng xi măng để bê tông đạt được cùng cường độ cần tăng lên, thành phần hạt của cốt liệu trong bê tông trở nên gián đoạn, tỷ diện tích bề mặt cốt liệu tăng lên. Điều này dẫn tới thay đổi cấu trúc bê tông, làm một số tính chất của hỗn hợp bê tông như độ tách nước, độ tách vữa, phân tầng, độ co mềm, một số tính chất của bê tông như cường độ nén, cường độ chịu kéo khi uốn, khả năng chống mài mòn của bê tông cát mịn bị suy giảm hơn so với bê tông cát thô. Do đó, các tiêu chuẩn, chỉ dẫn kỹ thuật quy định chỉ sử dụng cát mịn cho bê tông có cường độ chịu nén tới 30 MPa. Tương quan cường độ chịu nén trên cường độ chịu kéo khi uốn mới đạt ở mức theo cấp 1 (cường độ chịu kéo khi uốn thường đạt giá trị tới 4,0 MPa), độ mài mòn của bê tông chỉ ở mức $\leq 0,6 \text{ g/cm}^2$. Vì vậy, nếu không có sự cải tiến thì bê tông cát mịn chỉ phù hợp cho mặt đường bê tông xi măng đường cấp IV trở xuống và sân bãi. Đối với đường bê tông cấp I,II,III, cường độ chịu nén/cường độ kéo khi uốn (R_n/R_{ku} , MPa) đòi hỏi phải đạt giá trị cao hơn, tương ứng không nhỏ hơn 40/5,0 cho bê tông đường một lớp hoặc lớp mặt cấp I, II và 35/4,5 – cấp III. Độ mài mòn đường bê tông cấp I, II, III cũng đòi hỏi phải nhỏ hơn $0,3 \text{ g/cm}^2$.

Vì vậy, việc nghiên cứu nâng cao cường độ chịu kéo khi uốn và khả năng chống mài mòn của bê tông cát mịn đáp ứng yêu cầu kỹ thuật đối với mặt đường bê tông xi măng tới đường cấp I là rất cần thiết.

3. Mục tiêu nghiên cứu

Mục tiêu nghiên cứu của luận án là nâng cao cường độ chịu kéo khi uốn và khả năng chống mài mòn của bê tông cát mịn dùng làm mặt đường bê tông xi măng tới đường cấp I.

4. Đối tượng và nội dung nghiên cứu

4.1. Đối tượng nghiên cứu:

Bê tông sử dụng cát mịn và sử dụng cát mịn phối hợp với mặt đá vôi làm mặt đường bê tông xi măng và thi công theo phương pháp đầm rung bình thường, cụ thể là:

- Bê tông sử dụng cát mịn: cường độ chịu kéo khi uốn lớn hơn 4,5 MPa, độ mài mòn có giá trị đạt được từ 0,3 g/cm² đến 0,6 g/cm² dùng cho mặt đường bê tông xi măng đường cấp IV trở xuống và sân bãi.
- Bê tông sử dụng cát mịn phối hợp mặt đá vôi theo tỷ lệ hợp lý: cường độ chịu kéo khi uốn lớn hơn 5,0 MPa, độ mài mòn nhỏ hơn 0,3 g/cm² dùng cho mặt đường bê tông xi măng tới đường cấp I.

4.2. Nội dung nghiên cứu:

- Nghiên cứu tổng quan về tình hình nghiên cứu và sử dụng bê tông cát mịn trên thế giới và ở Việt Nam để xây dựng các vấn đề khoa học cần giải quyết.
- Nghiên cứu cơ sở lý luận nâng cao cường độ chịu kéo khi uốn và khả năng chống mài mòn của bê tông cát mịn đối với mặt đường bê tông xi măng.
- Nghiên cứu lựa chọn các vật liệu đầu vào.
- Nghiên cứu nâng cao cường độ chịu kéo khi uốn và khả năng chống mài mòn của bê tông cát mịn đối với mặt đường bê tông xi măng.
- Nghiên cứu một số tính chất của bê tông cát mịn đối với mặt đường bê tông xi măng
- Nghiên cứu ứng dụng thực tế và đánh giá hiệu quả kinh tế của bê tông cát mịn đối với mặt đường bê tông xi măng.

5. Ý nghĩa khoa học

Bằng nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm, luận án đã xác lập được một số tương quan ảnh hưởng và phụ thuộc trong bê tông có cốt liệu nhỏ là cát mịn, hỗn hợp cát mịn kết hợp mặt đá, phụ gia giảm nước mạnh trong miền cường độ chịu kéo khi uốn R_{ku} (4,0 ÷ 7,0) MPa, như sau:

- Lượng dùng nước cho bê tông;
- Tương quan cường độ chịu nén của bê tông với cường độ chịu nén của xi măng và tỷ lệ N/X;
- Tương quan cường độ kéo khi uốn của bê tông với cường độ kéo khi uốn của xi măng và tỷ lệ N/X;
- Tương quan cường độ chịu nén và cường độ kéo khi uốn của bê tông;

- Ảnh hưởng của cốt liệu nhỏ là cát mịn, cát mịn kết hợp mặt đá đến khả năng chống mài mòn của bê tông;
- Ảnh hưởng của cốt liệu nhỏ là cát mịn, cát mịn kết hợp mặt đá đến một số tính chất của bê tông: co mềm, co khô, sự phát triển cường độ, độ chống thấm nước, mô đun đàn hồi của bê tông;
- Một số yêu cầu công nghệ hạn chế nứt mặt đường bê tông khi thi công.

6. Ý nghĩa thực tiễn

Sử dụng cát mịn kết hợp với mặt đá và phụ gia siêu dẻo, xi măng (PC40, PCB40) có thể sản xuất được bê tông dùng cho mặt đường bê tông xi măng tới đường cấp I với giá thành giảm từ (10 ÷ 15) % so với khi sử dụng cát thô vận chuyển từ xa.

7. Những đóng góp khoa học mới của luận án

Bằng thực nghiệm và kiểm chứng qua ứng dụng thực tế đã chứng tỏ rằng:

- Sử dụng cát mịn có mô đun độ lớn từ 1,2 đến 1,9 kết hợp với mặt đá ($M_{dl} = 3,6$), xi măng (PC40, PCB40) và phụ gia siêu dẻo gốc polycarboxylate có thể chế tạo được bê tông với cường độ chịu kéo khi uốn trên 5,0 MPa, cường độ chịu nén trên 40 MPa và độ mài mòn nhỏ hơn $0,3 \text{ g/cm}^2$, phù hợp để làm mặt đường bê tông xi măng tới đường cấp I;
- Sử dụng riêng cát mịn (không kết hợp mặt đá), xi măng và phụ gia như trên, có thể nâng cao được cường độ kéo khi uốn của bê tông tới mức tương đương bê tông sử dụng cát mịn kết hợp mặt đá (cường độ chịu kéo khi uốn trên 5,0 MPa và cường độ chịu nén trên 40 MPa), nhưng không làm giảm được độ mài mòn của bê tông xuống mức nhỏ hơn $0,3 \text{ g/cm}^2$. Ngoài ra, bê tông sử dụng cát mịn còn bị mất nước, tách vữa, co mềm mạnh hơn bê tông sử dụng cát thô và bê tông sử dụng cát mịn kết hợp mặt đá. Do đó, bê tông loại này chỉ có thể phù hợp để làm mặt đường bê tông xi măng cho đường cấp IV trở xuống hoặc sân bãi khi có biện pháp công nghệ thích hợp nhằm hạn chế nứt mặt bê tông.

8. Các bài báo liên quan đã công bố

- ❖ Hoàng Minh Đức, Ngô Văn Toàn “*Nghiên cứu ảnh hưởng của hệ số dư vữa đến tính chất của hỗn hợp bê tông và bê tông sử dụng cát mịn làm mặt đường bê tông xi măng*”. Tạp chí Xây dựng - Bộ Xây dựng, số 11 năm 2018.
- ❖ Hoàng Minh Đức, Ngô Văn Toàn “*Ảnh hưởng của mật đá vôi đến độ mài mòn và co ngót của bê tông sử dụng cát mịn đối với mặt đường bê tông xi măng*”. Tạp chí Giao thông Vận tải - Bộ Giao thông Vận tải, số 12 năm 2018.
- ❖ Hoàng Minh Đức, Ngô Văn Toàn “*Nâng cao cường độ chịu kéo khi uốn và khả năng chống mài mòn của bê tông sử dụng cát mịn làm mặt đường bê tông xi măng*”. Tạp chí Giao thông Vận tải - Bộ Giao thông Vận tải, số 6 năm 2019.
- ❖ Hoàng Minh Đức, Nguyễn Nam Thắng, Ngô Văn Toàn “*Lựa chọn thành phần bê tông sử dụng cát mịn theo cường độ chịu kéo khi uốn*”. Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng - Viện KHCN Xây dựng, số 2 năm 2019.
- ❖ Ngô Văn Toàn, Hoàng Minh Đức “*Lựa chọn thành phần bê tông sử dụng cát mịn phối trộn mật đá vôi theo cường độ chịu kéo khi uốn dùng cho mặt đường bê tông xi măng*”. Tạp chí Giao thông Vận tải - Bộ Giao thông Vận tải, số 7 năm 2019.

Chương 1: TỔNG QUAN VỀ TÌNH HÌNH NGHIÊN CỨU VÀ SỬ DỤNG CỦA BÊ TÔNG CÁT MỊN

1.1. Tổng quan về tình hình nghiên cứu và sử dụng của bê tông cát mịn

1.1.1. Phân loại và yêu cầu kỹ thuật đối với cát làm cốt liệu cho bê tông

Cốt liệu được phân loại theo nhiều tiêu chí khác nhau, trong đó kích thước là tiêu chí được đề cập đầu tiên. Tùy theo kích thước của cốt liệu, thông thường có thể phân loại gồm cốt liệu lớn ($> 5 \text{ mm}$) và cốt liệu nhỏ ($< 5 \text{ mm}$). Bên cạnh yếu tố kích thước, cốt liệu lớn và cốt liệu nhỏ còn có những khác biệt về nguồn gốc xuất xứ.

Cốt liệu lớn chủ yếu là các loại đá được nghiền từ đá gốc trên các dây chuyền công nghiệp. Do đó, chúng có các tính chất tương đối ổn định và có thể điều chỉnh được. Trong khi đó, cốt liệu nhỏ thường là các loại cát tự nhiên được khai thác bằng các công nghệ thô sơ hơn. Vì vậy, các tính chất của cát phụ thuộc chủ yếu vào đặc điểm tự nhiên của khu vực khai thác.

Yêu cầu kỹ thuật đối với cát làm cốt liệu cho bê tông và vữa được quy định tại mỗi quốc gia theo các tiêu chuẩn riêng. Về cơ bản các chỉ tiêu đánh giá của các tiêu chuẩn này là tương đồng. Tuy nhiên, phương pháp thí nghiệm và các giá trị quy định lại có nhiều điểm khác biệt do được xây dựng cho phù hợp với các điều kiện đặc thù của từng vùng lãnh thổ.

Tại Liên bang Nga, theo tiêu chuẩn GOST 8736 - 93 [100] và tiêu chuẩn GOST 26633 - 91 [101], quy định: Cát sử dụng cho bê tông phải có mô đun độ lớn từ 1,5 đến 3,25; Cát có mô đun độ lớn từ 1,0 đến 1,5 (với lượng hạt nhỏ hơn 0,16 mm không quá 20 % và bùn-bụi-sét không quá 3 %) được phép sử dụng cho bê tông cấp chịu nén tới B30, cấp chịu kéo uốn tới $B_{ku} 4,0$ nếu qua nghiên cứu thấy rằng bê tông đảm bảo các tính năng kỹ thuật yêu cầu và có hiệu quả về mặt kinh tế.

Bên cạnh đó, cũng ở Liên bang Nga, “Chỉ dẫn sử dụng cát mịn và cát rất mịn làm bê tông mặt đường và sân bay” [95], của Viện nghiên cứu Đường bộ thuộc Bộ Xây dựng giao thông Liên bang Nga có khuyến cáo thành phần bê tông để chế tạo 1 m^3 mặt đường bê tông và sân bay mác uốn kéo $4,5 \div 5,0$ / Mác chịu nén $35 \div 40 \text{ MPa}$ như sau:

- Cát mịn $M_{dl} = 1,0 \div 1,5$; $X(\text{PC40}) = (360 \div 400) \text{ kg}$; $N/X = 0,42 \div 0,45$;

Cát = (500 ÷ 600) kg; Đá = (1200 ÷ 1100) kg;

- Cát mịn $M_{dl} = 1,5 \div 2,0$; X(PC40) = (360 ÷ 400) kg; N/X = 0,42 ÷ 0,45;

Cát = (600 ÷ 700) kg; Đá = (1100 ÷ 1000) kg.

Tại Hoa Kỳ, theo tiêu chuẩn AASHTO M 6 - 93 [48] và tiêu chuẩn ASTM C33-03 [55], đưa ra các yêu cầu sau: Cát phải có mô đun độ lớn trong giới hạn 2,3 đến 3,1 (sai lệch cho phép $\pm 0,2$); Cát không đáp ứng yêu cầu về mô đun độ lớn như trên được sử dụng khi có bằng chứng rằng bê tông làm từ cát này có các tính chất tương đương bê tông làm từ cát đối chứng được lấy từ nguồn đã được chấp thuận sử dụng cho bê tông của kết cấu tương tự.

Tại Việt Nam, theo tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 7570 : 2006 “Cốt liệu cho bê tông và vữa - Yêu cầu kỹ thuật” [38], phân loại cát dùng cho bê tông và vữa ra thành 2 nhóm: cát thô có mô đun độ lớn từ 2,0 đến 3,3 và cát mịn có mô đun độ lớn từ 0,7 đến 2,0. Cũng theo tiêu chuẩn này thì cát mịn có mô đun độ lớn từ 0,7 tới 1,0 chỉ được dùng để chế tạo bê tông mác tới cấp B15, cát mịn có mô đun độ lớn từ 1,0 tới 2,0 chỉ được dùng để chế tạo bê tông mác tới cấp B25.

Cũng tại Việt Nam, theo Quyết định 778/1998/QĐ-BXD, “Chỉ dẫn kỹ thuật chọn thành phần bê tông các loại”, khi sử dụng cát mịn ($M_{dl}=1,0 \div 2,0$) trong bê tông thì tương quan về mác theo cường độ chịu nén trên mác theo cường độ chịu kéo khi uốn (R_n/R_{ku}) của bê tông mới đạt tới mức theo cấp 1.

Ngoài ra, việc sử dụng cát mịn trong bê tông ở Việt Nam cũng được đề cập trong tiêu chuẩn TCXD 127:1985, “Cát mịn để làm bê tông và vữa xây dựng – Hướng dẫn sử dụng”, theo đó có thể sử dụng cát có mô đun độ lớn ($M_{dl} > 0,7$) cho bê tông mác từ 200 trở xuống, và cát có mô đun độ lớn ($M_{dl} > 1,0$) cho bê tông mác 250, 300.

➤ *Như vậy, có thể thấy rằng tiêu chuẩn các nước khác nhau chưa có sự thống nhất về phạm vi áp dụng của các loại cát mịn. Tuy nhiên, nhìn chung các tiêu chuẩn đều quy định cát được coi là cát mịn khi có mô đun độ lớn nhỏ hơn 2.*

1.1.2. Tình hình nghiên cứu và sử dụng bê tông cát mịn trên thế giới

Các quốc gia trên thế giới đều coi cát là nguồn tài nguyên thiên nhiên quan trọng cần được khai thác và sử dụng hợp lý. Tuy nhiên, chất lượng cát tại các khu vực khác

nhau có sự dao động lớn. Trong đó, đa phần cát ở sa mạc và một số sông ngòi có kích thước hạt khá nhỏ. Theo các quy định sử dụng cát của các tiêu chuẩn hiện nay, thì phạm vi sử dụng các loại cát này bị thu hẹp. Điều này dẫn đến gây lãng phí nguồn tài nguyên lớn này, trong khi nguồn cát thô đang dần cạn kiệt khan hiếm. Do đó, vấn đề nghiên cứu sử dụng cát mịn trong chế tạo bê tông đã được nhiều nhà khoa học tập chung nghiên cứu tại nhiều nước trên thế giới.

Trên thế giới việc nghiên cứu và sử dụng cát mịn để chế tạo bê tông xi măng chủ yếu theo hai hướng chính:

- Sử dụng cát mịn làm cốt liệu trong chế tạo bê tông hạt nhỏ (còn gọi là bê tông cát – bê tông không có cốt liệu lớn).
- Sử dụng cát mịn thay thế toàn bộ hoặc một phần cát thô (cát có mô đun độ lớn $M_{dl} > 2$), trong bê tông thông thường.

❖ *Sử dụng cát mịn làm cốt liệu trong chế tạo bê tông hạt nhỏ, đã được nhiều nước trên thế giới nghiên cứu và sử dụng:*

Ở Liên Xô (cũ), tuy nguồn cát có trữ lượng lớn nhưng nguồn cuội sỏi và đá lại có trữ lượng còn hạn chế. Do đó, để tận dụng nguồn cốt liệu trong chế tạo bê tông đạt hiệu quả về kinh tế kỹ thuật, các nghiên cứu về bê tông hạt nhỏ đã được nhiều nhà khoa học quan tâm nghiên cứu và sử dụng. Điều này được thực hiện từ năm 1918 trong nghiên cứu, một thí nghiệm được Nicolas De Rochefort làm tại Saint-Peterburg thuộc Liên Xô (cũ), đã nghiền lẫn cát và clinker theo tỷ lệ bằng nhau, sau đó trộn sản phẩm này với cát theo tỷ lệ 1 (sản phẩm nghiền) và 3 cát. Kết quả nghiên cứu thu được cường độ đạt được bằng cường độ của hỗn hợp cát - xi măng (tỷ lệ: 1 xi măng và 2 cát). Đến năm 1941, các nghiên cứu tiếp theo đã không ngừng chế tạo bê tông có thành phần cát và một hay hai loại chất kết dính (xi măng, vôi) dùng cho: Đường sân bay quân sự Pevec và Arkangelsk, nút giếng dầu cạn, đường ô tô và đường cao tốc Serpukov-Toula, nhà mái xếp, kết cấu lắp ghép ở thành phố Nadym (Siberia) hầm và tàu điện ngầm vòm mảnh. Cũng tại Liên Xô (cũ), nghiên cứu ảnh hưởng của thành phần hạt của cát tới tính chất của bê tông hạt nhỏ [99], thực hiện với cát ($M_{dl}=1,53 \div 3,50$) cho thấy sử dụng cát ($M_{dl} = 2,52$) làm tăng 1/4 lượng xi măng và sử dụng cát

($M_{dl}=1,53$) làm tăng 1/3 lượng dùng xi măng so với sử dụng cát ($M_{dl}=3,50$). Tuy nhiên, với cùng tỷ lệ X/N thì ở tuổi 180 ngày cường độ chịu nén và chịu uốn của các mẫu bê tông sử dụng các loại cát trên là tương đối giống nhau. Trong nghiên cứu này cũng đặt vấn đề về vai trò của các hạt có kích thước nhỏ hơn 0,14 mm làm tăng lượng dùng xi măng khoảng 7 % đến 8 %. Tiếp tục tăng hàm lượng hạt nhỏ đến 18 % thì lượng dùng xi măng chỉ tiếp tục tăng khoảng 3 %. Với các hàm lượng hạt nhỏ hơn 0,14 mm khác nhau, thì sự chênh lệch về cường độ chịu nén cũng như chịu kéo có thể đạt tới 80 % mặc dù các cấp phối có tỷ lệ N/X như nhau. Bên cạnh đó, giá trị mô đun độ lớn không có tương quan rõ rệt với các tính chất của bê tông. Phân tích các số liệu về chống thấm cho thấy hàm lượng hạt nhỏ hơn 0,14 mm để đạt được hàm lượng chống thấm tốt nhất là 13 %. Tổng hợp các kết quả cho phép kết luận rằng hàm lượng hạt nhỏ hơn 0,14 mm tối ưu nằm trong khoảng từ 5 % đến 12 %.

Hơn 20 năm nghiên cứu cát mịn trong chế tạo bê tông hạt nhỏ và bê tông tổ ong không chưng áp, nhóm tác giả [103], đã sử dụng cát mịn của 17 khu vực khai thác thuộc Liên Xô (cũ), Kazakhstan, Uzbekistan và Turkmenistan. Cát mịn có thành phần chủ yếu cỡ hạt từ 0,25 mm đến 0,01 mm chiếm từ 70 % đến 80 % theo khối lượng. Một số loại cát có thể lên tới 90 % thậm chí 100 % hạt nhỏ hơn 0,14 mm. Tỷ lệ hạt mịn hơn 0,005 mm có thể đạt từ 15 % đến 17 %. Phân loại cát mịn thành các nhóm theo tỷ diện tích bề mặt bao gồm nhóm 1 có tỷ diện tích bề mặt lớn hơn 30 m²/kg, nhóm 2 từ 20 m²/kg đến 30 m²/kg, nhóm 3 từ 10 m²/kg đến 20 m²/kg. Sử dụng cát mịn trên, đã chế tạo được bê tông hạt nhỏ có cấp cường độ chịu nén đến B22,5 khả năng chịu băng giá đến hơn 500 chu kỳ, mác chống thấm tới W8, độ hút nước ít hơn từ 2 đến 3 lần so với bê tông cát thông thường với lượng dùng xi măng từ 350 kg/m³ đến 450 kg/m³. Ngoài ra, cũng chế tạo được bê tông khí không chưng áp có mác theo khối lượng thể tích D500 đến D1200, cấp cường độ chịu nén từ B1,5 đến B5, có độ thấm hơi từ 7,5.10² đến 8,7.10² mg/m.h.Pa và 9,0.10² đến 11,7.10² mg/m.h.Pa, hệ số khuếch tán hơi nước từ 10,2.10² m²/h đến 11,3.10² m²/h, hệ số thấm hơi nước từ 0,7.10² m²/h đến 2,0.10² m²/h.

Nghiên cứu bê tông hạt nhỏ tại Algieri [51], được tiến hành với cát sa mạc có mô đun độ lớn 1,22 so sánh với cát sông có mô đun độ lớn 2,83. Các cấp phối nghiên cứu có tỷ lệ nước trên xi măng 0,40; 0,45 và 0,50; tỷ lệ xi măng trên cát là 1/3 và 1/4. Kết quả nghiên cứu cho thấy, với cát sông thì khi sử dụng 1 % phụ gia dẻo hóa, cường độ bê tông giảm khi tăng tỷ lệ nước trên xi măng. Tác giả cũng nhấn mạnh vai trò của phụ gia với mức gia tăng cường độ đến 40 % khi sử dụng trong bê tông cát mịn sa mạc.

Tại Pháp, nghiên cứu về bê tông hạt mịn, năm 1853 kỹ sư Francois Coignet đã đưa ra loại bê tông đặc cho kết cấu cột đỡ tại chỗ chính là tiền thân bê tông hạt mịn (bê tông cát). Bê tông cát là hỗn hợp không có đá bao gồm cát, tro bay, xỉ than, đất sét nung, vôi thủy tự nhiên với hàm lượng nước thấp; một dãy nhà vẫn tồn tại ở số 72 phố Charles-Michels, Sanit-Denis phía Bắc Pari cũng được xây dựng bằng loại bê tông này. Sau đó, hỗn hợp này sử dụng trong nhiều công trình xây dựng và hệ thống thoát nước, tường chắn ở quảng trường Trocadero ở Pari và hệ thống kênh thoát nước Vannce trong con đường qua rừng Fontainebleau.

Cũng nghiên cứu về bê tông hạt mịn, ở Liên bang Nga, năm 2007 các nghiên cứu của trường Đại học Xây dựng Matxcova đã đề xuất công nghệ chế tạo bê tông hạt mịn trên cơ sở cát thạch anh không dùng cốt liệu lớn làm các bloc móng, tấm ốp lòng kênh, viên vỉa hè, bậc thềm và các chế phẩm kích thước nhỏ khác.

➤ Như vậy, có thể thấy rằng việc sử dụng cát mịn làm cốt liệu trong chế tạo bê tông hạt nhỏ, đã được nhiều nước trên thế giới nghiên cứu và sử dụng. Tuy nhiên, định hướng nghiên cứu của luận án là sử dụng cát mịn thay thế toàn bộ cát thô trong chế tạo và sản xuất bê tông thông thường (có cốt liệu lớn). Do đó, cần tập trung vào những nghiên cứu của các nước trên thế giới theo hướng như sau:

❖ *Sử dụng cát mịn thay thế toàn bộ hoặc một phần cát thô ($M_{dl} > 2$), trong bê tông thông thường, các nghiên cứu này đã được nhiều nước trên thế giới triển khai nghiên cứu và sử dụng:*

Tại Liên Xô (cũ), các nghiên cứu về cát mịn sử dụng trong bê tông đã được thực hiện từ khá sớm, đặc biệt là cho bê tông thủy công. Cho đến những năm 50 của thế kỷ XX, sử dụng cát mịn được chuẩn hóa trong “Hướng dẫn kỹ thuật sử dụng cát mịn

trong bê tông thủy công” [102]. Tài liệu này chỉ ra nhu cầu tăng lượng dùng xi măng trong bê tông sử dụng cát mịn tới 20 % đến 40 %. Các nghiên cứu về sau cho thấy có thể chế tạo bê tông cát mịn với lượng dùng xi măng cao hơn không nhiều so với khi sử dụng cát thô. Những năm 70 của thế kỷ XX, cũng ở Liên Xô (cũ) đã sử dụng cát mịn Dơ-nhi-ép, Ba-zơ-khan vào bê tông trong một số công trình thủy công và xây dựng [15]. Một số công trình nghiên cứu của Ki-ri-en-cô của S.ton-nhi-cốp và Gu-ba ... cũng đã được công bố. Tuy nhiên, ý kiến vẫn còn những quan điểm khác nhau, thí dụ như khi Sơ-krăm-ta-ep, Ki-ri-en-cô... cho rằng có thể dùng được cát nhỏ làm bê tông, thì theo các giáo sư Khi-ghê-rô-vich và Góoc-cha-kóp, Vô-rô-bi-ep và Kôma, yêu cầu chỉ dùng cát hạt trung và hạt thô để làm bê tông vẫn cần được duy trì [14]. Đến những năm 80 của thế kỷ XX, trong quá trình sử dụng cát địa phương khai thác từ sông Enisei để xây dựng thủy điện Sayano-Shushenskaia [93], đã tiến hành nghiên cứu sử dụng cát có mô đun độ lớn từ 1,13 đến 3,07. Kết quả cho thấy ở lượng dùng xi măng 300 kg/m^3 , tỷ lệ N/X từ 0,42 đến 0,50, thì lượng dùng cát tối ưu giảm theo chiều giảm mô đun độ lớn của cát. Khi dùng cát mịn ở lượng dùng tối ưu thì lượng xi măng cần tăng lên để đạt cùng mức cường độ chỉ dưới 20 kg/m^3 . Ngoài ra, nghiên cứu này cũng cho thấy, nên tính riêng lượng hạt có kích thước từ 2,5 mm đến 5 mm như một phần của cốt liệu lớn sẽ cho phép chỉ định chính xác hơn lượng dùng cát trong bê tông.

Cũng tại Liên Xô (cũ), trong những năm 80 của thế kỷ XX một trong những lĩnh vực mà cát mịn được sử dụng khá rộng rãi là trong ngành giao thông đặc biệt là chế tạo bê tông cho đường và sân bay. Điều này được thực hiện ở các nghiên cứu của (Viện nghiên cứu đường bộ) được xem là cơ sở để biên soạn “Hướng dẫn sử dụng cát mịn trong bê tông xi măng cho mặt đường ô tô và sân bay” [95] và “Hướng dẫn sử dụng bê tông ít cốt liệu lớn sử dụng cát mịn trong xây dựng mặt đường ô tô và sân bay” [96]. Các nghiên cứu trên đều khẳng định lợi ích của việc sử dụng cát mịn địa phương trong chế tạo bê tông đường. Sử dụng cát mịn (mô đun độ lớn từ 1,5 đến 2,0) và rất mịn (mô đun độ lớn từ 1,0 đến 1,5) cho phép chế tạo bê tông với cấu trúc lỗ rỗng nhỏ hơn và phân bố đều hơn, cải thiện được vùng tiếp xúc giữa cốt liệu lớn và vữa cũng như giảm chiều dày lớp đá xi măng bao bọc quanh hạt cát so với bê tông sử dụng cát thô. Nhờ

đó, có thể cải thiện được một loạt tính chất của bê tông. Với cùng mức cường độ chịu nén, bê tông sử dụng cát mịn và rất mịn có cường độ chịu kéo uốn và khả năng đàn hồi cao hơn từ 5 % đến 10 % so với bê tông sử dụng cát trung và cát thô. Tuy nhiên, một số tính năng của bê tông đường sử dụng cát mịn và rất mịn (chịu mòn mỏi và bám dính) kém hơn so với bê tông sử dụng cát trung và cát thô tới 10 % đến 15 %. Để khắc phục nhược điểm này có thể sử dụng thêm cát thô hoặc các hạt cỡ lớn để nâng mô đun độ lớn của cát lên đến 2,0 hoặc 2,5. Cát mịn và rất mịn để chế tạo bê tông đường có hàm lượng nhỏ hơn 0,14 mm không vượt quá 15 %. Cát có hàm lượng hạt nhỏ hơn 0,14 mm tới 20 % có thể sử dụng trong các công trình thử nghiệm. Cũng theo các hướng dẫn trên, để chế tạo bê tông cát mịn và rất mịn cần phải sử dụng các loại phụ gia giảm nước. Lượng dùng phụ gia giảm nước trong bê tông sử dụng cát mịn và rất mịn được chỉ định lớn hơn so với bê tông sử dụng cát thô để giữ nguyên lượng dùng nước của hỗn hợp bê tông. Nhờ đó, hạn chế việc phải tăng lượng dùng xi măng để đảm bảo yêu cầu về cường độ. Ngoài ra, hiệu quả của phụ gia giảm nước có thể được tăng cường nhờ việc đảm bảo hàm lượng cuộn khí của bê tông từ (4,5 ÷ 6) %.

Theo các nghiên cứu tại Liên Xô (cũ) [98], cũng cho thấy cát mịn có độ rỗng, tỷ lệ diện tích bề mặt lớn hơn và có thành phần hạt kém hơn so với cát thô. Do đó, cát mịn làm giảm tính công tác của hỗn hợp bê tông và giảm cường độ bê tông dẫn đến phải tăng lượng dùng xi măng để đạt cùng giá trị tính công tác và cường độ. Thay thế cát thô bằng cát mịn thì tính công tác của hỗn hợp bê tông chịu ảnh hưởng rõ rệt và hàm lượng cát tối ưu trong bê tông nhỏ hơn so với cát thô.

Tại Trung Quốc từ những năm 65 của thế kỷ XX, cát mịn cũng đã được nghiên cứu và đưa vào sử dụng trong bê tông, điều này được đề cập trong Quy phạm BGY 19-65, cho phép dùng các loại cát có mô đun độ lớn trên 0,7 để làm bê tông. Bên cạnh đó, Viện nghiên cứu thủy lợi An-Huy, Trung Quốc cũng đã có những công trình nghiên cứu về cát mịn địa phương ứng dụng cho nhiều công trình thủy công và xây dựng.

Năm 2009, dự án DuBai City [83] ở Các tiểu Vương quốc Ả rập Thống nhất, đã sử dụng loại bê tông xi măng có dùng cát mịn từ 300 kg đến 400 kg cho 1m³ bê tông, kết quả cho thấy cường độ chịu nén mẫu lập phương đạt giá trị bằng 45 MPa.

Tại Ấn Độ [50], nghiên cứu về ảnh hưởng của mô đun độ lớn của cát tới tính chất của bê tông đã được tiến hành với cát của sông Yamuna ($M_{dl}=2,0 \div 3,0$). Trong nghiên cứu, tỷ lệ N/X được giữ cố định bằng 0,45 và tỷ lệ cốt liệu trên xi măng là 5,52. Để giữ cố định tính công tác của hỗn hợp bê tông trong khoảng từ (45÷50) mm, đã tiến hành hiệu chỉnh lượng dùng phụ gia giảm nước. Kết quả cho thấy để giữ nguyên tính công tác, khi giảm mô đun độ lớn từ 3,0 xuống 2,0 lượng dùng phụ gia phải tăng từ 0,2 % lên đến 1,0 % so với lượng dùng xi măng. Ngoài ra khi tăng mô đun độ lớn lên mỗi 0,1 trong khoảng từ 2,0 đến 3,0 thì cường độ chịu nén ở tuổi 28 ngày tăng khoảng từ 2,5 % đến 3,0 %, cường độ chịu kéo uốn tăng khoảng từ 2,1 % đến 2,5 %. Tuy nhiên, chiều sâu thấm nước dưới áp lực và hệ số thấm thay đổi không đáng kể khi thay đổi mô đun độ lớn của cát trong khoảng nghiên cứu. Trong nghiên cứu này, các tác giả đã giữ nguyên hoặc điều chỉnh rất nhỏ lượng cát dùng trong các cấp phối nên thể tích vữa trong các cấp phối là tương đồng. Do đó, các cấp phối sử dụng cát có mô đun độ lớn khác nhau chưa được nghiên cứu ở lượng dùng cát tối ưu.

Cát mịn có thể là cát sông nhưng cát mịn cũng có thể là cát sa mạc. Do đó, nghiên cứu sử dụng cát mịn sa mạc trong bê tông cũng được nhiều nước trên thế giới quan tâm nghiên cứu và sử dụng. Ở những quốc gia Trung đông, nhiều nghiên cứu được tiến hành với các loại cát mịn sa mạc có độ mịn cao. Nghiên cứu sử dụng cát sa mạc tại Oman [54] được thực hiện với cát có mô đun độ lớn từ 0,45 đến 0,88. Cát sa mạc được sử dụng ở đây để thay thế cát có mô đun độ lớn 3,26 với tỷ lệ thay đổi từ 10 % đến 100 %. Trong các thí nghiệm, tỷ lệ giữa cát trên tổng lượng cốt liệu được duy trì khoảng 36 %, tỷ lệ N/X được thay đổi từ 0,50 đến 0,58. Nghiên cứu về tính công tác của hỗn hợp bê tông cho thấy khi tăng lượng dùng cát mịn sa mạc độ sụt của hỗn hợp bê tông tăng. Mức độ tăng lượng dùng cát mịn sa mạc phụ thuộc vào độ sụt của hỗn hợp bê tông và thể hiện rõ rệt ở các hỗn hợp bê tông có độ sụt cao. Tuy nhiên, ở lượng dùng cao (thay thế trên 50 %) thì độ sụt của hỗn hợp bê tông bắt đầu giảm khi tăng lượng thay thế cát mịn sa mạc. Cường độ chịu nén của bê tông nhìn chung có xu hướng giảm khi thay thế cát thô bằng cát mịn sa mạc. Mức độ suy giảm cường độ phụ thuộc vào cấp phối bê tông và có thể đạt tới 25 %. Nghiên cứu này cũng cho thấy thay

thể cát thô bằng cát mịn sa mạc không ảnh hưởng đáng kể đến mô đun đàn hồi và cường độ chịu kéo. Nghiên cứu [66] với cát mịn sa mạc có mô đun độ lớn từ 0,89 đến 0,97 tại Ai Cập cũng cho kết quả tương tự với nghiên cứu [54]. Xu hướng giảm cường độ khi tăng lượng thay thế cát mịn được xác nhận với mức suy giảm khoảng 20 %. Bên cạnh đó, xu hướng tăng độ sụt của hỗn hợp bê tông được duy trì tới mức thay thế cát mịn lên đến 60 %.

Ở Trung Quốc có nguồn cát mịn sa mạc khá dồi dào. Cát sa mạc Tenggelì và Maowusu với mô đun độ lớn 0,334 và 0,194 đã được nghiên cứu để sử dụng trong vữa và bê tông [59], [69]. Các nghiên cứu cho thấy cát mịn sa mạc có ảnh hưởng tiêu cực đến tính công tác và cường độ của bê tông. Tuy nhiên, với lượng dùng khoảng từ 471 kg/m³ đến 571 kg/m³, tỷ lệ N/X từ 0,40 đến 0,50 thì mức độ suy giảm cường độ so với khi sử dụng cát thông thường không vượt quá 7 %. Còn với lượng dùng khoảng 436 kg/m³, tỷ lệ N/X= 0,33 và với phụ gia siêu dẻo, có thể chế tạo bê tông có tính công tác tốt đạt cường độ 69,1 MPa [59].

Tại Úc, với diện tích sa mạc chiếm khoảng 40 % diện tích lãnh thổ, việc nghiên cứu sử dụng cát mịn sa mạc cũng được quan tâm. So sánh ảnh hưởng của cát sa mạc ($M_{dl}=1,01$) so với cát sông ($M_{dl}=2,16$), được thực hiện với các tỷ lệ cát trên cốt liệu 0,23; 0,30 và 0,42; tỷ lệ cốt liệu trên xi măng 3,94; 4,69 và 5,44 [67]. Tỷ lệ N/X=0,50 được duy trì cố định; cốt liệu được sử dụng ở trạng thái bão hòa nước bên trong và khô bề mặt. Trên cơ sở thay đổi tỷ lệ cát trên cốt liệu và tỷ lệ cốt liệu trên xi măng, có thể tính toán được tỷ lệ cát trên xi măng của các cấp phối. Tỷ lệ này thay đổi trong khoảng từ 0,91 đến 2,28. So sánh giữa bê tông cát mịn và bê tông cát thô cho thấy cát mịn không ảnh hưởng xấu tới tính công tác và không làm tăng hàm lượng bọt khí trong hỗn hợp bê tông khi tỷ lệ cát trên xi măng nhỏ hơn 1,41. Tuy nhiên, khi vượt quá tỷ lệ trên thì độ sụt của hỗn hợp bê tông sử dụng cát mịn suy giảm đáng kể còn lượng bọt khí tăng cao hơn so với khi sử dụng cát thô. Cường độ bê tông sử dụng cát mịn so với bê tông cát thô tăng khi tỷ lệ cát trên xi măng lên tới 1,41. Với các tỷ lệ cát trên xi măng lớn hơn 1,41 cường độ bê tông có xu hướng giảm. Với các tỷ lệ này, cường độ bê tông cát mịn nhỏ hơn so với bê tông cát thô cùng cấp phối. Phân tích mô hình trên cơ sở kết

quả thí nghiệm cho thấy các hạt nhỏ có kích thước $< 175 \mu\text{m}$ trong cát mịn có tác dụng tích cực trong việc thúc đẩy quá trình thủy hóa. Các kết quả trên cho thấy rằng với tỷ lệ cát trên xi măng thích hợp, có thể thay thế hoàn toàn cát thô bằng cát mịn sa mạc.

Trong quá trình nghiên cứu về cát sông sử dụng trong bê tông, thì Kim và các cộng sự [71], đã nghiên cứu tính chất nứt của bê tông sử dụng cát nghiền từ đá vôi ở Hàn Quốc, kết quả cho thấy khi sử dụng kết hợp cát nghiền từ đá vôi và cát Sông đã cải thiện được cường độ của bê tông. Bên cạnh đó, nghiên cứu của tác giả XieZhi-Hua [90], đã tận dụng cát và bột nghiền từ vỏ sò để chế tạo bê tông xi măng, kết quả cho thấy cường độ của bê tông cũng được cải thiện.

Ở Châu Á, nghiên cứu của “R.S.Naidu, M Zai University Malaysia, Malaysia và S.E. Ang, Open University Kebangsaan Malaysia” đã nghiên cứu đến cường độ chịu nén của bê tông sử dụng cát mịn, cát nghiền bụi và phụ gia khoáng. Nghiên cứu thực nghiệm được thực hiện để tìm ra sự ảnh hưởng của sự thay thế một phần cát với cát nghiền bụi đến cường độ chịu nén của bê tông. Bốn loại bê tông với tỷ lệ N/CKD là 0,40 và 0,45 được thực hiện trong nghiên cứu này. Tỷ lệ thay thế 20 % cát bởi cát nghiền bụi được thực nghiệm trong tất cả các loại bê tông ngoại trừ hỗn hợp bê tông đối chứng. Bê tông được dưỡng hộ bởi không khí khô trong phòng dưỡng hộ ở 20°C , cường độ chịu nén kiểm tra ở 7, 14, 28 và 56 ngày tuổi. Kết quả thí nghiệm cho thấy bê tông sử dụng kết hợp với cát nghiền bụi và không có bất cứ phụ gia khoáng nào có cường độ chịu nén thấp hơn nhưng lực tách cao hơn so với bê tông đối chứng tại tất cả các ngày tuổi. Khi thay thế chất kết dính trong thành phần bê tông sử dụng cát nghiền bụi bằng 10 % tro bay, đã cho thấy cường độ chịu nén được tăng lên. Bê tông sử dụng cát nghiền bụi kết hợp 10 % silica fume thay thế trong thành phần chất kết dính đã cho thấy cường độ bê tông đạt giá trị cao nhất.

Như vậy, các nghiên cứu trên thế giới đều cho thấy rằng bê tông cát mịn tuân theo các quy luật chung với bê tông xi măng. Ảnh hưởng của cát mịn đến các tính chất của hỗn hợp bê tông và bê tông thể hiện ở việc làm thay đổi lượng dùng nước, tính công tác và cường độ của bê tông. Tuy nhiên, đặc điểm và mức độ ảnh hưởng phụ thuộc nhiều vào đặc tính của cát cũng như phương án sử dụng bê tông. Mặt khác, trong các

tiêu chuẩn và chỉ dẫn kỹ thuật của một số nước trên thế giới, việc sử dụng cát mịn còn được đặt trong xu hướng mở. Do đó, nếu sử dụng các biện pháp công nghệ phù hợp cũng như tối ưu hóa thành phần cấp phối bê tông, có thể chế tạo được bê tông sử dụng cát mịn đáp ứng các yêu cầu kỹ thuật và lượng dùng xi măng tương đương với bê tông sử dụng cát thô.

1.1.3. Tình hình nghiên cứu và sử dụng bê tông cát mịn ở Việt Nam

Việt Nam có trữ lượng cát thô ít, phân bố không đồng đều ở các vùng miền trên cả nước. Trong khi đó các tỉnh đồng bằng sông Cửu long, vùng Đông bắc, Tây bắc phía bắc, Tây nguyên rất khan hiếm cát thô nhưng có trữ lượng cát mịn khá lớn. Sông ngòi đồng bằng sông Cửu Long tập trung chủ yếu là nguồn cát mịn, có nhiều đặc điểm giống cát mịn sông Hồng. Việc nghiên cứu sử dụng cát mịn đồng bằng sông Cửu Long, đã được tiến hành ở một số nghiên cứu, xong thực tế cho đến nay nguồn trữ lượng tài nguyên này vẫn chưa được sử dụng hết tiềm năng. Khu vực đồng bằng sông Cửu Long có trữ lượng cát rất dồi dào, ước tính lên hơn 850 triệu m³, phân bố tập trung một số tỉnh như: Bến Tre (29,89 %), Đồng Tháp (24,60 %), Vĩnh Long (15,20 %), An Giang (9,95 %)...[8]. Cát vùng đồng bằng sông Cửu Long hiện nay sử dụng cho bê tông còn rất hạn chế bởi độ bền cao, hàm lượng sét lớn, đặc biệt mô đun độ lớn chủ yếu từ 0,7 đến 2,0. Theo [16], cát thô và cát mịn phân bố không đồng đều ở các tỉnh của nước ta. Từ Thanh Hóa trở vào tới thành phố Hồ Chí Minh, qua các tỉnh Nghệ Tĩnh, Bình Trị Thiên, Nghĩa Bình, Quảng Nam, Đà Nẵng, Phú Khánh, gần các vùng xây dựng lớn đều sẵn có cát thô, tiện khai thác sử dụng. Các tỉnh miền Bắc như Quảng Ninh, Tuyên Quang, Vĩnh Phú cũng có trữ lượng cát thô tương đối lớn. Ngoài ra, hầu hết các tỉnh còn lại miền Bắc, Lâm Đồng và vùng đồng bằng Nam Bộ ở miền nam chủ yếu chỉ có nhiều nguồn cát mịn, rất khan hiếm cát thô. Theo [21], kết quả khảo sát của các mỏ cát dọc duyên hải miền Trung, cho thấy các mỏ cát chủ yếu có mô đun độ lớn từ 1,13 đến 1,89. Cũng theo [11], [12], số liệu khảo sát phân bố trữ lượng cát ở đồng bằng sông Cửu Long cho thấy trữ lượng cát mịn có mô đun độ lớn từ 0,7 đến 1,8 là rất lớn khoảng 851,890 triệu m³, xong thực tế nguồn tài nguyên dồi dào này vẫn chưa được sử dụng hết tiềm năng. Cát vùng đồng bằng sông Cửu Long rất đa dạng và có trữ

lượng lớn, trữ lượng lớn nhất là cát có mô đun độ lớn chủ yếu nằm trong dải từ 1,2 đến 1,4. Cát có hàm lượng tạp chất bụi, bùn, sét tương đối cao. Hàm lượng hạt nhỏ hơn 0,14 mm trong cát tương đối lớn (>10 %) ở đa số các vùng khảo sát. Các chỉ tiêu cơ lý khác của cát đạt chất lượng theo TCVN 7570 : 2006 [38]. Cát mịn vùng đồng bằng sông Cửu Long có mô đun độ lớn tương đối nhỏ, lẫn nhiều tạp chất có hại. Do đó, cần phải có biện pháp loại bỏ các tạp chất có hại này trước khi đưa vào bê tông, đặc biệt là bê tông chất lượng cao.

Theo Quyết định số 711/QĐ-UBND ký ngày 01/02/2013, của Ủy ban Nhân dân thành phố Hà Nội về việc quy hoạch sử dụng cát, sỏi trên địa bàn Hà Nội đến năm 2020, định hướng đến năm 2030 đã xác định nhu cầu của Hà Nội về cát xây và san lấp tới năm 2020 là 12,3 triệu m³, năm 2030 là 16 triệu m³, cát thô tới năm 2020 khoảng 15,2 triệu m³, năm 2030 khoảng 21,7 triệu m³.

Nguồn cung cấp cát chủ yếu cho Hà Nội là sông Hồng với 25 bãi cát có tổng trữ lượng khoảng 146,7 triệu m³. Một số bãi tại các tuyến sông khác cũng được quy hoạch làm nguồn cát xây dựng cho Hà Nội, như tuyến sông Đà (3 bãi cát với tổng trữ lượng khoảng 15,91 triệu m³), sông Công (5 bãi cát với tổng trữ lượng khoảng 14,7 triệu m³), sông Cà Lồ (3 bãi cát với tổng trữ lượng khoảng 6,09 triệu m³) và sông Đuống (6 bãi cát với tổng trữ lượng khoảng 2,51 triệu m³) [6]. Giữa mô đun độ lớn, thành phần hạt và độ hồng cũng như khối lượng thể tích xộp của cát mịn (cát đen) sông Hồng cũng có mối tương quan nhất định. Trên cơ sở phân tích thống kê các mẫu cát đen sông Hồng vào từng nhóm theo từng mức độ mô đun độ lớn, có thể xác định giá trị trung bình của lượng sót tích lũy các cỡ hạt, khối lượng thể tích xộp và độ hồng ứng với các mức giá trị mô đun độ lớn khác nhau. Kết quả cho thấy:

- Mô đun độ lớn của cát sông Hồng biến động trong khoảng 0,7 đến 2,0. Giá trị mô đun độ lớn phổ biến hiện nay nằm trong khoảng từ 0,8 đến 1,5.
- Hàm lượng bụi, bùn, sét của các mẫu thí nghiệm có giá trị trung bình 0,82 % với độ lệch chuẩn 0,169 %. Giá trị hàm lượng bùn sét lớn nhất là 1,4 %.

- Nhóm cát mịn (cát đen) sông Hồng với mô đun độ lớn từ 1,0 trở xuống chủ yếu gồm các hạt lọt qua sàng 0,315 mm, với tỷ lệ lên đến trên 90 %. Nhóm này có độ hồng lớn trên 51 % do chủ yếu chỉ bao gồm các hạt sót sàng 0,14 mm và lọt sàng 0,14 mm.
- Nhóm cát mịn (cát đen) sông Hồng với mô đun độ lớn từ 1,1 đến 1,6 chủ yếu gồm trên 90 % các hạt lọt sàng 0,63 mm, còn với mô đun độ lớn từ 1,7 đến 2,0 chủ yếu là các hạt lọt sàng 1,25 mm.
- Đối chiếu với các quy định trong TCVN 7570 : 2006 [38], đa số cát mịn (cát đen) trên thị trường hiện nay đều đáp ứng được yêu cầu về thành phần hạt. Một số loại cát có mô đun độ lớn từ 1,0 trở xuống chưa thỏa mãn yêu cầu chủ yếu ở lượng lọt sàng 2,5 mm. Với cát có mô đun độ lớn từ 1,1 đến 1,6 thì một số chưa thỏa mãn ở lượng sót trên sàng 2,5 mm và 0,14 mm.

➤ *Như vậy, từ kết quả và phân tích trên cho thấy rằng nếu sử dụng được các nguồn cát mịn này làm bê tông thì sẽ có thêm nguồn cốt liệu nhỏ, mở rộng được việc sử dụng tài nguyên thiên nhiên sẵn có, giải quyết được một phần khan hiếm cát thô cho bê tông hiện nay và về lâu dài. Ở một số vùng khan hiếm cát thô nhưng sẵn nguồn cát mịn giá rẻ hơn thì việc sử dụng cát mịn thay cát thô còn góp phần làm giảm giá thành bê tông.*

Do đó, việc sử dụng cát mịn cho bê tông ở Việt Nam đã được các nhà khoa học quan tâm nghiên cứu từ rất lâu, như đề tài “Sử dụng cát đen Sông Hồng sản xuất bê tông (UBKHNN) - Nguyễn Văn Đốc và Hoàng Phủ Lan chủ trì, báo cáo Hội nghị Bê tông toàn miền Bắc - 1967”. Đến những năm 70 của thế kỷ XX, đề tài nghiên cứu và sử dụng cát mịn trong bê tông cũng được nhiều nhà khoa học nghiên cứu và triển khai. Viện Nghiên cứu khoa học Thủy lợi [4], [5] và Viện Khoa học công nghệ Xây dựng [15] đã nghiên cứu và áp dụng bê tông cát mịn có cường độ ≤ 30 MPa cho một số công trình thủy công và xây dựng dân dụng. Các kết quả nghiên cứu này cho thấy hoàn toàn có thể chế tạo bê tông cát mịn có các tính chất tương đương bê tông cát thô, tuy nhiên lượng dùng xi măng cần phải tăng thêm (5÷15) % tùy theo mô đun độ lớn của cát. Mô đun độ lớn của cát càng giảm thì mức hao tổn xi măng của bê tông cát mịn càng tăng so với bê tông cát thô. Các nghiên cứu này cũng cho thấy lượng ngậm cát (tỷ lệ cát/cốt liệu) của bê tông cát mịn nhỏ hơn nhiều so với bê tông cát thô. Sử dụng phụ gia tăng

đeo gốc lignosunphonat đem lại hiệu quả rất cao trong bê tông cát mịn, cho phép giảm lượng dùng xi măng đến mức tương đương với lượng dùng xi măng trong bê tông cát thô có cùng cường độ. Cũng theo [2], để lựa chọn cấp phối khuyến cáo tiến hành các thí nghiệm thực tế với lượng dùng xi măng, hàm lượng cát và tỷ lệ N/X khác nhau. Mỗi thông số trên được thí nghiệm ở ba mức giá trị khác nhau. Trên cơ sở thí nghiệm 9 cấp phối, có thể xây dựng các đường tương quan để xác định cấp phối tối ưu. Chỉ dẫn này cũng đưa ra khuyến cáo cho việc sử dụng cát mịn có ($M_{dl} < 1$).

Trong những năm tiếp theo, đề tài nghiên cứu cấp nhà nước [16], đã được tiến hành với một số loại cát mịn khác nhau trên địa bàn miền Bắc (Cao Lạng, Vĩnh Phú, Hà Nam Ninh, Thái Bình, Hà Nội). So sánh bê tông sử dụng cát mịn ($M_{dl}=0,47\div 1,97$) với bê tông sử dụng cát thô ($M_{dl}=2,20\div 2,26$) ở cùng mức cường độ chịu nén, thì cường độ chịu kéo, kéo khi uốn, cường độ lắng trụ, mô đun đàn hồi, cường độ liên kết giữa bê tông và cốt thép, độ hút nước, hệ số hóa mềm và độ co của bê tông sử dụng cát mịn và cát thô có giá trị tương đương nhau. Khả năng chịu mài mòn của bê tông sử dụng cát mịn có kém hơn so với bê tông sử dụng cát thô. Để khắc phục vấn đề này cần sử dụng các loại cốt liệu lớn có khả năng chịu mài mòn tốt ở lượng dùng tối đa. Đề tài đã xác định được hệ số dư vữa tối ưu. Nghiên cứu ảnh hưởng của hàm lượng hạt mịn (qua sàng 0,14 mm) trong cát tới lượng nước yêu cầu cho thấy khi tăng lượng hạt mịn thì lượng nước yêu cầu có xu hướng tăng theo. Khi lượng hạt mịn lớn hơn 35 % thì mức độ tăng lượng nước yêu cầu cao hơn so với khi lượng hạt mịn nhỏ hơn 35 %. Mức độ hao tổn xi măng so với khi dùng cát thô ($M_{dl}=2,5$) của cát mịn ($M_{dl} < 0,7$) thì vượt quá 14 %. Do đó, đã khuyến cáo chỉ nên sử dụng các loại cát mịn có mô đun độ lớn lớn hơn 0,7 và hàm lượng hạt mịn nhỏ hơn 35 % trong chế tạo bê tông. Đề tài cũng đề cập đến việc sử dụng phụ gia dẻo hóa như một biện pháp tiết kiệm xi măng. Tuy nhiên, đây mới chỉ là các nghiên cứu bước đầu, vai trò của phụ gia dẻo hóa khi sử dụng cát mịn chưa được xác định rõ rệt. Nghiên cứu này đã khẳng định tính khả thi của việc sử dụng cát mịn để chế tạo bê tông có cường độ tới 30 MPa với độ sụt tới 12,0 cm và là cơ sở biên soạn tiêu chuẩn TCXD 127:1985 [45].

Những năm 90 của thế kỷ XX, nghiên cứu [63], [64], đã sử dụng cát mịn sông Hồng có mô đun độ lớn từ 1,1 đến 1,72 trong các hỗn hợp bê tông cấp phối gián đoạn với các mức ngậm cát khác nhau từ $(19 \div 40)$ %, tỷ lệ N/X từ $(0,40 \div 0,55)$, lượng dùng xi măng từ $(233 \div 526)$ kg/m³, cho thấy độ sụt của các hỗn hợp bê tông có thể thay đổi từ $(0 \div 18)$ cm, cường độ đạt từ $(28 \div 50)$ MPa. Các hỗn hợp bê tông có độ sụt cao phải sử dụng cốt liệu có mức ngậm cát lớn, và lượng dùng xi măng lớn. Tuy nhiên, các hỗn hợp này có xu hướng phân tầng. Trong các hỗn hợp bê tông có độ sụt thấp có thể sử dụng cốt liệu có mức ngậm cát nhỏ và lượng dùng xi măng tương đối nhỏ. Mặc dù, các hỗn hợp này có độ sụt thấp hoặc không có độ sụt, nhưng chúng có thể được lèn chặt tương đối dễ dàng bằng bàn rung chấn động.

Năm 2005, các nghiên cứu sử dụng cát mịn để chế tạo bê tông cường độ cao tại Đại học Xây dựng Hà Nội, đã được tiến hành với hệ phụ gia bao gồm phụ gia khoáng và phụ gia siêu dẻo [62]. Cát mịn sử dụng trong nghiên cứu có mô đun độ lớn 1,08; phụ gia khoáng là tro trấu chứa khoảng 87 % SiO₂ có lượng mất khi nung 5,14 %. Nhờ sử dụng phụ gia siêu dẻo nên các cấp phối được nghiên cứu với tỷ lệ $(N/X = 0,30 \div 0,34)$, có độ sụt đạt từ $(15 \div 23)$ cm. Trong nghiên cứu này, các tác giả tập trung làm rõ ảnh hưởng của phụ gia tro trấu với lượng thay thế xi măng theo khối lượng đến 20 % tới cường độ và sự phát triển của bê tông sử dụng hai loại xi măng có hoạt tính và độ mịn khác nhau. Các cấp phối thí nghiệm cũng được dùng trong mô hình toán nhằm làm rõ tính ưu việt của việc thay thế xi măng bằng phụ gia tro trấu để hình thành chất kết dính có cấp phối gián đoạn. Nhờ đó, có thể cải thiện cường độ chịu nén của bê tông để đạt được giá trị cường độ tới 98 MPa (với mẫu lập phương 10x10x10 cm). Tuy nhiên, trong nghiên cứu này tỷ lệ cát trên cốt liệu được giữ ở mức cố định 30 % nên chưa làm rõ được lượng dùng tối ưu của cát mịn trong bê tông cường độ cao.

Năm 2006, thì cát biển Vũng Tàu và Bình Thuận với mô đun độ lớn tương ứng 0,95 và 1,31 và hàm lượng NaCl khoảng 0,06 %, đã được nghiên cứu để chế tạo bê tông xi măng dùng trong xây dựng đường ô tô [10]. Sử dụng cát mịn trên thay thế cát thô ($M_{dl}=2,51$) làm giảm cường độ chịu nén và chịu kéo khi uốn của bê tông (chỉ đạt từ 90 % đến 92 % so với bê tông sử dụng cát thô). Khi tăng khoảng $(8 \div 10)$ % xi măng

thì cường độ chịu nén của bê tông sử dụng cát biển sẽ tương đương cát thô. Mô đun đàn hồi khi nén tĩnh của bê tông sử dụng cát biển đạt khoảng từ (90÷ 94) % và độ mài mòn lớn hơn khoảng 12 % so với bê tông sử dụng cát thô. Nghiên cứu này cũng khẳng định vai trò của phụ gia giảm nước trong bê tông cát mịn, sử dụng phụ gia không những cải thiện được các tính chất của bê tông mà còn nâng cao cường độ bê tông có cùng lượng dùng xi măng lên khoảng 6 %. Các kết quả nghiên cứu cho thấy cát biển có thể dùng để chế tạo bê tông xi măng dùng xây dựng lớp móng mặt đường cấp cao, lớp mặt của mặt đường ô tô cấp thấp và mặt đường của đường nông thôn các tỉnh ven biển. Cũng trong năm 2006, nghiên cứu [28], đã sử dụng cát đen sông Hồng trong chế tạo bê tông cường độ thấp, và đề xuất cát mịn có mô đun độ lớn bằng 1,1 được sử dụng để chế tạo bê tông với cường độ yêu cầu trên 10 MPa. Các tác giả cũng đề xuất sử dụng phương pháp đầm lã cho thi công bê tông cường độ thấp sử dụng cát mịn.

Đến năm 2010, đã có nghiên cứu sử dụng cát mịn và hỗn hợp phụ gia khoáng tro trấu - xỉ lò cao để chế tạo bê tông cường độ cao [13]. Trong đề tài nghiên cứu, đã sử dụng cát mịn sông Hồng ($M_{dl} = 1,56$), đá Đồng Ao - Hà Nam, xi măng PC40 Bút Sơn, xỉ lò cao nghiền mịn từ nhà máy gang thép Thái Nguyên, tro trấu, phụ gia siêu dẻo Glenium ACE 388 SureTec. Các hỗn hợp bê tông cấp phối gián đoạn trong nghiên cứu với mức ngậm cát tối ưu là 28 %, tỷ lệ N/CKD từ 0,25 đến 0,37, lượng dùng CKD là 550 kg/m^3 (trong đó lượng dùng xi măng từ $266 \div 339 \text{ kg/m}^3$), độ sụt có thể thay đổi từ 17,5 cm đến 18,5 cm, cường độ chịu nén của bê tông ở tuổi 28 ngày đạt được từ (67 ÷ 80) MPa, mức độ thấm ion Clo rất thấp.

Năm 2012, tác giả [6], đã nghiên cứu sử dụng cát đen Sông Hồng mô đun độ lớn bằng 1,0; 1,5; 2,0 và có tính công tác D3, D4 để sản xuất bê tông cường độ 40 MPa cho các công trình trên địa bàn Hà Nội.

Theo [11], [12], năm 2013 đã nghiên cứu cát mịn Đồng bằng sông Cửu Long ($M_{dl} = 1,21$) trong chế tạo bê tông, với tỷ lệ cát trên cốt liệu từ (0,34÷0,40). Bằng mô hình toán, trên cơ sở quy hoạch thực nghiệm cho thấy tỷ lệ này có ảnh hưởng đáng kể tới tính công tác nhưng lại không ảnh hưởng tới cường độ của bê tông. Nghiên cứu đối chứng với bê tông có cấp phối tương tự nhưng sử dụng cát có mô đun độ lớn 2,71 và

tỷ lệ ($N/X = 0,40 \div 0,60$). Kết quả cho thấy khi sử dụng cát mịn thì độ sụt giảm khoảng từ ($23 \div 25$) % nhưng mức độ suy giảm độ sụt theo thời gian lại ít hơn, cường độ chịu nén suy giảm khoảng ($9 \div 15$) %, mô đun đàn hồi giảm ($5 \div 7$) %. Bê tông cát mịn có độ co tuyệt đối cao hơn so với bê tông cát thường ở tuổi 60 ngày, độ co của bê tông cát mịn bằng khoảng ($106 \div 110$) % so với độ co của bê tông cát thô. Bê tông cát mịn có độ hút nước và độ thấm ion clorua (giá trị điện lượng truyền qua) cao hơn bê tông cát thô, nhưng độ chống thấm lại có giá trị tương đương (suy giảm ở tỷ lệ N/X cao).

Nghiên cứu về việc sử dụng cát mịn làm cốt liệu trong bê tông cát, năm 2010 tác giả [21], đã nghiên cứu thành phần, tính chất cơ học và khả năng ứng dụng bê tông cát để xây dựng đường ô tô ở Việt Nam. Trong đề tài tác giả đã dùng cát có mô đun độ lớn 1,73 sử dụng cho bê tông cát, kết quả nghiên cứu cho thấy cường độ chịu nén của bê tông ở tuổi 28 ngày đã đạt được giá trị từ ($30 \div 40$) MPa.

Trong lĩnh vực sản xuất các sản phẩm cấu kiện bê tông, cát mịn cũng được sử dụng khá phổ biến. Tại Công ty cổ phần VLXD Sông Đáy, đã sử dụng cát mịn sông Hồng ($M_{dl} = 1,2 \div 1,5$), xi măng PCB40 Tam Điệp, xi măng PCB40 Nghi Sơn, mặt đá vôi ($< 5\text{mm}$), đá ($D_{max} = 20\text{ mm}$) - Hà Nam, phụ gia Selfill và Daltonmat RDHP, để sản xuất ống cống từ $D300 \div D2500$; hố ga; cống hộp kích thước từ ($1000 \div 3000$) mm, cường độ chịu nén ở tuổi 28 ngày đạt giá trị bằng 34,2 MPa; để cống, bó vỉa cường độ chịu nén ở tuổi 28 ngày đạt giá trị bằng 25,1 MPa. Sản phẩm cống tròn, cống hộp luôn đạt chất lượng tốt, đảm bảo yêu cầu kỹ thuật theo tiêu chuẩn TCVN 9113 : 2012 [41], TCVN 9116 : 2012 [42], ASTM C76M-05 [56]. Cũng tại Công ty cổ phần Sông Đáy – Hồng Hà Dầu Khí, đã sử dụng cát mịn Sông Hồng ($M_{dl} = 1,5$) dùng để sản xuất gạch block bê tông khí chưng áp (AAC) cấp cường độ nén 3 và 4.

Nghiên cứu và sử dụng bê tông cát mịn ở Việt Nam cho thấy so với cát thô, cát mịn sử dụng trong bê tông có một số nhược điểm nhất định. Do đó, các nghiên cứu trước đây bê tông cát mịn chỉ dùng cho các kết cấu chịu lực thông thường và cường độ chịu nén là chủ yếu, khi đó vật liệu xi măng thông dụng là PC30 và phụ gia hoá dẻo thông thường, nên cát mịn được khuyến cáo chỉ dùng cho bê tông có cường độ chịu nén nhỏ hơn 30 MPa. Tuy nhiên, hiện nay với tiến bộ khoa học kỹ thuật thì các nhược

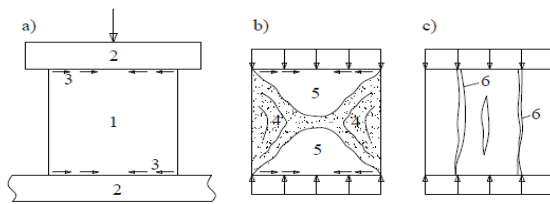
điểm của cát mịn so với cát thô có thể khắc phục và chế tạo được bê tông có cường độ chịu nén trên 30 MPa cùng với các tính chất khác thỏa mãn yêu cầu để sử dụng cho nhiều dạng kết cấu vận hành trong các điều kiện khác nhau. Để thực hiện được điều đó, cần xác định được cơ sở khoa học của việc sử dụng cát mịn trong chế tạo bê tông và được kiểm chứng bằng thực nghiệm các cơ sở lý thuyết này. Qua đó, có thể đề xuất các biện pháp công nghệ nhằm khắc phục các điểm hạn chế, phạm vi áp dụng của cát mịn trước đây và được cụ thể hóa thành các hướng dẫn thực hành để áp dụng trong thực tế. Từ đó sẽ góp phần mở rộng phạm vi sử dụng của cát mịn, tận dụng được nguồn tài nguyên sẵn có và hạ giá thành sản phẩm, đem lại hiệu quả kinh tế kỹ thuật và có ý nghĩa thực tiễn lớn đối với nước ta.

Với tình hình phát triển kinh tế hiện nay của nước ta ngày một nâng cao, khiến nhu cầu đi lại ngày một nhiều hơn, đòi hỏi việc xây dựng hệ thống đường giao thông ngày một cao hơn. Đặc biệt ở các khu vực vùng sâu, vùng xa là tiền đề và có vai trò rất lớn trong phát triển kinh tế trong khu vực. Tuy nhiên, tại các vùng đó như các tỉnh đồng bằng sông Cửu long, vùng Đông bắc, Tây bắc phía bắc, Tây nguyên thì nguồn cát thô rất hiếm, cho nên nếu nghiên cứu sử dụng được bê tông cát mịn và chế tạo được bê tông cát mịn đáp ứng được yêu cầu đối với mặt đường bê tông xi măng dùng cho đường quốc lộ, tỉnh lộ, giao thông nông thôn, đường nội thị, đô thị, đặc biệt là các công trình giao thông dọc theo ven sông Hồng... thì rất có ý nghĩa và đem lại hiệu quả kinh tế cao. Đây là cơ sở để luận án hướng tập trung hướng nghiên cứu vấn đề sử dụng cát mịn trong bê tông làm đường, cụ thể dùng cho mặt đường bê tông xi măng đường các cấp, khi đó cường độ chịu kéo khi uốn và độ mài mòn của bê tông cát mịn cần được nghiên cứu là chủ yếu. Thực tế hiện nay, thì mặt đường bê tông xi măng thường được thi công theo công nghệ đầm lăn và đầm rung, trong điều kiện ở Việt Nam nhất là các khu vực vùng sâu, vùng xa, các khu vực Tây bắc có địa hình phức tạp thì công nghệ đầm rung có thể xem là hợp lý hơn. Do đó, trong luận án hướng tập trung vào phương pháp thi công theo công nghệ đầm rung bình thường.

❖ *Nghiên cứu về cường độ chịu kéo khi uốn và độ mài mòn của bê tông cát mịn cũng đã có một số công trình nghiên cứu trên thế giới và ở Việt Nam. Những nội dung, quy luật nổi bật có thể rút ra từ những nghiên cứu đó áp dụng vào trong luận án, cụ thể là:*

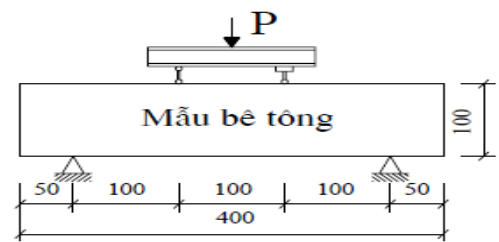
- Việc phối hợp cát mịn với đá dăm sẽ dẫn tới hỗn hợp cốt liệu có cấp phối gián đoạn. Nhiều công trình nghiên cứu cho thấy có thể sử dụng hỗn hợp cốt liệu cấp phối gián đoạn với cát mịn để chế tạo bê tông chất lượng tốt. Đặc điểm của bê tông cấp phối gián đoạn là nó có khối lượng thể tích lớn hơn so với bê tông cấp phối liên tục [78] do chứa nhiều hơn cốt liệu lớn, lượng ngậm cát (tỷ lệ cát/cốt liệu) nhỏ hơn, hơn nữa cấp phối hạt tối ưu của hỗn hợp cốt liệu cấp phối gián đoạn còn phụ thuộc vào lượng hồ xi măng trong hỗn hợp bê tông [72]. Một đặc điểm khác của hỗn hợp bê tông sử dụng cấp phối gián đoạn với cát mịn là hỗn hợp này dễ lèn chặt hơn so với hỗn hợp bê tông cấp phối liên tục có cùng độ sụt [63]. Ngoài ra do xu hướng dễ phân tầng nên hỗn hợp bê tông cấp phối gián đoạn thường được chế tạo với độ sụt thấp [74], tính chất này rất phù hợp khi sử dụng cho bê tông làm đường.

- Theo [30], khi bê tông chịu tải trọng nén, ngoài biến dạng co ngắn theo phương tác dụng của lực, bê tông còn bị nở ngang Hình 1.1. Thông thường chính sự nở ngang quá mức làm bê tông bị nứt và bị phá vỡ. Nếu hạn chế được mức độ nở ngang của bê tông có thể làm tăng khả năng chịu nén của nó. Theo [27], [81] khi bê tông chịu tải trọng kéo khi uốn Hình 1.2, toàn bộ mặt cắt tiết diện cùng tham gia chịu lực, biểu đồ biểu diễn quá trình biến dạng là hình chữ nhật được chia thành hai vùng gồm vùng kéo và vùng nén. Khi tải trọng uốn tăng lên, trục trung hòa của tiết diện sẽ nâng dần lên, diện tích chịu nén sẽ giảm dần. Trong thờ chịu kéo, ứng suất kéo đạt đến cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông thì vết nứt bắt đầu xuất hiện. Chúng được mở rộng đến giá trị cực đại và kết cấu bị phá hoại.



Hình 1.1. Sự phá hoại mẫu thử nén của bê tông

1- mẫu; 2 – bàn máy nén; 3- ma sát; 4- bê tông bị ép vụn;
5 – hình tháp phá hoại; 6 – vết nứt dọc trong mẫu



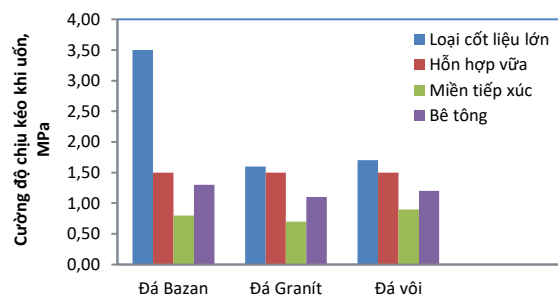
Hình 1.2. Thí nghiệm xác định cường độ chịu kéo khi uốn của mẫu bê tông

Do đó, có thể thấy rằng cơ chế phá hoại của bê tông khi chịu nén hoàn toàn khác cơ chế phá hoại khi chịu kéo khi uốn. Diện tích phá hủy của cường độ chịu nén rộng hơn nhiều so với diện tích phá hủy của cường độ chịu kéo khi uốn. Mặt khác, cường độ chịu nén, cường độ chịu kéo khi uốn chịu ảnh hưởng đặc điểm cấu trúc của bê tông ở một mức độ khác nhau, từ đó có thể thấy rằng khả năng ảnh hưởng của tỷ lệ cát/cốt liệu (hệ số dư vữa) và tỷ lệ X/N đến cường độ chịu nén, cường độ chịu kéo khi uốn khác nhau nên giá trị hệ số dư vữa hợp lý và quan hệ tỷ lệ X/N đối với cường độ chịu nén, đối với cường độ chịu kéo khi uốn có thể khác nhau.

- Theo [17], có thể coi bê tông được cấu tạo từ hỗn hợp vữa và cốt liệu lớn. Khi đó, cường độ bê tông chịu ảnh hưởng của các yếu tố chính sau: a) Độ dính kết ở miền tiếp xúc giữa cốt liệu lớn và thành phần vữa; b) Cường độ cốt liệu lớn; c) Cường độ thành phần vữa; d) Mật độ cốt liệu lớn và vữa. Đối với cường độ chịu kéo khi uốn dưới tác dụng của tải trọng tùy theo tính chất của hỗn hợp vữa và cốt liệu lớn mà lực kéo sẽ xuất hiện các dạng phá hoại khác nhau trên các thiết diện chịu kéo của bê tông.

Nghiên cứu về sự phối hợp làm việc giữa cốt liệu lớn, hỗn hợp vữa và cường độ miền tiếp xúc giữa cốt liệu lớn và vữa trong việc tạo ra cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông [68], cho thấy với các loại cốt liệu lớn khác nhau (đá bazan, đá granit, đá vôi) thì cường độ chịu kéo khi uốn miền tiếp xúc là thấp nhất, sau đó đến cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông, của hỗn hợp vữa, và cường độ chịu kéo khi uốn của cốt liệu lớn là cao nhất Hình 1.3. Mặt khác, theo [1], [20], [32], bê tông là loại vật liệu

composit không đồng nhất gồm ba pha: đá xi măng tạo thành khi hồ xi măng rắn chắc, cốt liệu, và vùng chuyển tiếp giữa cốt liệu và đá xi măng. Cường độ của bê tông phụ thuộc vào cường độ của đá xi măng và cốt liệu, và lực liên kết giữa hai pha này.



Hình 1.3. Sự phụ thuộc R_{kt} của bê tông vào cường độ chịu kéo khi uốn của cốt liệu lớn, hỗn hợp vữa và lực dính kết giữa cốt liệu lớn và hỗn hợp vữa.

Sự phá hủy bê tông dưới tác động của tải trọng sẽ bắt đầu ở phần yếu nhất của một trong ba pha trên. Do đó, nguyên tắc cơ bản để tăng cường độ của bê tông nói chung đặc biệt tăng cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông cát mịn nói riêng là nâng cao cường độ đá xi măng, cải thiện cấu trúc vùng chuyển tiếp giữa đá xi măng và cốt liệu, và lựa chọn cốt liệu có chất lượng tốt.

❖ *Nâng cao cường độ của đá xi măng*

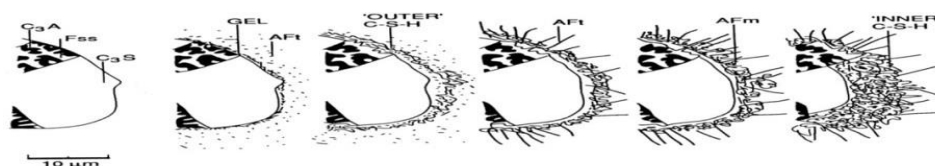
Theo [1], cường độ của đá xi măng phụ thuộc vào các yếu tố sau:

- Độ rỗng: Các lỗ rỗng trong đá xi măng có kích thước lớn hơn 50 μm , nhất là khi chúng tập trung tại một khu vực sẽ có ảnh hưởng xấu đến cường độ.
- Kích thước hạt: Nói chung, cường độ của pha tinh thể tăng lên khi giảm kích thước hạt tinh thể. Ở đây đá xi măng được coi là vật liệu có cấu trúc tinh thể.
- Độ đồng nhất: Trong vật liệu nhiều pha sự không đồng nhất về mặt cấu trúc là nguyên nhân làm giảm cường độ.

Như vậy, để nâng cao cường độ của đá xi măng thì cần phải cải thiện cấu trúc của đá xi măng bằng cách tác động vào ba yếu tố nói trên.

(a) Độ rỗng: khi các hạt xi măng tiếp xúc với nước, các khoáng trong xi măng sẽ hoà tan vào dung dịch, pha lỏng sẽ bão hoà bởi các ion khác nhau. Trong dung dịch các ion kết hợp với nhau tạo thành các sản phẩm thuỷ hoá lấp đầy các khoảng trống mà trước đó bị nước chiếm chỗ. Tại bất kỳ thời điểm nào của quá trình thuỷ hoá, những khoảng trống chưa được lấp đầy giữa các hạt xi măng sẽ bao gồm các hốc, các lỗ rỗng mao quản. Cùng với sự thuỷ hoá của xi măng và giảm độ rỗng mao quản thì sự truyền ẩm

trong hệ sẽ ngày càng khó khăn. Do đó, quá trình thủy hoá tiếp theo của các hạt xi măng có kích thước lớn là một quá trình rất chậm thông qua các phản ứng pha rắn. Các sản phẩm thủy hoá tạo thành ở giai đoạn đầu khi trong hệ xi măng-nước còn rất nhiều nước và nhiều khoảng trống là những cụm tinh thể lớn. Vì các sản phẩm thủy hoá ở giai đoạn đầu kết tinh trong các khoảng trống chứa đầy nước bao quanh các hạt xi măng (tức là bên ngoài giới hạn của hạt xi măng đang thủy hoá) nên người ta gọi chúng là sản phẩm thủy hoá ngoài. Các sản phẩm thủy hoá ngoài sắp xếp không chặt chẽ và có kích thước tinh thể lớn. Ngược lại, các sản phẩm thủy hoá sinh ra từ các phản ứng pha rắn tạo thành ngay trên bề mặt hạt xi măng được gọi là sản phẩm thủy hoá trong. Các sản phẩm thủy hoá trong sắp xếp chặt hơn và kết tinh kém hơn so với sản phẩm thủy hoá ngoài. Sự hình thành sản phẩm thủy hoá trong và sản phẩm thủy hoá ngoài trong quá trình thủy hoá của xi măng poóc lăng có thể biểu diễn bằng sơ đồ trên Hình 1.4 [82].



Hình 1.4: Sự phát triển cấu trúc trong quá trình thủy hoá xi măng poóc lăng
 “OUTER” C-S-H = C-S-H “ngoài”; “INNER” C-S-H = C-S-H “trong”;
 Fss = Aluminoferrite canxi; AFt = Các pha hydrosulfoaluminat canxi;
 AFm = Các pha hydrosulfoaluminoferrite canxi

Theo Mehta và Monteiro [77], các sản phẩm thủy hoá có mức độ kết tinh càng thấp và sắp xếp càng chặt chẽ thì cường độ của đá xi măng càng cao. Do đó, để tăng cường độ của đá xi măng thì cần tạo được cấu trúc chứa nhiều sản phẩm thủy hoá trong bằng cách triệt tiêu sản phẩm thủy hoá ngoài.

Tổng thể tích các lỗ rỗng và thành phần kích thước lỗ rỗng là yếu tố quan trọng nhất ảnh hưởng tới cường độ của bê tông. Các lỗ rỗng trong đá xi măng có nhiều kích thước khác nhau từ cỡ nanomet (lỗ rỗng vi mô) đến micromet (lỗ rỗng mao quản) và đến cỡ milimet (các bọt khí). Thể tích và thành phần kích thước của hệ thống các lỗ rỗng phụ thuộc vào cấu trúc của sản phẩm thủy hoá, lượng nước nhào trộn sử dụng, hàm lượng khí cuốn vào, và mức độ lèn chặt hỗn hợp. Feret cho rằng yếu tố chính ảnh hưởng đến

độ rỗng của đá xi măng là tỷ lệ giữa thể tích nước nhào trộn, thể tích các khoáng xi măng sẽ thủy hoá, và lượng không khí cuốn vào khi trộn. Điều này được ông thể hiện trong công thức sau đây:

$$f_c = k \left(\frac{c}{c+w+a} \right)^2$$

Trong đó:

- f_c là cường độ của đá xi măng
- c, w, a tương ứng là thể tích của xi măng, nước và không khí
- k là hằng số phụ thuộc vào loại xi măng

Có thể biến đổi công thức Feret như sau:

$$f_c = k \frac{1}{(1+(w/c)+(a/c))^2}$$

Vì trong đá xi măng, thể tích không khí cuốn vào thường chỉ có (1÷2) %, nên số hạng (a/c) rất nhỏ có thể bỏ qua. Do đó công thức Feret có dạng:

$$f_c = k \frac{1}{(1+(w/c))^2}$$

Qua công thức này có thể thấy là muốn tăng cường độ đá xi măng thì phải giảm tỷ lệ nước/xi măng. Khi tỷ lệ N/X của hồ xi măng giảm, các hạt xi măng sẽ xích lại gần nhau hơn khi đó các sản phẩm thủy hoá ngoài dễ dàng đan xen với nhau tạo thành cầu nối liên kết giữa các hạt xi măng. Điều này có thể giải thích tại sao hồ xi măng với tỷ lệ N/X thấp trong quá trình rắn chắc sẽ phát triển cường độ nhanh hơn. Mặt khác, khi các hạt xi măng xích lại gần nhau và liên kết với nhau với tốc độ nhanh thì sự truyền ẩm trong hệ sẽ trở nên khó khăn hơn, thúc đẩy sự hình thành các sản phẩm thủy hoá trong. Như vậy, để làm giảm độ rỗng mao quản của đá xi măng thì phải giảm đến mức có thể lượng không khí cuốn vào và tỷ lệ N/X.

(b) Giảm kích thước hạt của sản phẩm thủy hoá: việc giảm tỷ lệ N/X sẽ thúc đẩy sự hình thành các sản phẩm thủy hoá trong đặc trưng bằng cấu trúc hạt mịn.

(c) Tăng độ đồng nhất: các bọt khí cuốn vào có thể được coi như thành phần không đồng nhất về cấu trúc trong đá xi măng, do đó trong bê tông phải tìm cách giảm thiểu thể tích của các bọt khí này. Điều này có thể đạt được bằng cách áp dụng chế độ lèn chặt thích hợp. Một yếu tố khác gây ra sự không đồng nhất đó là xu hướng đông tụ của các hạt xi măng khi trộn với nước. Về mặt này, việc sử dụng phụ gia siêu dẻo là rất quan trọng, vì ngoài tác dụng giảm tỷ lệ N/X phụ gia siêu dẻo còn đóng vai trò quyết định trong việc phân tán đồng đều các hạt xi măng trong hồ xi măng.

❖ *Nâng cao chất lượng cốt liệu*

Một trong những yếu tố quyết định đến các tính chất cơ lý của bê tông phải đề cập đến chất lượng và độ đồng nhất của bộ khung cốt liệu.

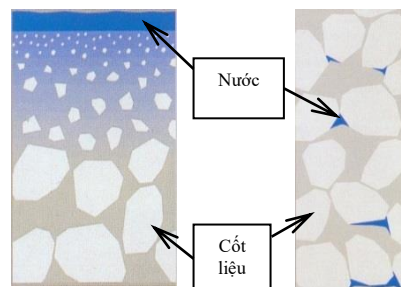
Cốt liệu phải lựa chọn từ các loại đá có độ đặc chắc lớn, cường độ cao và quan trọng có độ ổn định và đồng nhất cao. Theo nghiên cứu [19], để nâng cao chất lượng và độ đồng nhất của bộ khung cốt liệu cần phải giảm đường kính của cốt liệu sẽ làm giảm thiểu được các khuyết tật như các lỗ rỗng cũng như các vết nứt, làm tăng độ đặc chắc và cường độ vùng tiếp xúc giữa đá xi măng và cốt liệu. Vì vậy tải trọng sẽ truyền đều qua các hạt trong hỗn hợp thay vì truyền qua các hạt cốt liệu lớn, khi đó sẽ làm giảm chênh lệch ứng suất giữa các hạt cốt liệu và đá xi măng. Đồng thời lực sẽ được phân bố đều trên các hạt, sẽ làm giảm chênh lệch về ứng suất kéo và ứng suất cắt trên bề mặt [89]. Thành phần hạt cốt liệu phải đảm bảo độ rỗng nhỏ nhất, độ đặc chắc cao nhất, cấu trúc hỗn hợp ổn định và có cường độ cao. Khi bộ khung cốt liệu có hình dạng cốt liệu đồng đều, hàm lượng hạt dẹt cường độ yếu ít, sẽ tạo thành cấu trúc bộ khung cốt liệu ổn định và thuận lợi khi thi công kết cấu.

❖ *Nâng cao chất lượng vùng chuyển tiếp giữa đá xi măng và cốt liệu*

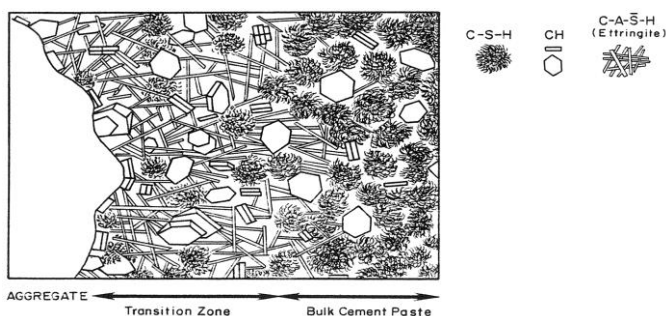
Trong hỗn hợp bê tông khi tạo hình thường hay xuất hiện một lớp nước trên bề mặt bê tông. Đó là do các hạt cốt liệu nặng hơn có xu hướng chìm xuống đáy, còn nước nhẹ hơn nổi lên trên bề mặt, hiện tượng này gọi là sự tách nước. Nước cũng có thể tụ tập ở dưới các hạt cốt liệu lớn hoặc các thanh cốt thép, gây ra hiện tượng tách nước bên trong. Kết quả là tỷ lệ N/X của hồ xi măng ở vùng sát ngay cốt liệu, tức là vùng chuyển tiếp, cao hơn nhiều so với tỷ lệ N/X của hồ xi măng ở những vùng khác cách

xa bề mặt cốt liệu. Hiện tượng tách nước trong hỗn hợp bê tông có thể biểu diễn bằng sơ đồ trên Hình 1.5 [65].

So với đá xi măng ở các vùng khác, cấu trúc của đá xi măng ở vùng chuyển tiếp được đặc trưng bằng độ rỗng lớn hơn và sự hiện diện của sản phẩm thủy hoá dạng tinh thể hạt thô, chủ yếu là hydrôxit canxi và ettringite. Mô hình mô tả cấu trúc của vùng chuyển tiếp giữa đá xi măng và cốt liệu trong bê tông được thể hiện trên Hình 1.6 [76].



Hình 1.5. Hiện tượng tách nước, phân tầng trong hỗn hợp bê tông



Hình 1.6. Mô hình vùng chuyển tiếp giữa đá xi măng và cốt liệu trong bê tông

Aggregate = Cốt liệu;

Transition Zone = Vùng chuyển tiếp;

Bulk Cement Paste = Đá xi măng ở khu vực cách xa cốt liệu.

Trong bê tông thông dụng, vùng chuyển tiếp thường có chiều dày khoảng (50÷100) μm , chứa các lỗ rỗng tương đối lớn và các tinh thể lớn của sản phẩm thủy hoá nên có cường độ thấp hơn so với đá xi măng ở khu vực cách xa cốt liệu. Do đó, khi bê tông chịu tải, ứng suất sinh ra sẽ làm xuất hiện các vết nứt trước tiên ở vùng chuyển tiếp. Với bê tông thông dụng có tỷ lệ N/X tương đối lớn (N/X từ 0,5 đến 0,7), ứng suất kéo do co ngót khi bê tông mất nước và biến dạng nhiệt thậm chí có thể gây ra các vết nứt tế vi ở vùng chuyển tiếp, ngay cả khi bê tông không chịu tải.

Khi trong vùng chuyển tiếp còn hiện diện các lỗ rỗng lớn và các vết nứt tế vi, thì cường độ của cốt liệu sẽ không có tác dụng hữu ích gì đến cường độ của bê tông, vì lúc đó hiệu ứng truyền ứng suất giữa đá xi măng và cốt liệu rất nhỏ. Tình hình sẽ khác khi cường độ của vùng chuyển tiếp này, bằng cách nào đó được cải thiện sao cho khi tải trọng tăng dần làm vùng này không phải là nơi bị phá huỷ đầu tiên. Trong điều kiện đó, cường độ và tính chất đàn hồi của cốt liệu sẽ ảnh hưởng đáng kể đến cường độ của

bê tông. Giảm lượng dùng cốt liệu lớn tăng lượng dùng cát (tăng hệ số dư vữa) kết hợp sử dụng phụ gia siêu dẻo gốc polycarboxylate có thể giảm được các khuyết tật như các lỗ rỗng, các vết nứt và giảm được tỷ lệ N/X, sẽ cải thiện cấu trúc vùng chuyển tiếp, giảm chiều dày và làm tăng cường độ của vùng này.

- Cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông sử dụng cát mịn thấp hơn so với cát thô, vì khi sử dụng cát mịn so với sử dụng cát thô cần tăng lượng nước nhào trộn để hỗn hợp bê tông đạt cùng độ sụt và tăng lượng dùng xi măng để đạt được cùng cường độ. Với việc sử dụng cát mịn trong bê tông, thành phần cấp phối hạt của cốt liệu trong bê tông trở nên gián đoạn, điều này ảnh hưởng đến một số tính chất như hiện tượng tách nước, tách vữa phân tầng trong hỗn hợp bê tông... vấn đề này có thể dễ dàng khắc phục bằng việc sử dụng phụ gia siêu dẻo gốc polycarboxylate kết hợp với gia tăng hệ số dư vữa thì có thể giảm được tỷ lệ N/X, phân tán đồng đều các hạt xi măng trong hồ xi măng, giảm kích thước và hàm lượng bọt khí trong hỗn hợp bê tông, giảm khuyết tật như các lỗ rỗng các vết nứt, cải thiện được cấu trúc và nâng cao được cường độ vùng chuyển tiếp giữa đá xi măng và cốt liệu. Từ đó theo [68], có thể nâng cao được cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông sử dụng cát mịn tương đương cát thô.

- Cát mịn ảnh hưởng tiêu cực đến độ mài mòn của bê tông. Đối với bê tông mặt đường, độ mài mòn là một trong những chỉ tiêu kỹ thuật quan trọng. Để bê tông được dùng làm mặt đường cao tốc, cấp I cấp II, cấp III độ mài mòn phải nhỏ hơn $0,3 \text{ g/cm}^2$ và cấp IV trở xuống độ mài mòn cần phải nhỏ hơn $0,6 \text{ g/cm}^2$.

Các nghiên cứu [86], [87], đã chỉ ra một số yếu tố chính ảnh hưởng đến độ chịu mài mòn của bê tông, bao gồm: cường độ bê tông, tính chất cốt liệu, lượng dùng cốt liệu, phương pháp hoàn thiện bề mặt, điều kiện bảo dưỡng, điều kiện môi trường làm việc và các đặc tính cơ lý của bê tông khối đổ. Trong đó, các nghiên cứu [79], [87], nhấn mạnh ảnh hưởng của cường độ chịu nén, các nghiên cứu [52], [75], [80], đề cập thêm ảnh hưởng của cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông, còn một số nghiên cứu khác [60], [61], chỉ tập trung vào ảnh hưởng của cường độ chịu kéo khi uốn tới độ mài mòn của bê tông.

Theo nghiên cứu [61], mài mòn xảy ra do sự chà xát của hai vật liệu và để lại các vết xước, phá hủy bề mặt. Nguyên nhân giảm khối lượng của vật liệu khi mài mòn là mất khối lượng do chà xát, xước và do bong tróc hạt vật liệu trên bề mặt. Do đó, có thể nói rằng độ mài mòn phụ thuộc chủ yếu tính chất của hạt cốt liệu, cường độ của đá xi măng cũng như liên kết giữa đá xi măng và cốt liệu. Mặc dù, cường độ của cát cao hơn cường độ của đá vôi nhưng khi chịu tác động của mài mòn, hạt cát liên kết với nền kém hơn so với hạt đá dăm (cốt liệu lớn). Đó là do kích thước của hạt cát sử dụng trong bê tông so với hạt cát mài gần như nhau và nhỏ hơn hạt đá dăm, nên khả năng hạt cát bị cát mài tác động, đẩy tách ra khỏi nền đá xi măng cao hơn hạt cốt liệu lớn.

Cát mịn khi phối hợp với đá dăm sẽ dẫn tới hỗn hợp cốt liệu có cấp phối gián đoạn. Để nâng cao khả năng chống mài mòn cho bê tông sử dụng cát mịn bên cạnh việc sử dụng phụ gia siêu dẻo giảm nước thì việc sử dụng bổ sung thêm các cỡ hạt lớn cho cát mịn như cát thô, cát nghiền, mặt đá... là một trong những giải pháp rất cần thiết. Tuy nhiên, luận án đã lựa chọn giải pháp sử dụng mặt đá vôi ($< 5\text{mm}$) kết hợp với cát mịn để nâng cao khả năng chống mài mòn của bê tông, vì giải pháp này có thể đem lại hiệu quả về kinh tế kỹ thuật là đáng kể.

Mặt đá là phế thải của quá trình sản xuất cốt liệu lớn (nghiền đá). Trong khi cát nghiền có thành phần cỡ hạt gần tương tự với cát tự nhiên, đảm bảo các yêu cầu về tính chất cơ lý, hóa và có thể thay thế hoàn toàn hoặc một phần cát tự nhiên trong bê tông và vữa xây dựng [25], [53], [70], [85], [88], thì mặt đá có thành phần biến động do không được quản lý. Ưu điểm của cát nghiền so với cát tự nhiên là độ sạch, độ hút nước thấp hơn và độ bám dính cao. Cát tự nhiên có thể bị bao phủ bởi tạp chất sét mịn có khả năng tăng tính dẻo cũng như tính liên kết dẻo trong bê tông tươi tăng nhưng lại ảnh hưởng tiêu cực đến bê tông đóng rắn [49]. Theo nghiên cứu [25], nếu được nghiền từ cùng một nguồn, thì cát nghiền có khối lượng thể tích tương tự như cốt liệu lớn, nên



Hình 1.7. Sự phá hoại mẫu bê tông khi bị mài mòn
A – mẫu bê tông ; B - bê tông bị mài mòn

hiện tượng tách vữa có phần được hạn chế. Thời gian đông kết của bê tông và vữa cũng bị ảnh hưởng bởi hàm lượng muối hòa tan và tạp chất hữu cơ có trong cốt liệu. Khi sử dụng cát nghiền cả hai hàm lượng này đều thấp, vì vậy ít ảnh hưởng đến thời gian đông kết của bê tông.

So với cát nghiền thì mặt đá có thành phần và tính chất phụ thuộc nhiều vào nguyên liệu và công nghệ sản xuất cũng như nhiều yếu tố khác và có sự biến động mạnh giữa các cơ sở sản xuất khác nhau. Tuy nhiên, phân tích tính chất mặt đá vôi Hà Nam trong nghiên cứu cho thấy mặt đá có kích thước hạt thô hơn cát thô ở kích thước mắt sàng từ 0,63 mm lên 2,5 mm và thành phần hạt nằm ngoài khoảng quy định đối với cát thô theo TCVN 7570 : 2006 [38]. Mặc dù, bản thân mặt đá có thành phần hạt không thỏa mãn yêu cầu kỹ thuật đối với cốt liệu nhỏ, nhưng khi phối hợp với cát mịn với tỷ lệ hợp lý, hoàn toàn có thể thu được hỗn hợp cốt liệu nhỏ thỏa mãn yêu cầu kỹ thuật đối với cát thô.

➤ Các nghiên cứu và phân tích trên cho thấy rằng cát mịn khi phối hợp với mặt đá thì cấp phối hạt trở nên liên tục. Khi đó tỷ diện tích bề mặt của hỗn hợp cốt liệu nhỏ giảm dẫn tới lượng cần nước của hỗn hợp bê tông giảm, khiến lượng nước nhào trộn của hỗn hợp bê tông sử dụng cát mịn tương đương với cát thô cùng tính công tác cho trước. Do đó, sử dụng hỗn hợp cát mịn phối hợp với mặt đá theo tỷ lệ thích hợp kết hợp sử dụng phụ gia siêu dẻo và hệ số dư vữa hợp lý có thể nâng cao được cường độ chịu nén, cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông so với khi sử dụng riêng cát mịn. Qua đó, có thể nâng cao khả năng chống mài mòn của bê tông.

Tổng hợp các nghiên cứu trên thế giới và ở Việt Nam, có thể thấy rằng cát mịn bước đầu đã được sử dụng làm đường bê tông xi măng các cấp. Tuy nhiên, để phát triển và mở rộng các ứng dụng này trong thực tế nhất là trong điều kiện ở Việt Nam, thì cần phải có các nghiên cứu chuyên sâu hơn nữa cũng như cần phải làm rõ thêm một trong những điểm cần quan tâm cụ thể là khi sử dụng cát mịn tồn tại một số nhược điểm như cường độ chịu kéo khi uốn và khả năng chống mài mòn của bê tông sử dụng cát mịn thấp hơn so với cát thô. Đó là do, để duy trì tính công tác tương đương như khi sử dụng cát thô, cần tăng lượng nước trộn. Nếu giữ nguyên lượng dùng xi măng, điều

này làm giảm tỷ lệ xi măng trên nước khiến cường độ và khả năng chống mài mòn bị suy giảm. Vì vậy, việc nghiên cứu nâng cao cường độ chịu kéo khi uốn và khả năng chống mài mòn của bê tông sử dụng cát mịn tương đương cát thô, đáp ứng yêu cầu kỹ thuật đối với mặt đường bê tông xi măng cho đường các cấp là rất cần thiết và có cơ sở khoa học đem lại hiệu quả về kinh tế - kỹ thuật đáng kể.

Từ đó, cho thấy một số nội dung cần nghiên cứu trong phạm vi của luận án và xét trong điều kiện ở Việt Nam như sau:

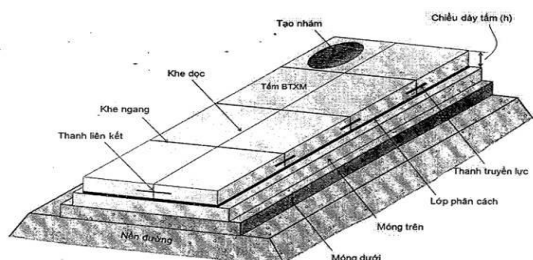
- *Nghiên cứu cơ sở lý luận nâng cao cường độ chịu kéo khi uốn và khả năng chống mài mòn của bê tông cát mịn đối với mặt đường bê tông xi măng.*
- *Nghiên cứu lựa chọn các vật liệu đầu vào.*
- *Nghiên cứu nâng cao cường độ chịu kéo khi uốn và khả năng chống mài mòn của bê tông cát mịn đối với mặt đường bê tông xi măng.*
- *Nghiên cứu một số tính chất của bê tông cát mịn đối với mặt đường bê tông xi măng*
- *Nghiên cứu ứng dụng thực tế và đánh giá hiệu quả kinh tế của bê tông cát mịn đối với mặt đường bê tông xi măng.*

1.2. Đặc điểm, tính chất của bê tông xi măng làm đường

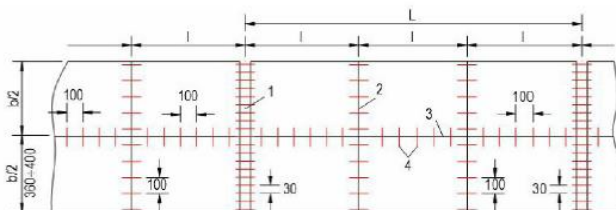
Thành phần, tính chất và yêu cầu đối với bê tông xi măng làm đường khác nhiều so với các loại bê tông nặng dùng trong xây dựng công nghiệp, dân dụng và thủy lợi.

Bê tông xi măng làm đường trực tiếp chịu tác dụng của tải trọng xe chạy, tác dụng của điều kiện khí hậu thời tiết, của điều kiện địa hình địa chất và chế độ thủy nhiệt của khu vực xây dựng đường.

Đặc điểm công nghệ của bê tông xi măng làm đường là bê tông không có cốt thép đổ tại chỗ và được đông cứng trong điều kiện tự nhiên. Việc đổ bê tông, đầm và hoàn thiện bê tông được tiến hành bằng bộ máy chuyên dụng thích hợp để thi công các hỗn hợp bê tông tương đối khô.



Hình 1.8. Sơ đồ cấu tạo mặt đường BTXM thông thường có khe nổi



Hình 1.9. Sơ đồ bố trí khe co, giãn, và khe dọc
(1 - Khe dọc, 2 - Khe co, 3 - Khe giãn, 4 - Thanh truyền lực)

Cường độ là đặc tính chủ yếu nhất của BTXM làm đường, thường được đánh giá bằng hai chỉ tiêu: cường độ chịu kéo khi uốn và cường độ chịu nén. Trong đó cường độ chịu kéo khi uốn là chỉ tiêu chủ yếu. Cường độ chịu nén dùng để đánh giá độ ổn định chống mòn của bê tông lớp mặt. Tỷ số giữa cường độ chịu kéo khi uốn và cường độ chịu nén (R_{kt}/R_n) có thể đặc trưng khả năng biến dạng của bê tông làm đường. Cường độ chịu tác dụng của tải trọng trùng phục, còn gọi là cường độ chịu mỏi, là chỉ tiêu tính toán chủ yếu của bê tông làm đường.

Để đảm bảo được quá trình thủy hóa xi măng, trong quá trình thi công cần phải để cho bê tông đông cứng trong môi trường ẩm ướt.

Độ mài mòn cũng là chỉ tiêu chủ yếu của bê tông làm đường, nó đánh giá khả năng của bề mặt đường chống lại sự mòn đi do tiếp xúc, ma sát với xe cộ và các tác nhân khác. Độ ổn định của bê tông làm đường được đánh giá bằng tuổi thọ của nó dưới tác dụng đồng thời của tải trọng và các điều kiện của môi trường xung quanh.

Tính chất biến dạng cũng là một đặc tính quan trọng của bê tông làm đường, nó đặc trưng cho khả năng biến dạng của bê tông dưới tác dụng và sự thay đổi nhiệt độ, độ ẩm. Tính chất biến dạng của bê tông đánh giá bằng trị số mô đun đàn hồi, hệ số giãn do nhiệt độ, hệ số Poatsông. Tính chất biến dạng cùng với cường độ kéo uốn của bê tông là những tham số chủ yếu của bê tông sử dụng khi tính toán mặt đường bê tông.

Mô đun đàn hồi của bê tông (E_b) đặc trưng cho khả năng biến dạng của bê tông dưới tác dụng của hoạt tải. Tuy nhiên, biến dạng của bê tông chỉ xuất hiện khi chịu tải lâu dài hoặc khi tải trọng tác dụng tức thời rất lớn (lớn hơn 0,5 tải trọng phá hoại). Trong thực tế vì giá trị của mô đun đàn hồi của bê tông (E_b) khi kéo uốn và khi nén gần giống nhau nên có thể lấy (E_b) tùy theo loại và mác bê tông.

Trị số của hệ số dẫn dài do nhiệt (α_t) của bê tông làm đường chủ yếu phụ thuộc vào thành phần cốt liệu. Giá trị hệ số Poatsông μ của bê tông làm đường cũng phụ thuộc vào tính chất của cốt liệu.

Sự co ngót của bê tông tức là sự giảm thể tích của bê tông theo thời gian, do xi măng bị co ngót thể tích và do bê tông bị mất nước khi đông cứng, là một tính chất quan trọng của bê tông, cần phải xét đến khi thiết kế và đặc biệt quan trọng khi thi công xây dựng mặt đường bê tông xi măng. Biến dạng do co ngót có thể làm xuất hiện các đường nứt nhỏ trong bê tông, làm giảm nhiều độ ổn định của mặt đường. Biến dạng co ngót phát triển mạnh nhất sau khi đổ bê tông khoảng vài giờ, lúc bê tông bắt đầu đông cứng, do đó nếu bê tông không được bảo dưỡng tốt rất dễ xuất hiện đường nứt, vì khi đó cường độ của bê tông hãy còn rất thấp. Chất lượng, khối lượng xi măng và tỷ lệ N/X trong hỗn hợp bê tông ảnh hưởng rất lớn đến độ co ngót của bê tông. Giảm tỷ lệ N/X và lượng xi măng trong một đơn vị thể tích của bê tông thì độ co ngót cũng giảm xuống. Vì vậy, giảm lượng nước trong hỗn hợp bê tông có thể giảm biến dạng do co ngót. Biến dạng do co ngót có quan hệ chặt chẽ với sự thay đổi độ ẩm của bê tông, cho nên thực hiện tốt các bước bảo dưỡng bê tông bằng cách ngăn sự bốc hơi nước trong bê tông lúc bắt đầu đông cứng là một vấn đề quan trọng [18], [29].

1.3. Đặc điểm, tính chất và yêu cầu kỹ thuật đối với mặt đường bê tông xi măng

1.3.1. Đặc điểm, tính chất đối với mặt đường bê tông xi măng

Mặt đường bê tông xi măng là loại mặt đường cứng cấp cao. Tầng mặt là tấm bê tông xi măng có độ cứng rất lớn, mô hình tính toán là: Tấm trên nền đàn hồi (nền đất và các lớp móng đường). Trạng thái chịu lực chủ yếu của tấm là chịu kéo khi uốn.

Với những ưu điểm vượt trội so với bê tông asphalt sử dụng cho mặt đường giao thông như: tuổi thọ cao hơn, chịu tải cao hơn, ít ảnh hưởng bởi biến đổi khí hậu, có hiệu quả rất lớn khi thi công trên nền đất xấu, dễ thi công không phức tạp, không đòi hỏi thiết bị công nghệ cao, tầm nhìn lái xe khi sử dụng trên mặt đường bê tông xi măng tốt, giảm văng nước, độ bám đường tốt, ít xảy ra nguy cơ tai nạn ngay cả trong trường hợp mặt đường trơn và đọng nước, công tác duy tu bảo dưỡng ít và đơn giản... Trong tương lai gần Việt Nam đã và đang thực hiện một loạt các dự án sử dụng mặt đường bê

tông xi măng đối với các công trình giao thông, trong đó có cả đường cao tốc. Nếu các dự án trên được thực hiện, nước ta sẽ có hệ thống các đường bê tông xi măng và tỷ lệ mặt đường bê tông xi măng sẽ tăng lên đáng kể.

1.3.2. Yêu cầu kỹ thuật đối với mặt đường bê tông xi măng

Theo tiêu chuẩn thiết kế 22TCN 223-95 [47], áo đường cứng là kết cấu áo đường có lớp mặt hoặc lớp móng làm bằng bê tông xi măng - loại vật liệu có độ cứng cao, đặc tính biến dạng và cường độ của nó thực tế không phụ thuộc vào sự biến đổi của nhiệt độ. Áo đường cứng được thiết kế dựa theo lý thuyết “*tấm trên nền đàn hồi*” đồng thời có xét tới sự thay đổi của nhiệt độ và của các nhân tố khác gây ra đối với tấm bê tông. Các chỉ tiêu cường độ của bê tông làm đường được quy định như sau:

- Lớp mặt đường: R_{n28} từ 30 MPa đến 40 MPa; R_{ku28} từ 4,0 MPa đến 5,0 MPa.
- Lớp móng đường: R_{n28} từ 17 MPa đến 25 MPa; R_{ku28} từ 2,5 MPa đến 3,5 MPa.

Theo điều 5.2.a, thông tư số 12/2013/TT-BGTVT "Quy định về sử dụng kết cấu mặt đường bê tông xi măng trong đầu tư xây dựng công trình giao thông" [46], quy định:

- Độ bằng phẳng: đảm bảo các yêu cầu quy định tại tiêu chuẩn TCVN 8864 : 2011; chỉ số độ gồ ghề quốc tế IRI (TCVN 8865 : 2011) [40], m/km: đường cao tốc cấp I, II, III $\leq 2,0$; các cấp đường khác $\leq 3,2$.
- Độ nhám (TCVN 8866 : 2011) : đối với đoạn đường bình thường của đường cao tốc cấp I, II, III thì $0,7 \leq H_{tb} \leq 1,10$; đối với đoạn đường đặc biệt của đường cao tốc cấp I, II, III thì $0,8 \leq H_{tb} \leq 1,20$; đối với đoạn đường bình thường của các cấp đường khác thì $0,5 \leq H_{tb} \leq 0,9$; đối với đoạn đường đặc biệt của các cấp đường khác thì $0,6 \leq H_{tb} \leq 1,0$;
- Độ mài mòn (TCVN 3114 : 1993) : đối với mặt đường BTXM đường cao tốc cấp I, II, III hoặc các đường có quy mô giao thông cực nặng, rất nặng và nặng $\leq 0,3 \text{ g/cm}^2$; đối với mặt đường BTXM đường ô tô cấp IV trở xuống hoặc các đường giao thông có quy mô giao thông trung bình và nhẹ $\leq 0,6 \text{ g/cm}^2$.

Theo “Quy định tạm thời về kỹ thuật thi công và nghiệm thu mặt đường bê tông xi măng trong xây dựng công trình giao thông” (Ban hành kèm theo Quyết định số

1951/QĐ-BGTVT ngày 17 tháng 8 năm 2012 của Bộ trưởng Bộ Giao thông vận tải) [34], quy định:

- Cường độ chịu kéo khi uốn: với mặt đường BTXM đường cao tốc, cấp I, II không nhỏ hơn 5,0 MPa, với mặt đường BTXM cấp III trở xuống không nhỏ hơn 4,5 MPa.
- Độ mài mòn: với mặt đường BTXM đường cao tốc, cấp I, II, III không lớn hơn 0,3 g/cm², với mặt đường BTXM đường cấp IV trở xuống không lớn hơn 0,6 g/cm².

1.4. Cơ sở khoa học của luận án

Theo phân tích ở phần tổng quan, nhược điểm của bê tông cát mịn là có cường độ chịu nén, cường độ chịu kéo khi uốn thấp hơn bê tông cát thô (10 ÷ 15) % khi sử dụng cùng lượng dùng xi măng và có cùng độ sụt thi công. Ngoài ra bê tông cát mịn còn có khả năng chịu mài mòn thấp, thường từ (0,3 ÷ 0,6) g/cm² so với giá trị (< 0,3 g/cm²) ở bê tông cát thô. Vì vậy, để sử dụng được cát mịn cho bê tông đường, việc nâng cao cường độ chịu kéo khi uốn và khả năng chống mài mòn của bê tông đóng vai trò quan trọng.

1.4.1. Nâng cao cường độ kéo khi uốn của bê tông

Cường độ chịu kéo khi uốn có quan hệ mật thiết với cường độ chịu nén của bê tông. Tỷ lệ giữa chúng thường được sử dụng trong tiêu chuẩn thiết kế đường bê tông là: $R_n/R_{ku} = 30/4,0; 35/4,5; 40/5,0; 50/5,5$. Theo quan hệ cường độ chịu nén (cường độ chịu kéo khi uốn) và tỷ lệ nước/xi măng (N/X) thì để nâng cao cường độ chịu nén (hoặc cường độ chịu kéo khi uốn) cần nâng cao cường độ xi măng, giảm N/X và nâng cao chất lượng cốt liệu. Trong điều kiện hiện trường cụ thể, khi xi măng thường được sử dụng là PC40 (hoặc PCB40), cốt liệu khai thác tại chỗ thì giải pháp khả thi hơn cả là giảm N/X. Với bê tông đường (thường dùng đá có $D_{max} = 40$ mm, độ sụt 2÷3 cm) thì sử dụng phụ gia giảm nước có thể bù lại phần nước tăng do cát mịn mà không phải tăng xi măng. Phụ gia giảm nước cho bê tông đường thường ít được sử dụng do e ngại chúng có thể làm giảm cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông do hiệu ứng làm mịn cấu trúc đá xi măng. Tuy nhiên, trong trường hợp sử dụng phụ gia giảm nước mạnh (như phụ gia gốc polycarboxylate) thì có thể dự kiến rằng cường độ chịu nén của bê tông sẽ tăng mạnh (30 ÷ 40) % và kéo theo nó cường độ kéo khi uốn cũng tăng, mặc dù mức tăng không kỳ vọng như mức tăng cường độ nén (có thể 20 ÷ 25% hoặc cao

hơn nếu phụ gia làm tăng được tính đồng nhất về cấu trúc của bê tông). Ngoài ra, khi chọn thành phần bê tông, việc áp dụng hệ số dư vữa cao hơn bê tông chịu nén thông thường khoảng $(0,10 \div 0,20)$ cũng làm tăng thêm $(5 \div 8)$ % cường độ chịu kéo khi uốn.

1.4.2. Nâng cao khả năng chịu mài mòn của bê tông.

Theo các nghiên cứu ở phân tổng quan, bê tông cát mịn có khả năng chống mài mòn kém do cát mịn thường chứa lượng hạt mịn ($\leq 0,14$ mm) tới 35 % so với không quá 10 % ở cát thô theo tiêu chuẩn TCVN 7570 : 2006. Đối với bê tông chịu mài mòn ASTM C33-03 [55], cũng quy định lượng hạt ($\leq 0,075$ mm) phải không lớn hơn 3 %. Cát hạt mịn này thường bong bật ra khỏi bề mặt khi có tác động chà xát hoặc mài từ bên ngoài. Để nâng cao khả năng chống mài mòn, có thể pha trộn thêm mật đá để vừa giảm bớt tỷ lệ hạt mịn trong cốt liệu nhỏ, vừa tạo khung cốt liệu chắc chắn trong vữa bê tông để giữ các hạt mịn còn lại, vừa tăng diện tích cốt liệu trực tiếp chịu mài. Ngoài ra, khả năng chịu mài mòn của bê tông cát mịn có thể được nâng cao nhờ sử dụng các cốt liệu lớn có sức kháng mài tốt như đá bazan, granit, đá vôi cường độ cao và khi tăng mật độ của chúng trong bê tông. Trong điều kiện ưu tiên sử dụng cốt liệu lớn khai thác tại chỗ, việc tăng mật độ của chúng (giảm hệ số dư vữa) lại kéo theo việc giảm cường độ kéo khi uốn của bê tông thì giải pháp sử dụng một phần mật đá từ chính các mỏ sản xuất cốt liệu lớn sẽ là phương án đáp ứng kỹ thuật và khả thi hơn cả trong thực tế.

➤ Như vậy, việc nâng cao cường độ chịu kéo khi uốn và khả năng chống mài mòn của bê tông cát mịn để làm mặt đường bê tông xi măng trong đề tài này được dựa trên giả thiết khoa học chính là:

- Sử dụng phụ gia giảm nước mạnh (phụ gia siêu dẻo gốc polycarboxylate) để nâng cao đồng thời cường độ chịu kéo khi uốn và cường độ chịu nén của bê tông;
- Sử dụng một phần mật đá phối hợp với cát mịn để nâng cao khả năng chống mài mòn và một phần cường độ chịu kéo khi uốn cho bê tông.

Trên cơ sở những nội dung đã trình bày ở trên, có thể xác định mục tiêu, đối tượng và nội dung nghiên cứu của luận án như sau:

1.5. Mục tiêu nghiên cứu

Mục tiêu nghiên cứu của luận án là nâng cao cường độ chịu kéo khi uốn và khả năng chống mài mòn của bê tông cát mịn dùng làm mặt đường bê tông xi măng tới đường cấp I.

1.6. Đối tượng và nội dung nghiên cứu

1.6.1. Đối tượng nghiên cứu

Bê tông sử dụng cát mịn và sử dụng cát mịn phối hợp với mặt đá vôi làm mặt đường bê tông xi măng thi công theo phương pháp đầm rung bình thường, cụ thể là:

- Bê tông sử dụng cát mịn: cường độ chịu kéo khi uốn lớn hơn 4,5 MPa, độ mài mòn có giá trị đạt được từ 0,3 g/cm² đến 0,6 g/cm² dùng cho mặt đường bê tông xi măng đường cấp IV trở xuống và sân bãi.
- Bê tông sử dụng mặt đá vôi phối hợp cát mịn theo tỷ lệ hợp lý: cường độ chịu kéo khi uốn lớn hơn 5,0 MPa, độ mài mòn nhỏ hơn 0,3 g/cm² dùng cho mặt đường bê tông xi măng tới đường cấp I.

1.6.2. Nội dung nghiên cứu:

- Nghiên cứu tổng quan về tình hình nghiên cứu và sử dụng bê tông cát mịn trên thế giới và ở Việt Nam để xây dựng các vấn đề khoa học cần giải quyết.
- Nghiên cứu cơ sở lý luận nâng cao cường độ chịu kéo khi uốn và khả năng chống mài mòn của bê tông cát mịn đối với mặt đường bê tông xi măng.
- Nghiên cứu lựa chọn các vật liệu đầu vào.
- Nghiên cứu nâng cao cường độ chịu kéo khi uốn và khả năng chống mài mòn của bê tông cát mịn đối với mặt đường bê tông xi măng.
- Nghiên cứu một số tính chất của bê tông cát mịn đối với mặt đường bê tông xi măng.
- Nghiên cứu ứng dụng thực tế và đánh giá hiệu quả kinh tế của bê tông cát mịn đối với mặt đường bê tông xi măng.

Chương 2: VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu sử dụng trong nghiên cứu

Một trong các yếu tố ảnh hưởng tới chất lượng của bê tông là chất lượng của các vật liệu thành phần. Đối với bê tông cát mịn dùng cho mặt đường bê tông xi măng, việc nghiên cứu lựa chọn vật liệu phù hợp càng có ý nghĩa quan trọng nhằm chế tạo bê tông thoả mãn được các yêu cầu đặt ra. Nguyên vật liệu sử dụng trong nghiên cứu được lựa chọn từ nguồn nguyên vật liệu sẵn có trong nước và các vật liệu nhập ngoại phổ biến trên thị trường Việt Nam.

Trong nghiên cứu này đề tài đã sử dụng các vật liệu chủ yếu sau đây:

- ❖ Xi măng poóc lăng hỗn hợp PCB40 của Công ty xi măng Nghi Sơn. Các chỉ tiêu về thời gian đông kết, độ mịn, độ ổn định thể tích, độ bền uốn và bền nén xi măng đều đáp ứng các yêu cầu kỹ thuật của tiêu chuẩn TCVN 6260 : 2009 [37].
- ❖ Xi măng poóc lăng PC40 của Công ty xi măng Bút Sơn. Các chỉ tiêu về thời gian đông kết, độ mịn, độ ổn định thể tích, độ bền uốn và bền nén xi măng đều đáp ứng các yêu cầu kỹ thuật của tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 2682: 2009.
- ❖ Cát dùng trong các thí nghiệm xác định cường độ của xi măng và cường độ chịu nén của vữa xi măng là cát tiêu chuẩn, thoả mãn các yêu cầu kỹ thuật của tiêu chuẩn TCVN 6227: 1996 đối với cát sử dụng để xác định cường độ của xi măng [36].
- ❖ Cốt liệu để chế tạo các mẫu bê tông thí nghiệm gồm đá dăm có kích thước hạt lớn nhất 20 mm được sản xuất từ mỏ đá vôi Đồng Ao – Hà Nam, cát thô sông Lô và cát mịn sông Hồng. Các chỉ tiêu kỹ thuật của cốt liệu đều thoả mãn yêu cầu kỹ thuật của tiêu chuẩn TCVN 7570 : 2006 [38] đối với cát và đá dăm sử dụng trong bê tông.
- ❖ Mặt đá vôi có kích thước nhỏ hơn 5 mm có nguồn gốc từ Hà Nam, thành phần hạt không đáp ứng yêu cầu kỹ thuật của tiêu chuẩn TCVN 7570 : 2006.
- ❖ Phụ gia siêu dẻo sử dụng có tên thương phẩm Daltonmat-RDHP, dạng lỏng của hãng Spemat Việt Nam. Đây là phụ gia siêu dẻo gốc Polycarboxylate, thoả mãn các yêu cầu kỹ thuật của tiêu chuẩn TCVN 8826:2011 [39].

- ❖ Nước dùng cho việc chế tạo mẫu vữa và bê tông là nước máy Hà Nội, thỏa mãn các yêu cầu kỹ thuật của tiêu chuẩn TCVN 4506 : 2012 đối với nước để trộn bê tông và vữa.

2.1.1. Xi măng

Một trong các yếu tố quan trọng ảnh hưởng tới cường độ của bê tông là mác của xi măng sử dụng. Để chế tạo bê tông cát mịn đối với mặt đường bê tông xi măng thì việc sử dụng xi măng mác hợp lý là rất cần thiết. Ở nước ta hiện nay xi măng có mác cao nhất là PC50. Tuy nhiên, loại xi măng này không phổ biến, chỉ được sản xuất với khối lượng nhỏ theo đơn đặt hàng. Vì vậy, nhằm nâng cao khả năng triển khai ứng dụng kết quả nghiên cứu, đề tài đã chọn loại xi măng poóc lăng hỗn hợp PCB40 Nghi Sơn, là một loại xi măng phổ biến và có độ ổn định cao về chất lượng để sử dụng trong nghiên cứu. Bên cạnh đó, đề tài cũng lựa chọn sử dụng xi măng poóc lăng PC40 Bút Sơn để đánh giá hiệu quả giảm nước của phụ gia siêu dẻo đối với hỗn hợp bê tông. Kết quả thí nghiệm xác định các tính chất cơ lý của xi măng được đưa ra trong Bảng (2.1, 2.2).

Bảng 2.1. Tính chất cơ lý của xi măng Nghi Sơn PCB40

STT	Chỉ tiêu	Giá trị	
1	Khối lượng riêng, g/cm ³	3,10	
2	Lượng sót trên sàng 0,09mm, %	1,9	
3	Độ dẻo tiêu chuẩn, %	28,5	
4	Độ ổn định thể tích, mm	1,0	
5	Thời gian đông kết, phút		
	Bắt đầu	130	
	Kết thúc	190	
6	Cường độ, N/mm ²		
	Ở tuổi 3 ngày	Chịu uốn	6,3
		Chịu nén	30,1
	Ở tuổi 28 ngày	Chịu uốn	8,9
Chịu nén		49,7	

Bảng 2.2. Tính chất cơ lý của xi măng Bút Sơn PC40

STT	Chỉ tiêu	Giá trị	
1	Khối lượng riêng, g/cm ³	3,10	
2	Lượng sót trên sàng 0,09mm, %	1,7	
3	Độ dẻo tiêu chuẩn, %	28,0	
4	Độ ổn định thể tích, mm	0,5	
5	Thời gian đông kết, phút		
	Bắt đầu	105	
	Kết thúc	140	
6	Cường độ, N/mm ²		
	Ở tuổi 3 ngày	Chịu uốn	7,1
		Chịu nén	31,3
	Ở tuổi 28 ngày	Chịu uốn	9,2
Chịu nén		49,8	

2.1.2. Cốt liệu nhỏ

Cát sử dụng trong nghiên cứu là cát mịn (C1, C2, C3) khai thác ở sông Hồng (Hà Nội) đã được phơi khô sàng loại bỏ các hạt trên 5 mm. Đồng thời, trong nghiên cứu cũng sử dụng mặt đá vôi Hà Nam (M) và cát thô (CV) sông Lô cũng được phơi khô sàng loại bỏ các hạt trên 5mm. Thành phần hạt, tính chất của cát và mặt đá được nêu trong các Bảng 2.3 và Bảng 2.5.

Bảng 2.3. Kết quả thí nghiệm thành phần hạt của cát mịn, cát thô và mặt đá

Kích thước lỗ sàng, mm	Lượng sót tích lũy trên sàng, % khối lượng				
	C1	C2	C3	CV	M
5	0	0	0	0	0
2,5	0	0	0	6,7	28,7
1,25	0	0	0	17,3	63,9
0,63	19,5	23,4	33,1	46,5	81,6
0,315	33,7	50,5	63,6	82,1	89,8
0,14	71,6	82,3	88,3	96,3	94,4

Bảng 2.4. Yêu cầu kỹ thuật thành phần hạt của cát (TCVN 7570 : 2006)

Kích thước lỗ sàng, mm	Lượng sót tích lũy trên sàng, % khối lượng	
	Cát thô	Cát mịn
5	--	--
2,5	Từ 0 đến 20	0
1,25	Từ 15 đến 45	Từ 0 đến 15
0,63	Từ 35 đến 70	Từ 0 đến 35
0,315	Từ 65 đến 90	Từ 5 đến 65
0,14	Từ 90 đến 100	Từ 65 đến 90
Hàm lượng lọt qua sàng 0,14, không lớn hơn	10	35

Bảng 2.5. Các chỉ tiêu cơ lý của cát mịn, cát thô và mặt đá

TT	Chỉ tiêu thí nghiệm	Đơn vị	Kết quả thí nghiệm				
			C1	C2	C3	CV	M
1	Khối lượng riêng	g/cm ³	2,63	2,64	2,66	2,67	2,76
2	Khối lượng thể tích ở trạng thái bão hoà nước, khô bề mặt	g/cm ³	2,61	2,62	2,64	2,65	2,75
3	Khối lượng thể tích ở trạng thái khô	g/cm ³	2,60	2,61	2,62	2,64	2,73
4	Khối lượng thể tích xốp	kg/m ³	1350	1370	1390	1410	1480
5	Độ hút nước	%	0,8	0,7	0,6	0,6	0,6
6	Độ hồng	%	48,1	47,5	46,9	46,6	45,8
7	Lượng hạt lớn hơn 5mm	%	0	0	0	0	0
8	Hàm lượng bụi, sét	%	1,2	1,1	0,9	0,8	0,4
9	Tạp chất hữu cơ, (so với màu chuẩn)	--	Sáng hơn	Sáng hơn	Sáng hơn	Sáng hơn	Sáng hơn
10	Mô đun độ lớn	--	1,2	1,6	1,9	2,5	3,6

Trong giai đoạn thí nghiệm khảo sát sơ bộ, đã tiến hành phối trộn cát mịn (C1, C2, C3) với mặt đá (M) theo các tỷ lệ thay thế cát mịn bằng mặt đá như sau: 20 %; 30 %; 40 %; 50 % và 60 %. Kết quả cho thấy với tỷ lệ thay thế cát mịn bằng mặt đá 40 % có thể coi là tỷ lệ thích hợp, đó là do mặt đá sử dụng trong nghiên cứu có thành phần hạt nằm ngoài khoảng quy định với các loại cát theo TCVN 7570 : 2006, và có lượng hạt nhỏ hơn 0,14 mm khoảng 5,6 %, nhưng khi phối hợp với cát mịn theo tỷ lệ thay thế 40 % cát mịn bằng mặt đá có thể thu được hỗn hợp cốt liệu nhỏ thỏa mãn yêu cầu kỹ thuật về thành phần hạt đối với cát thô. Tỷ lệ phối trộn mặt đá với cát mịn này cũng phù hợp với tỷ lệ thông dụng thường được sử dụng phổ biến trong thực tiễn hiện nay. Để đảm bảo sự ngắn gọn và tập trung vào mục tiêu nghiên cứu chính của luận án, nên quá trình

thí nghiệm trong phần khảo sát sơ bộ không đưa vào trình bày trong luận án mà được trình bày ở mục phụ lục của luận án. Do đó, luận án đã chọn và chấp nhận mật đá phối trộn cát mịn theo tỷ lệ thay thế 40 % cát mịn (C1, C2, C3) bằng mật đá (M) là tỷ lệ dùng để nghiên cứu các tính chất của hỗn hợp bê tông và bê tông sử dụng hỗn hợp cát mịn phối trộn mật đá, mặc dù tỷ lệ này chưa phải là tỷ lệ phối trộn tối ưu đối với cát loại cát mịn (C1, C2, C3). Trước khi phối trộn, cả hai loại vật liệu này đều đã được phơi khô sàng loại bỏ các hạt trên 5 mm. Tính chất của hỗn hợp cát mịn phối trộn mật đá được trình bày trong Bảng 2.6.

Bảng 2.6. Các chỉ tiêu cơ lý của hỗn hợp cát mịn phối trộn mật đá

TT	Chỉ tiêu thí nghiệm	Đơn vị	Loại cát và tỷ lệ thay thế mật đá, %		
			C1M	C2M	C3M
			40	40	40
1	Khối lượng riêng	g/cm ³	2,68	2,69	2,70
2	KLTT ở trạng thái bão hoà nước, khô bề mặt	g/cm ³	2,67	2,67	2,68
3	KLTT ở trạng thái khô	g/cm ³	2,65	2,66	2,66
4	Khối lượng thể tích xốp	kg/m ³	1410	1420	1430
5	Độ hút nước	%	0,6	0,5	0,4
6	Độ hong	%	46,8	46,6	46,2
7	Lượng hạt lớn hơn 5mm	%	0	0	0
8	Hàm lượng bụi, sét	%	0,8	0,7	0,5
9	Tạp chất hữu cơ, (so với màu chuẩn)	--	Sáng hơn	Sáng hơn	Sáng hơn
10	Mô đun độ lớn	--	2,2	2,4	2,6

2.1.3. Cốt liệu lớn

Việc lựa chọn cốt liệu lớn có ý nghĩa rất quan trọng đối với chất lượng của bê tông, nhất là khi bê tông dùng cho mặt đường bê tông xi măng. Vì vậy, cần phải chọn loại cốt liệu lớn có chất lượng tốt, xét trên các tiêu chí như cường độ, thành phần hạt, D_{max} , hàm lượng bụi bẩn, hình dạng và cấu trúc bề mặt hạt. Luận án đã lựa chọn đá dăm có kích thước hạt lớn nhất 20 mm, được sản xuất từ mỏ đá vôi Đồng Ao - Hà Nam, để sử dụng trong nghiên cứu. Tính chất cơ lý của loại đá này hoàn toàn đáp ứng được các yêu cầu để làm cốt liệu cho bê tông cát mịn dùng cho mặt đường bê tông xi

mãng. Trước khi sử dụng, đá dăm được rửa sạch và phơi khô. Kết quả thí nghiệm một số tính chất cơ lý của đá dăm được trình bày trong Bảng 2.7.

Bảng 2.7. Thành phần hạt và tính chất cơ lý của đá vôi

Kích thước lỗ sàng, (mm)	100	70	40	20	10	5
Lượng sót tích lũy trên sàng, (% khối lượng)	0	0	0	3,5	68,2	96,4
Khối lượng riêng, (g/cm ³)	2,75					
Khối lượng thể tích ở trạng thái bão hoà nước, khô bề mặt, (g/cm ³)	2,74					
Khối lượng thể tích ở trạng thái khô, (g/cm ³)	2,72					
Khối lượng thể tích xốp, (kg/m ³)	1430					
Khối lượng thể tích ở trạng thái lèn chặt, (kg/m ³)	1770					
Độ hút nước, (%)	0,5					
Độ hồng, (%)	47,4					
Độ hồng ở trạng thái lèn chặt, (%)	34,9					
Độ nén dập, (%)	9					
Cỡ hạt nhỏ nhất – Dmin, (mm)	5					
Cỡ hạt lớn nhất – Dmax, (mm)	20					
Hàm lượng bụi, sét, (%)	0,4					
Hàm lượng thoi dẹt, (%)	8					
Độ mài mòn LA, (%)	21					

2.1.4. Phụ gia

Trong bê tông cát mịn dùng cho mặt đường bê tông xi măng, phụ gia siêu dẻo được sử dụng nhằm mục đích giảm tỷ lệ N/X trong hỗn hợp bê tông xuống thấp nhất đến mức có thể, đồng thời đảm bảo cho hỗn hợp có độ lưu động đáp ứng yêu cầu kỹ thuật đối với mặt đường bê tông xi măng. Độ lưu động này phải được duy trì trong một thời gian cần thiết đủ để quá trình vận chuyển và thi công hỗn hợp bê tông diễn ra thuận lợi. Vì vậy, việc lựa chọn loại phụ gia siêu dẻo thoả mãn các yêu cầu trên là rất quan trọng. Để đảm bảo được những yêu cầu kỹ thuật nêu trên thì việc sử dụng phụ gia siêu dẻo gốc polycarboxylate thực sự cần thiết.

Trong luận án này, phụ gia siêu dẻo gốc polycarboxylate của hãng SPEMAT Việt Nam, có tên thương phẩm Daltonmat-RDHP được lựa chọn để sử dụng. Các tính chất cơ lý, hóa học và hiệu quả giảm nước của phụ gia, cụ thể như sau:

❖ *Một số đặc tính phụ gia:*

- Dạng sản phẩm: dạng lỏng
- Màu sắc: Vàng nâu
- Khối lượng riêng: $1,04 \pm 0,02 \text{ g/cm}^3$
- Hàm lượng ion clorua: không có
- Mức độ độc hại theo tiêu chuẩn ECC 99/45: không độc
- Hàm lượng sử dụng: 0,7 - 1,2 lit/100 kg xi măng

❖ *Kết quả thí nghiệm ảnh hưởng của phụ gia đến khả năng giảm nước của hỗn hợp bê tông (theo tiêu chuẩn TCVN 8826 : 2011) được trình bày tại Bảng (2.8, 2.9).*

Bảng 2.8. Thành phần vật liệu thí nghiệm

Vật liệu	Nguồn gốc	Đơn vị	Mẫu đối chứng (Mẫu A – không có phụ gia)	Mẫu có phụ gia (Mẫu B)
Xi măng (PC40)	Bút Sơn	kg	310	310
Cát thô ($M_{dl}=2,5$)	Sông Lô	kg	765	765
Đá dăm ($5 \div 10\text{mm}$)	Hà Nam	kg	400	400
Đá dăm ($10 \div 20\text{mm}$)	Hà Nam	kg	740	740
Phụ gia (Daltonmat-RDHP)	--	lít	0	3,10

Bảng 2.9. Kết quả thí nghiệm khả năng giảm nước của phụ gia Daltonmat-RDHP

Chỉ tiêu thí nghiệm	Đơn vị	Mẫu đối chứng (Mẫu A – không có phụ gia)	Mẫu có phụ gia (Mẫu B)
Lượng nước trộn thực tế	lít	220	172
Độ sụt hỗn hợp bê tông	cm	10,0	10,0
Tỷ lệ lượng nước (Mẫu B/Mẫu A)	%	78,2	

Kết quả thí nghiệm cho thấy khi sử dụng phụ gia siêu dẻo Daltonmat-RDHP cho phép giảm lượng nước trộn của hỗn hợp bê tông tới 21,8 %.

➤ Do đó, có thể thấy rằng phụ gia Daltonmat-RDHP hoàn toàn đảm bảo yêu cầu kỹ thuật theo tiêu chuẩn ASTM C494/C494M-99a [58] loại G (tương đương với TCVN 8826 : 2011 [39] đối với phụ gia siêu dẻo chậm đông kết loại G).

2.1.5. Nước

Trong luận án đã sử dụng nước máy Hà Nội để trộn bê tông. Loại nước này thỏa mãn các yêu cầu kỹ thuật của tiêu chuẩn TCVN 4506 : 2012 đối với nước để trộn bê tông và vữa.

Như vậy, có thể thấy rằng các nguyên vật liệu sử dụng trong nghiên cứu của luận án đều là những nguyên vật liệu sẵn có ở Việt Nam, nên việc sử dụng các vật liệu đó để chế tạo bê tông cát mịn dùng cho mặt đường bê tông xi măng là hoàn toàn phù hợp với điều kiện thực tế của nước ta.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Trong quá trình nghiên cứu, luận án đã nghiên cứu tổng hợp, phân tích lý thuyết nhằm làm sáng tỏ các vấn đề đã được nghiên cứu trong và ngoài nước. Trên cơ sở đó đặt ra các nội dung nghiên cứu, đưa ra các giải pháp kỹ thuật, nghiên cứu thực nghiệm trong phòng thí nghiệm để làm sáng tỏ các vấn đề đặt ra. Đồng thời, trong nghiên cứu thực nghiệm, luận án đã sử dụng các phương pháp phi tiêu chuẩn và các phương pháp thí nghiệm cơ lý theo tiêu chuẩn sau đây để khảo sát tính chất của nguyên vật liệu, của hỗn hợp bê tông và bê tông. Ngoài ra, còn nghiên cứu ảnh hưởng của một số nhân tố đến tính chất của bê tông cát mịn đối với mặt đường bê tông xi măng.

2.2.1. Các phương pháp thí nghiệm tiêu chuẩn

Các phương pháp thí nghiệm tiêu chuẩn chủ yếu được dùng để xác định các tính chất kỹ thuật của vật liệu sử dụng trong nghiên cứu cũng như các tính chất của hỗn hợp bê tông và bê tông. Các nghiên cứu này, được tiến hành nhằm thu thập thông tin cần thiết trên cơ sở đó lựa chọn nguyên vật liệu sử dụng và đánh giá ảnh hưởng của các nguyên liệu thành phần tới các tính chất cần quan tâm của đối tượng nghiên cứu. Các thí nghiệm được sử dụng chủ yếu dựa theo tiêu chuẩn được trình bày như sau:

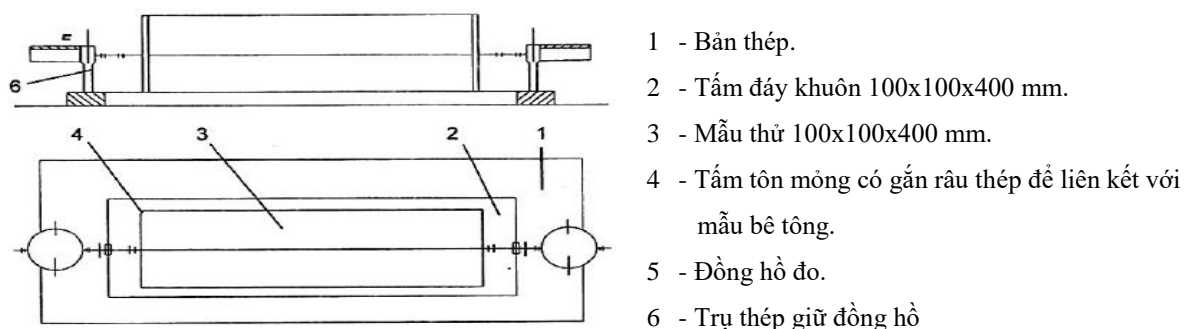
- ❖ TCVN 6017 : 2015 (ISO 9597 : 2008), Xi măng - Phương pháp xác định thời gian đông kết và độ ổn định thể tích.
- ❖ TCVN 6016 : 2011 (ISO 679 : 2009), Xi măng - Phương pháp thử - Xác định cường độ.
- ❖ TCVN 4030 : 2003, Xi măng - Phương pháp xác định độ mịn.

- ❖ TCVN 7572-2 : 2006, Cốt liệu cho bê tông và vữa - Phương pháp thử - Phần 2: Xác định thành phần hạt.
- ❖ TCVN 4506 : 2012, Nước cho bê tông và vữa – Yêu cầu kỹ thuật.
- ❖ TCVN 7572-4 : 2006, Cốt liệu cho bê tông và vữa - Phương pháp thử - Phần 4: Xác định khối lượng riêng, khối lượng thể tích và độ hút nước.
- ❖ ASTM C469-10, Xác định mô đun đàn hồi của bê tông.
- ❖ TCVN 3016 : 1993, Hỗn hợp bê tông nặng - Phương pháp thử độ sụt.
- ❖ TCVN 3015 : 1993, Hỗn hợp bê tông nặng và bê tông nặng - Lấy mẫu, chế tạo và bảo dưỡng mẫu thử.
- ❖ TCVN 3108 : 1993, Hỗn hợp bê tông nặng - Phương pháp xác định khối lượng thể tích.
- ❖ TCVN 3109 : 1993, Hỗn hợp bê tông nặng - Phương pháp xác định tách vữa và độ tách nước.
- ❖ ASTM C231-10, Xác định hàm lượng bọt khí của hỗn hợp bê tông.
- ❖ TCVN 3114 : 1993, Bê tông nặng - Phương pháp xác định độ mài mòn.
- ❖ TCVN 3116 : 1993, Bê tông nặng - Phương pháp xác định độ chống thấm nước.
- ❖ TCVN 3118 : 1993, Bê tông nặng - Phương pháp xác định cường độ nén.
- ❖ TCVN 3119 : 1993, Bê tông nặng - Phương pháp xác định cường độ kéo khi uốn.
- ❖ TCVN 3120 : 1993, Bê tông nặng - Phương pháp thử cường độ kéo khi bẻ.
- ❖ TCVN 8864 : 2011, Mặt đường ô tô - Xác định độ bằng phẳng bằng thước dài 3,0 mét.
- ❖ TCVN 8867 : 2011, Áo đường mềm - Xác định mô đun đàn hồi chung của kết cấu bằng cần đo vồng Benkelman.
- ❖ TCVN 8866 : 2011, Mặt đường ô tô - Xác định độ nhám mặt đường bằng phương pháp rắc cát - Thử nghiệm.

2.2.2. Các phương pháp thí nghiệm phi tiêu chuẩn

- ❖ Xác định mất nước và độ co mềm của hỗn hợp bê tông được xác định dựa trên phương pháp thí nghiệm trình bày trong điều 6.7 của TCVN 9204 : 2012 “ Vữa xi măng trộn sẵn không co” [43], với một số điều chỉnh nhất định Hình (2.1, 2.2). Độ co

được xác định trên các mẫu có kích thước 100x100x400 mm. Đặt 2 tấm tôn mỏng có gắn râu thép để liên kết mẫu bê tông áp sát mặt trong của 2 đầu khuôn có kích thước 100x100x400 mm, dùng nilông mỏng phủ kín mặt trong khuôn. Hỗn hợp bê tông sau khi trộn được đổ vào khuôn, che phủ nilông và đặt tĩnh trong 3 h. Sau 3 h, nhẹ nhàng tiến hành tháo dỡ các thành đứng của khuôn và mở nilông ra không che phủ mẫu (khác tiêu chuẩn). Lắp và căn chỉnh cho đầu kim đồng hồ đo tiếp xúc trực tiếp vào chính giữa tấm tôn mỏng đặt ở 2 đầu mẫu và đo giá trị đầu tiên làm cơ sở để xác định độ co. Mẫu được đặt theo dõi ngoài nắng theo nhiệt độ, độ ẩm môi trường và không được che phủ nilông theo như tiêu chuẩn [43], với mô đun hử $M_h = 30 \text{ m}^{-1}$. Tiến hành đo liên tục trong vòng 9 h tiếp theo. Trong vòng 2 h đầu, cứ 30 phút đo một lần, các giờ tiếp theo cứ 60 phút đo một lần. Đồng thời với việc đo, xác định độ co theo dõi sự thay đổi khối lượng ở mẫu ở các thời điểm đo để xác định mức độ mất nước, mức độ mất nước được tính theo phần trăm so với lượng nước ban đầu.



Hình 2.1. Sơ đồ thí nghiệm xác định sự thay đổi chiều dài mẫu bê tông



Hình 2.2. Thí nghiệm quá trình mất nước, co mềm của hỗn hợp bê tông và bê tông

❖ Xác định độ co khô dựa trên tiêu chuẩn ASTM C157/157M-08 “*Standard Test Method for Length Change of Hardened Hydraulic-Cement Mortar and Concrete*” [57], với một số điều chỉnh. Mẫu sử dụng để xác định độ co khô có kích thước 100x100x285 mm với các đầu có mẫu đo được gắn vào bê tông trong quá trình đúc mẫu. Hỗn hợp bê tông được trộn theo cấp phối thí nghiệm, sau khi đổ vào khuôn, hỗn hợp bê tông được che phủ bề mặt trong vòng 24 h, sau 24 h tiến hành dỡ khuôn và đo giá trị ban đầu để làm cơ sở xác định độ co. Theo dõi độ co của các mẫu bê tông đặt trong phòng thí nghiệm liên tục trong thời gian 3 tháng (90 ngày).



Hình 2.3. Thí nghiệm đo độ co khô của bê tông

Chương 3: NÂNG CAO CƯỜNG ĐỘ CHỊU KÉO KHI UỐN VÀ KHẢ NĂNG CHỐNG MÀI MÒN CỦA BÊ TÔNG CÁT MỊN ĐỐI VỚI MẶT ĐƯỜNG BÊ TÔNG XI MĂNG

3.1. Tính chất của hỗn hợp bê tông

3.1.1. Lựa chọn thành phần bê tông nghiên cứu

3.1.1.1. Lựa chọn thành phần bê tông sử dụng cát mịn

Tính công tác của hỗn hợp bê tông phụ thuộc chủ yếu vào lượng nước trộn bê tông. Mặt khác, kích thước hạt lớn nhất của cốt liệu lớn, mô đun độ lớn của cốt liệu nhỏ, tính chất và lượng dùng xi măng, loại và lượng dùng phụ gia giảm nước cũng có ảnh hưởng lớn đến tính công tác. Hỗn hợp bê tông sử dụng cát mịn trong thi công mặt đường bê tông có tính công tác yêu cầu thấp, nên để đảm bảo cho hỗn hợp bê tông duy trì được tính công tác đó trong quá trình thi công thì sử dụng phụ gia siêu dẻo là rất cần thiết. Hàm lượng phụ gia siêu dẻo sử dụng phụ thuộc vào năng lực tăng dẻo của phụ gia, tỷ lệ X/N, loại và lượng dùng xi măng, tính công tác yêu cầu.

Yếu tố quan trọng nhất ảnh hưởng tới cường độ bê tông là tỷ lệ N/X. Để giảm tỷ lệ N/X với mục đích nâng cao cường độ bê tông thì có thể giảm lượng nước sử dụng, tăng lượng dùng xi măng hoặc áp dụng đồng thời cả hai biện pháp đó. Đối với một hỗn hợp gồm các vật liệu thành phần đã cho thì chỉ có thể giảm lượng nước nhào trộn đến một giới hạn nhất định, nhỏ hơn giới hạn đó thì tính công tác của hỗn hợp bê tông không đảm bảo yêu cầu. Do đó, trong bê tông sử dụng cát mịn làm mặt đường bê tông xi măng cần phải giảm lượng nước nhào trộn đến mức thấp nhất có thể, đồng thời tăng lượng dùng xi măng đến một mức độ hợp lý.

Các phương pháp thiết kế thành phần bê tông được sử dụng phổ biến hiện nay đó là: phương pháp của Ban môi trường Anh (The British Department of the Environment), của Viện Bê tông Mỹ (The American Concrete Institute), phương pháp “Dreux – Gorisse” của Pháp, phương pháp Mодоóc (L. J. Murdock) của Anh, phương pháp của Hội bê tông xi măng Pooclăng Niuzilân (The New Zealand Portland Concrete Association), phương pháp Bolomey – Skramtaev (Nga), phương pháp của Viện Bê tông và bê tông cốt thép (Nga), Quyết định số 778/1998/QĐ-BXD “Chỉ dẫn kỹ thuật

chọn thành phần bê tông các loại” (Việt Nam)... Các phương pháp trên đều là phương pháp lý thuyết kết hợp với thực nghiệm dựa trên cơ sở lý thuyết “thể tích tuyệt đối”, có nghĩa tổng thể tích tuyệt đối (hoàn toàn đặc) của vật liệu trong một mét khối bê tông bằng 1000 lít, các phương pháp chỉ khác nhau ở việc lựa chọn thành phần hạt cốt liệu, mỗi phương pháp có những ưu điểm nhất định [31]. *Tuy nhiên, trong nghiên cứu của luận án, đã sử dụng Quyết định số 778/1998/QĐ-BXD “Chỉ dẫn kỹ thuật chọn thành phần bê tông các loại”, để thiết kế lựa chọn thành phần bê tông.*

Cường độ chịu kéo khi uốn là một tính chất quan trọng của bê tông. Trong một số trường hợp thì giá trị cường độ chịu kéo khi uốn còn có ý nghĩa quan trọng hơn cường độ chịu nén và được dùng trong thiết kế kết cấu, ví dụ như mặt đường bê tông xi măng. Ở Việt Nam hiện nay việc lựa chọn thành phần bê tông đáp ứng yêu cầu về cường độ chịu kéo khi uốn được thực hiện theo hướng dẫn của Quyết định số 778/1998/QĐ-BXD “Chỉ dẫn kỹ thuật chọn thành phần bê tông các loại” [33]. Theo đó, trước tiên tiến hành lựa chọn phương án vật liệu để đảm bảo được tương quan về mác theo cường độ chịu nén và cường độ chịu kéo khi uốn theo cấp 1 hoặc cấp 2 (để đạt mức cấp 2, thì cốt liệu phải sạch, cường độ đá gốc cao và sử dụng cát thô). Ở các bước tiếp theo, cấp phối bê tông vẫn được thiết kế đáp ứng yêu cầu về cường độ chịu nén với khuyến cáo lựa chọn hệ số dư vừa hợp lý cao hơn so với bảng tra.

Việc lựa chọn thành phần bê tông dựa trên các quan hệ cơ bản sau: a) quan hệ giữa lượng nước và tính công tác; b) quan hệ giữa tỷ lệ X/N và cường độ; c) hệ số dư vừa hợp lý (hoặc tỷ lệ cát trên đá hợp lý) phụ thuộc vào mô đun độ lớn của cát và thể tích hồ xi măng. Theo [33], cường độ chịu nén được xác định theo công thức Bolomey-Skramtaev như sau:

$$R_b = A \cdot R_x \cdot \left(\frac{X}{N} + B \right) \quad (1)$$

Trong đó:

R_b, R_x - Cường độ bê tông và xi măng, MPa

X, N - Lượng xi măng và nước trong 1 m³ bê tông, kg

A - Hệ số chất lượng vật liệu

B - Hệ số phương trình

Khi thiết kế thành phần bê tông theo cường độ chịu nén, giá trị R_b là cường độ chịu nén của bê tông, R_x là cường độ chịu nén của xi măng, hệ số B lấy bằng $\pm 0,5$ phụ thuộc vào tỷ lệ X/N, còn hệ số A được xác định theo bảng tra tùy thuộc chất lượng vật liệu sử dụng.

Cường độ chịu kéo khi uốn của cấp phối được kiểm chứng thông qua các thí nghiệm trên thành phần đã được lựa chọn. Tuy nhiên, cũng đã có các đề xuất lựa chọn thành phần bê tông trực tiếp theo cường độ chịu kéo khi uốn như ở Liên Xô (cũ). Y.M.Bazenov [92], có đề xuất sử dụng công thức (1) để tính toán trực tiếp cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông. Khi đó, R_b là cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông, R_x là cường độ chịu kéo khi uốn của xi măng, hệ số B được lấy bằng - 0,2, còn hệ số A lấy theo bảng tra.

Theo [92], vật liệu có chất lượng cao thì đá dăm được lấy từ đá gốc đặc chắc, cường độ cao, cát có độ lớn tối ưu và xi măng poóc lăng có độ hoạt tính cao không có phụ gia, cốt liệu sạch, được rửa sạch và sàng kỹ với thành phần hạt của hỗn hợp các cỡ hạt. Vật liệu chất lượng trung bình thì cốt liệu có chất lượng trung bình, trong số đó có sỏi, xi măng poóc lăng có độ hoạt tính trung bình hoặc xi măng poóc lăng xi măng cao. Vật liệu chất lượng thấp thì cốt liệu lớn cường độ thấp và cát nhỏ, xi măng có độ hoạt tính thấp. Theo [98], chất lượng cốt liệu là hệ thống các tính chất của chúng gây ảnh hưởng tới cường độ và một số tính chất khác của bê tông. Đối với cường độ chịu nén ảnh hưởng chất lượng cốt liệu được thể hiện thông qua khả năng tạo lực dính kết giữa đá xi măng với bề mặt của chúng và cường độ của bản thân hạt cốt liệu. Vì trong bê tông nặng cường độ bản thân cốt liệu lớn (sỏi hoặc đá dăm) và cốt liệu nhỏ (cát tự nhiên, cát nghiền) thường lớn hơn cường độ đá xi măng, cho nên vai trò lực dính kết chiếm vị trí đặc biệt quan trọng và có ảnh hưởng lớn đến cường độ của bê tông.

Hệ số chất lượng vật liệu theo cường độ chịu nén (A_n), theo cường độ chịu kéo khi uốn (A_{ku}) khuyến cáo trong [92] được xác định từ những năm cuối thế kỷ XX trên cơ sở vật liệu tại Liên Xô (cũ) với tính chất được thí nghiệm theo các phương pháp cũ. Ví dụ như xi măng được xác định cường độ theo phương pháp vữa dẻo. Khi đó hệ số chất lượng vật liệu theo cường độ chịu kéo khi uốn (A_{ku}) tương ứng chất lượng vật liệu

thấp, trung bình và cao được đề xuất lấy bằng 0,37; 0,40; 0,42. Công thức (1) này có thể sử dụng để thiết kế thành phần bê tông theo cường độ chịu kéo khi uốn ở Việt Nam, nhưng có một số điểm cần chú ý như sau:

- *Khi tăng hệ số dư vữa tính công tác hỗn hợp bê tông sẽ bị suy giảm, do đó cần khuyến cáo lựa chọn lượng nước ban đầu phù hợp để đảm bảo tính công tác.*
- *Các hệ số chất lượng vật liệu tính toán cần phải được lựa chọn phù hợp hơn trên cơ sở vật liệu đặc thù của Việt Nam hiện nay kết hợp với sử dụng phụ gia siêu dẻo.*

Theo [33], hệ số chất lượng vật liệu theo cường độ chịu nén (A_n) không những được xác định ứng với xi măng thử cường độ theo phương pháp vữa dẻo TCVN 4032:1985 mà còn được xác định theo TCVN 6016:1995 và 14TCN 67:2002 (phụ lục A, xác định nhanh cường độ xi măng trên mẫu 2x2x2cm). Cũng theo [33], thì lượng nước trộn ban đầu cần cho 1 m³ bê tông tra theo Bảng 5.2 không có phụ gia siêu dẻo và hệ số dư vữa hợp lý tra theo Bảng 5.8 áp dụng cho cường độ chịu nén.

Do đó, để lựa chọn thành phần bê tông đáp ứng được yêu cầu làm mặt đường bê tông xi măng, thì trong nghiên cứu luận án đã thiết kế lựa chọn thành phần cấp phối bê tông trực tiếp theo cường độ chịu kéo khi uốn trên cơ sở công thức (1), khi đó cần phải xác định được hệ số chất lượng vật liệu theo cường độ chịu kéo khi uốn (A_{ku}), và sử dụng hệ số dư vữa cao hơn so với hệ số dư vữa hợp lý theo cường độ chịu nén, khiến tính công tác của hỗn hợp bê tông sẽ bị suy giảm, cường độ chịu kéo khi uốn tăng mặc dù cường độ chịu nén có thể suy giảm nhưng không đáng kể [17]. Vấn đề này có thể khắc phục được khi sử dụng phụ gia siêu dẻo. Khi đó quan hệ giữa lượng nước và tính công tác, quan hệ giữa cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông với cường độ chịu kéo khi uốn của xi măng và tỷ lệ X/N sẽ bị thay đổi.

Trong một số điều kiện cụ thể, khi khan hiếm nguồn cát thô chất lượng cao thì việc nghiên cứu sử dụng cát mịn trong chế tạo bê tông đường có ý nghĩa thực tiễn đáng kể. Tuy nhiên, theo một số kết quả thực tế, sử dụng cát mịn trong bê tông có thể có ảnh hưởng tiêu cực đến cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông. Đó là do, để duy trì tính công tác tương đương như khi sử dụng cát thô, khi chuyển sang dùng cát mịn ta cần tăng lượng nước trộn. Nếu giữ nguyên lượng dùng xi măng, điều này làm giảm tỷ lệ xi

mãng trên nước khiến cường độ bị suy giảm. Và khi đó theo [33] bê tông sử dụng cát mịn chỉ đạt được tỷ lệ cường độ chịu nén trên cường độ chịu kéo khi uốn ở mức cấp 1. Để đạt được mức cấp 2 có thể lựa chọn vật liệu chất lượng cao hoặc sử dụng phụ gia siêu dẻo và gia tăng hệ số dư vữa.

Để làm rõ các vấn đề phân tích trên, luận án cần tập trung nghiên cứu về những nội dung cụ thể như sau:

- a) *Quan hệ lượng dùng nước và tính công tác của hỗn hợp bê tông sử dụng cát mịn khi hệ số dư vữa được lấy cao hơn so với giá trị tra bảng.*
- b) *Quan hệ cường độ (chịu nén, chịu kéo khi uốn) của bê tông sử dụng cát mịn với cường độ (chịu nén, chịu kéo khi uốn) của xi măng và tỷ lệ X/N để từ đó xác định hệ số chất lượng vật liệu theo cường độ (chịu nén, chịu kéo khi uốn) của bê tông sử dụng cát mịn, phục vụ công việc thiết kế lựa chọn thành phần bê tông sử dụng cát mịn theo cường độ (chịu nén, chịu kéo khi uốn) dùng cho bê tông làm đường.*

Trên cơ sở phân tích trên, luận án đã tiến hành sử dụng cùng loại xi măng PCB40 Nghi Sơn, đá ($D_{\max}=20\text{mm}$), phụ gia siêu dẻo Daltonmat-RDHP, cát mịn (C1, C2, C3), cát thô (CV). Tính công tác, cường độ chịu kéo khi uốn, lượng dùng xi măng và tỷ lệ N/X theo khuyến cáo của tài liệu [34]. Để đảm bảo phù hợp với điều kiện thực tế thi công, thì tính công tác của hỗn hợp bê tông trong nghiên cứu không phải ngay sau khi trộn mà phải tính đến tồn thất độ sụt theo khoảng cách vận chuyển, điều kiện thời tiết và thời gian thi công. Hỗn hợp bê tông vận chuyển đến công trường phải có đặc tính phù hợp với yêu cầu thi công, đối với bê tông làm đường, thời gian dài nhất cho phép từ khi hỗn hợp bê tông ra khỏi buồng trộn đến khi rải xong theo [34] khoảng 3,5h, nên tính công tác trong nghiên cứu được sử dụng cao hơn so với yêu cầu đối với mặt đường bê tông xi măng. Do đó, lượng xi măng được lựa chọn bằng 350 kg/m^3 , tỷ lệ phụ gia theo khuyến cáo của nhà sản xuất bằng 1% khối lượng xi măng, tỷ lệ X/N = 1,80; 2,00 và 2,30. Ứng với một tỷ lệ X/N và mô đun độ lớn của cát thì các cấp phối thí nghiệm được thiết kế với hai hệ số dư vữa hợp lý khác nhau cho cường độ chịu nén và cho cường độ chịu kéo khi uốn tra bảng theo [33], [45]. Trong đó, hệ số dư vữa hợp lý theo cường độ chịu kéo khi uốn được chọn cao hơn so với cường độ chịu nén từ

0,15 đến 0,20. Trên cơ sở các mẻ trộn và khối lượng thể tích của hỗn hợp bê tông đã tính toán thành phần bê tông thực tế và kết quả nghiên cứu được trình bày ở Bảng 3.1.

Bảng 3.1. Thành phần bê tông sử dụng (cát mịn, cát thô) nghiên cứu

TT	KH	Lượng dùng vật liệu, kg/m ³					Thông số cấp phối		
		XM	Nước	Cát	Đá	PG	M _{dl}	K _d	X/N
1	CP1	349	193	642	1217	3,49	1,6	1,37	1,80
2	CP2	347	193	707	1143	3,47	1,6	1,53	1,80
3	CP3	347	174	613	1291	3,47	1,6	1,23	2,00
4	CP4	345	173	685	1205	3,45	1,6	1,39	2,00
5	CP5	347	151	672	1288	3,47	1,6	1,23	2,30
6	CP6	344	149	742	1199	3,44	1,6	1,41	2,30
7	CP7	346	173	564	1332	3,46	1,2	1,16	2,00
8	CP8	344	172	647	1237	3,44	1,2	1,33	2,00
9	CP9	346	173	692	1208	3,46	1,9	1,39	2,00
10	CP10	344	172	754	1130	3,44	1,9	1,56	2,00
11	CP11	347	174	697	1212	3,47	2,5	1,38	2,00
12	CP12	345	172	759	1134	3,45	2,5	1,55	2,00

3.1.1.2. Lựa chọn thành phần bê tông sử dụng cát mịn phối hợp mặt đá vôi

Khác với bê tông cho kết cấu xây dựng, bê tông dùng cho mặt đường bê tông xi măng cần đáp ứng yêu cầu về khả năng chống mài mòn. Tuy nhiên, khi sử dụng cát mịn ảnh hưởng tiêu cực đến độ mài mòn của bê tông. Đó là do, để duy trì tính công tác tương đương như khi sử dụng cát thô, cần tăng lượng nước trộn. Nếu giữ nguyên lượng dùng xi măng, điều này làm giảm tỷ lệ xi măng trên nước khiến cường độ và khả năng chống mài mòn bị suy giảm. Đối với bê tông mặt đường, độ mài mòn là một trong những chỉ tiêu kỹ thuật quan trọng. Để nâng cao được khả năng chống mài mòn của bê tông sử dụng cát mịn tương đương cát thô có thể dùng làm mặt đường bê tông xi măng đường cấp cao, luận án đã chọn giải pháp bổ sung mặt đá để thô hóa cát mịn. Khi phối hợp cát mịn với mặt đá thì thành phần hỗn hợp cốt liệu gồm hỗn hợp cốt liệu nhỏ (cát mịn phối hợp mặt đá) và cốt liệu lớn cần phải đạt được hai mục đích là hỗn hợp cốt liệu có độ hồng tối thiểu và đáp ứng yêu cầu về tính công tác của hỗn hợp bê tông. Hỗn hợp cốt liệu có độ hồng càng nhỏ thì lượng hồ xi măng cần thiết để lấp đầy các khoảng trống giữa các hạt cốt liệu và bao bọc quanh chúng càng nhỏ. Mặt khác, hỗn hợp cốt liệu phải có một tỷ lệ cốt liệu nhỏ/cốt liệu lớn thích hợp thì khi nhào trộn

với xi măng và nước mới hình thành hỗn hợp bê tông có tính công tác tốt, không bị phân tầng. Tỷ lệ cốt liệu nhỏ/cốt liệu lớn càng nhỏ thì tỷ diện tích bề mặt của hỗn hợp càng nhỏ, khiến lượng nước nhào trộn cần thiết để thấm ướt bề mặt càng nhỏ.

Như vậy, để đạt độ lưu động cho trước thì hỗn hợp bê tông có tỷ lệ cốt liệu nhỏ/cốt liệu lớn thấp sẽ cần ít nước nhào trộn hơn và do đó cường độ bê tông sẽ cao hơn. Tuy nhiên, khi tỷ lệ này quá nhỏ thì độ dẫn cách giữa các hạt cốt liệu lớn sẽ nhỏ nên nội ma sát trong hỗn hợp tăng lên làm giảm tính công tác của hỗn hợp. Hơn nữa, với cốt liệu có mức ngậm cát quá nhỏ nếu hỗn hợp bê tông có độ sụt cao thì rất dễ xảy ra hiện tượng phân tầng.

Để làm rõ các vấn đề phân tích trên, cần tập trung nghiên cứu về những nội dung:

- a) *Quan hệ lượng dùng nước và tính công tác của hỗn hợp bê tông sử dụng cát mịn phối hợp mặt đá, khi hệ số dư vữa được lấy cao hơn so với giá trị tra bảng.*
- b) *Quan hệ cường độ (chịu nén, chịu kéo khi uốn) của bê tông sử dụng cát mịn phối hợp mặt đá với cường độ (chịu nén, chịu kéo khi uốn) của xi măng và tỷ lệ X/N để từ đó xác định hệ số chất lượng vật liệu theo cường độ (chịu nén, chịu kéo khi uốn) của bê tông sử dụng cát mịn phối hợp mặt đá, phục vụ công việc thiết kế lựa chọn thành phần bê tông sử dụng cát mịn phối hợp mặt đá theo cường độ (chịu nén, chịu kéo khi uốn) dùng cho bê tông làm đường.*
- c) *Quan hệ giữa độ mài mòn của bê tông và mô đun độ lớn của các loại cát mịn khác nhau khi phối hợp mặt đá, để từ đó đánh giá tương quan giữa độ mài mòn của bê tông sử dụng cát mịn và độ mài mòn của bê tông sử dụng cát mịn phối hợp mặt đá dùng cho mặt đường bê tông xi măng.*

Trên cơ sở phân tích trên, luận án cũng đã tiến hành sử dụng cùng loại xi măng PCB40 Nghi Sơn, đá ($D_{\max}=20\text{mm}$), phụ gia siêu dẻo Daltonmat-RDHP, cát mịn (C1, C2, C3), cát thô CV và mặt đá M ($<5\text{mm}$) phối hợp cát mịn theo tỷ lệ thay thế 40 % cát mịn bằng mặt đá. Tính công tác, cường độ chịu kéo khi uốn, lượng dùng xi măng và tỷ lệ N/X theo khuyến cáo của tài liệu [34]. Để đảm bảo phù hợp với điều kiện thực tế thi công, thì tính công tác của hỗn hợp bê tông trong nghiên cứu không phải ngay sau khi trộn mà phải tính đến tổn thất độ sụt theo khoảng cách vận chuyển, điều kiện thời tiết

và thời gian thi công. Hỗn hợp bê tông vận chuyển đến công trường phải có đặc tính phù hợp với yêu cầu thi công, đối với bê tông làm đường thời gian dài nhất cho phép từ khi hỗn hợp bê tông ra khỏi buồng trộn đến khi rải xong theo [34] khoảng 3,5h, nên tính công tác trong nghiên cứu được sử dụng cao hơn so với yêu cầu đối với mặt đường bê tông xi măng. Do đó, lượng xi măng được lựa chọn bằng 350 kg/m^3 , tỷ lệ phụ gia theo khuyến cáo của nhà sản xuất bằng 1 % khối lượng xi măng, tỷ lệ X/N=2,00. Ứng với một tỷ lệ X/N và mô đun độ lớn của cốt liệu nhỏ (cát thô, cát mịn phối hợp mặt đá) thì các cấp phối thí nghiệm được thiết kế với hai hệ số dư vừa hợp lý khác nhau cho cường độ chịu nén và cho cường độ chịu kéo khi uốn tra bảng theo [33]. Trong đó, hệ số dư vừa hợp lý theo cường độ chịu kéo khi uốn được chọn cao hơn so với cường độ chịu nén từ 0,15 đến 0,20. Trên cơ sở các mẻ trộn và khối lượng thể tích của hỗn hợp bê tông đã tính toán thành phần bê tông thực tế và kết quả nghiên cứu được trình bày ở Bảng 3.2.

Bảng 3.2. Thành phần bê tông sử dụng (cát mịn phối hợp mặt đá, cát thô) nghiên cứu

TT	KH	Lượng dùng vật liệu, kg/m^3						Thông số cấp phối				
		Xi măng	Nước	Mặt đá	Cát	Đá	Phụ gia	M_{dl} của cát	M_{dl} của hỗn hợp CLN	Tỷ lệ mặt đá trong hh CLN	K_d	X/N
1	CPM1	348	174	280	420	1214	3,48	1,2	2,2	0,40	1,38	2,00
2	CPM2	347	173	307	460	1141	3,47	1,2	2,2	0,40	1,54	2,00
3	CPM3	349	174	282	423	1217	3,49	1,6	2,4	0,40	1,37	2,00
4	CPM4	348	174	309	463	1145	3,48	1,6	2,4	0,40	1,53	2,00
5	CPM5	349	174	283	425	1217	3,49	1,9	2,6	0,40	1,37	2,00
6	CPM6	349	174	311	466	1147	3,49	1,9	2,6	0,40	1,52	2,00
7	CP11	347	174	--	697	1212	3,47	2,5	--	--	1,38	2,00
8	CP12	345	172	--	759	1134	3,45	2,5	--	--	1,55	2,00

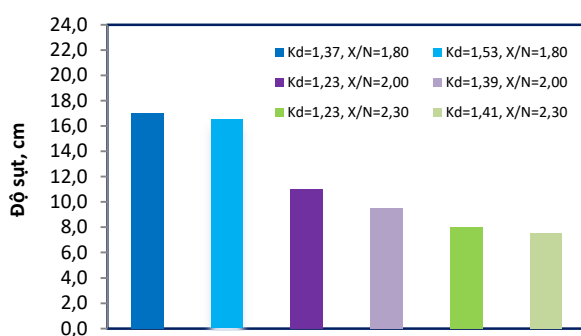
3.1.2. Quan hệ lượng giữa lượng dùng nước và tính công tác của hỗn hợp bê tông

3.1.2.1. Quan hệ giữa lượng dùng nước và tính công tác của hỗn hợp bê tông sử dụng cát mịn

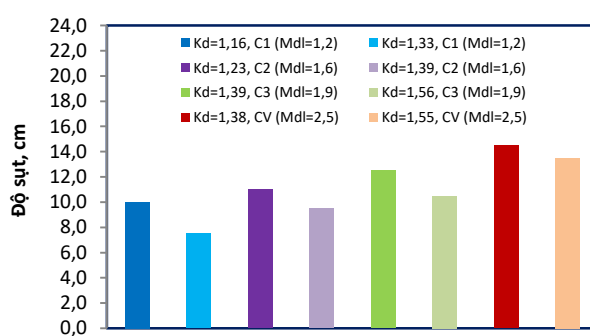
Để nghiên cứu tương quan lượng dùng nước và tính công tác của hỗn hợp bê tông sử dụng cát mịn luận án đã tiến hành thí nghiệm các cấp phối bê tông Bảng 3.1. Kết quả tính chất của hỗn hợp bê tông được trình bày trong Bảng 3.3 và Hình (3.1, 3.2).

Bảng 3.3. Kết quả thí nghiệm các tính chất của hỗn hợp bê tông sử dụng (cát mịn, cát thô)

TT	KH	KLTT, kg/m ³	Độ sụt, cm			Bọt khí, %	Độ tách nước, %	Độ tách vữa, %
			Thời gian sau trộn, phút					
			0	30	60			
1	CP1	2400	17,0	16,5	15,0	2,4	0,0	2,6
2	CP2	2390	16,5	16,0	14,5	2,6	0,0	2,8
3	CP3	2420	11,0	9,5	8,0	2,1	0,0	2,2
4	CP4	2400	9,5	8,5	7,5	2,2	0,0	2,5
5	CP5	2450	8,0	7,5	6,0	1,7	0,0	1,8
6	CP6	2430	7,5	6,5	5,0	1,9	0,0	2,1
7	CP7	2410	10,0	9,0	8,0	1,9	0,0	2,4
8	CP8	2400	7,5	6,5	5,0	2,0	0,0	2,6
9	CP9	2420	12,5	11,5	10,5	2,1	0,0	2,4
10	CP10	2400	10,5	9,5	8,5	2,3	0,0	2,5
11	CP11	2430	14,5	14,0	13,0	1,9	0,0	0,0
12	CP12	2410	13,5	12,5	11,5	2,1	0,0	0,0



Hình 3.1. Quan hệ giữa độ sụt và K_d của hỗn hợp bê tông sử dụng cát C2, (X/N=1,80; 2,00; 2,30)



Hình 3.2. Quan hệ giữa độ sụt và K_d của hỗn hợp bê tông sử dụng cát (C1, C2, C3, CV), X/N=2,00

Kết quả nghiên cứu cho thấy với cùng lượng nước trộn và tỷ lệ phụ gia giảm nước, độ sụt của hỗn hợp bê tông có xu hướng giảm khi tăng hệ số dư vữa. Điều này được lý giải trong điều kiện nghiên cứu của luận án khi tăng hệ số dư vữa thì lượng cát của hỗn

hợp bê tông tăng dần tới lượng nước tự do trong hỗn hợp bê tông giảm, khiến độ sụt của hỗn hợp bê tông bị suy giảm. Khối lượng thể tích của hỗn hợp bê tông ít chịu ảnh hưởng của chủng loại cát mà chỉ phụ thuộc vào mô đun độ lớn của cát. Hàm lượng bọt khí của hỗn hợp bê tông sử dụng các loại cát khác nhau trong nghiên cứu thì chênh lệch không nhiều. Hàm lượng bọt khí trong hỗn hợp bê tông trong trường hợp này phụ thuộc nhiều vào mức độ cuốn khí của phụ gia sử dụng.

Kết quả nghiên cứu cũng cho thấy rằng mô đun độ lớn của cát có ảnh hưởng đáng kể đến tương quan giữa lượng dùng nước và độ sụt của hỗn hợp bê tông. Khi sử dụng cát càng mịn thì tỷ diện tích bề mặt tăng mức độ hấp thụ nước tăng, do đó lượng nước trộn để đạt cùng độ sụt có xu hướng tăng dần theo chiều giảm mô đun độ lớn của cát. Từ kết quả nghiên cứu Bảng (3.1,3.3), có thể đưa ra được quan hệ lượng dùng nước và tính công tác của hỗn hợp bê tông cát mịn được trình bày tại Bảng (3.4, 3.5) như sau:

Bảng 3.4. Quan hệ lượng dùng nước và tính công tác của hỗn hợp bê tông sử dụng cát mịn có cùng mô đun độ lớn với các tỷ lệ X/N khác nhau

TT	M _{dl}	Lượng dùng nước, lít/m ³	Khi lựa chọn thành phần bê tông có K _d ưu tiên cho R _n		Khi lựa chọn thành phần bê tông có K _d ưu tiên cho R _{ku}	
			Độ sụt, cm	K _d	Độ sụt, cm	K _d
1	1,6	193	17,0	1,37	16,5	1,53
2	1,6	174	11,0	1,23	9,5	1,39
3	1,6	150	8,0	1,23	7,5	1,41

Bảng 3.5. Quan hệ lượng dùng nước và tính công tác của hỗn hợp bê tông sử dụng (cát mịn, cát thô) có mô đun độ lớn khác nhau và cùng tỷ lệ X/N

TT	M _{dl}	Lượng dùng nước, lít/m ³	Khi lựa chọn thành phần bê tông ưu tiên cho R _n		Khi lựa chọn thành phần bê tông ưu tiên cho R _{ku}	
			Độ sụt, cm	K _d	Độ sụt, cm	K _d
1	1,2	173	10,0	1,16	7,5	1,33
2	1,6	174	11,0	1,23	9,5	1,39
3	1,9	173	12,5	1,39	10,5	1,56
4	2,5	174	14,5	1,38	13,5	1,55

Kết quả nghiên cứu ở Bảng (3.4, 3.5) cho thấy rằng:

- ❖ Mức thay đổi độ sụt khi thay đổi lượng nước cho một loại cát (C2) có mô đun độ lớn 1,6 cụ thể như sau:
 - Ở vùng hợp lý về cường độ chịu nén:

Lượng nước thay đổi $193 - 174 = 19$ (lít), $193 - 150 = 43$ (lít), thì độ sụt thay đổi $17,0 - 11,0 = 6,0$ (cm), $17,0 - 8,0 = 9,0$ (cm) tương ứng mức thay đổi 3,17 lít nước/cm độ sụt và 4,78 lít nước/cm độ sụt.

- Ở vùng hợp lý về cường độ chịu kéo khi uốn:

Lượng nước thay đổi $193 - 174 = 19$ (lít), $193 - 150 = 43$ (lít), thì độ sụt thay đổi $16,5 - 9,5 = 7$ (cm), $16,5 - 7,5 = 9,0$ (cm) tương ứng mức thay đổi 2,71 lít nước/cm độ sụt và 4,78 lít nước/cm độ sụt.

Tổng hợp các kết quả trên, cho thấy rằng lượng nước thay đổi trong khoảng là:

$$[(3,17+2,71)/2 = 2,94 \text{ đến } (4,78+4,78)/2 = 4,78] \text{ (lít nước/cm độ sụt)}$$

Do đó, có thể coi lượng nước thay đổi trong khoảng giá trị $(3,0 \div 5,0)$ lít nước/cm độ sụt. Điều này phù hợp với quy luật chung lượng nước thay đổi trong khoảng từ $(2,5 \div 5,0)$ lít nước/cm độ sụt.

- ❖ Khi sử dụng cùng lượng nước và thành phần bê tông có hệ số dư vữa ưu tiên cho cường độ chịu kéo khi uốn thường cho độ sụt nhỏ hơn từ $(1,0 \div 2,5)$ cm, so với thành phần bê tông có hệ số dư vữa ưu tiên cho cường độ chịu nén.
- ❖ Khi sử dụng cùng lượng nước, cát có mô đun độ lớn càng giảm thì độ sụt của hỗn hợp bê tông càng giảm, trung bình giảm khoảng $(1,0 \div 1,5)$ cm cho sự thay đổi $(0,3 \div 0,4)$ giá trị mô đun độ lớn.
- ❖ Trên cơ sở kết quả thí nghiệm trên, có thể hình thành Bảng 3.6, tham khảo chọn lượng nước sơ bộ ban đầu cần cho 1 m^3 bê tông sử dụng cát mịn khi dùng phụ gia siêu dẻo gốc polycarboxylate cho các thành phần bê tông làm đường bê tông xi măng (ưu tiên cho cường độ chịu kéo khi uốn) như sau:

Bảng 3.6. Lượng nước trộn ban đầu cần cho 1 m^3 bê tông, lít

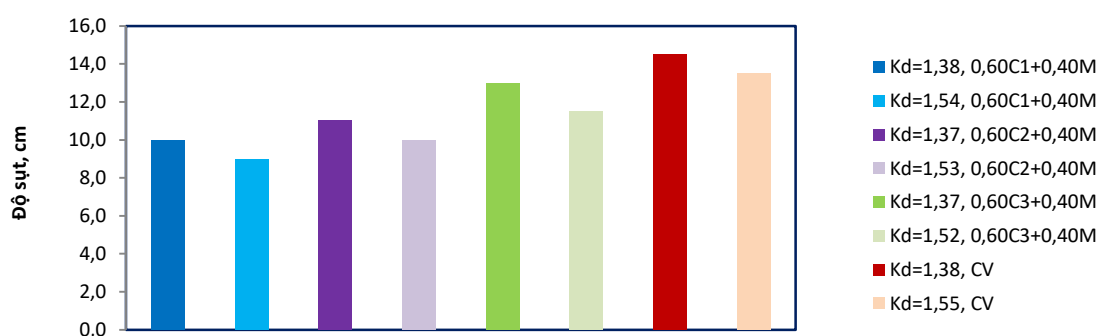
TT	Độ sụt, cm	Kích thước hạt lớn nhất của cốt liệu lớn $D_{\max} = 20\text{mm}$		
		Mô đun độ lớn của cát, M_{dl}		
		1,2	1,6	1,9
1	$1 \div 2$	157	152	148
2	$3 \div 4$	163	158	154

3.1.2.2. Quan hệ giữa lượng dùng nước và tính công tác của hỗn hợp bê tông sử dụng cát mịn phối hợp mật đá vôi

Để nghiên cứu tương quan lượng dùng nước và tính công tác của hỗn hợp bê tông sử dụng cát mịn phối hợp mật đá, luận án đã tiến hành thí nghiệm các cấp phối bê tông Bảng 3.2. Kết quả thí nghiệm tính chất của hỗn hợp bê tông được trình bày cụ thể tại Bảng 3,7 và Hình 3.3.

Bảng 3.7. Kết quả thí nghiệm tính chất hỗn hợp bê tông sử dụng (cát mịn phối hợp mật đá, cát thô)

TT	KH	M _{dl} của cát	M _{dl} của hỗn hợp CLN	K _d	KLTT, kg/m ³	Độ sụt, cm			Bọt khí, %
						Thời gian sau trộn, phút			
						0	30	60	
1	CPM1	1,2	2,2	1,38	2430	10,0	9,0	8,0	1,7
2	CPM2	1,2	2,2	1,54	2420	9,0	8,5	7,5	1,8
3	CPM3	1,6	2,4	1,37	2440	11,0	10,0	9,0	1,5
4	CPM4	1,6	2,4	1,53	2430	10,0	9,5	8,0	1,6
5	CPM5	1,9	2,6	1,37	2440	13,0	12,0	11,0	1,3
6	CPM6	1,9	2,6	1,52	2440	11,5	10,0	9,5	1,4
7	CP11	2,5	--	1,38	2430	14,5	14,0	13,0	1,9
8	CP12	2,5	--	1,55	2410	13,5	12,5	11,5	2,1



Hình 3.3. Quan hệ giữa độ sụt và hệ số K_d của hỗn hợp bê tông khi sử dụng (cát mịn phối hợp mật đá, cát thô)

Kết quả nghiên cứu cho thấy với cùng lượng nước trộn và tỷ lệ phụ gia giảm nước, độ sụt của hỗn hợp bê tông có xu hướng giảm khi tăng hệ số dư vữa. Điều này được lý giải là trong điều kiện nghiên cứu của luận án khi tăng hệ số dư vữa, lượng cốt liệu nhỏ (cát mịn phối hợp mật đá, cát thô) của hỗn hợp bê tông tăng, dẫn tới lượng nước tự do trong hỗn hợp bê tông giảm, khiến độ sụt của hỗn hợp bê tông bị suy giảm. Khối lượng thể tích của hỗn hợp bê tông ít chịu ảnh hưởng của chủng loại cát mà chỉ phụ thuộc vào mô đun độ lớn của hỗn hợp cát mịn phối hợp mật đá. Hàm lượng bọt khí của

hỗn hợp bê tông sử dụng các loại cát mịn có mô đun độ lớn khác nhau phối hợp mật đá trong nghiên cứu thì chênh lệch không nhiều. Hàm lượng bọt khí trong hỗn hợp bê tông trong trường hợp này phụ thuộc nhiều vào mức độ cuốn khí của phụ gia sử dụng. Kết quả nghiên cứu cũng cho thấy rằng mô đun độ lớn của cốt liệu nhỏ (cát mịn phối hợp mật đá, cát thô) có ảnh hưởng đáng kể đến tương quan giữa lượng dùng nước và độ sụt của hỗn hợp bê tông. Khi sử dụng cốt liệu nhỏ càng mịn thì tỷ diện tích bề mặt tăng mức độ hấp thụ nước tăng, do đó lượng nước trộn để đạt cùng độ sụt có xu hướng tăng dần theo chiều giảm mô đun độ lớn của cốt liệu nhỏ. Từ kết quả nghiên cứu Bảng 3.7, có thể đưa ra được quan hệ lượng dùng nước và tính công tác của hỗn hợp bê tông sử dụng (cát mịn phối hợp mật đá, cát thô), được trình bày cụ thể tại Bảng 3.8 như sau:

Bảng 3.8. Quan hệ lượng dùng nước và tính công tác của hỗn hợp bê tông sử dụng (cát mịn phối hợp mật đá, cát thô) có mô đun độ lớn khác nhau

TT	M_{dl}	M_{dlhh}	Lượng dùng nước, lít/m ³	Khi lựa chọn thành phần bê tông ưu tiên cho R_n		Khi lựa chọn thành phần bê tông ưu tiên cho R_{ku}	
				Độ sụt, cm	K_d	Độ sụt, cm	K_d
1	1,2	2,2	174	10,0	1,38	9,0	1,54
2	1,6	2,4	174	11,0	1,37	10,0	1,53
3	1,9	2,6	174	13,0	1,37	11,5	1,52
4	2,5	--	174	14,5	1,38	13,5	1,55

Kết quả nghiên cứu ở Bảng 3.8, cho thấy rằng:

- ❖ Khi sử dụng cùng lượng nước và thành phần bê tông có hệ số dư vữa ưu tiên cho cường độ chịu kéo khi uốn thường cho độ sụt nhỏ hơn từ (1,0 ÷ 1,5) cm so với thành phần bê tông có hệ số dư vữa ưu tiên cho cường độ chịu nén.
- ❖ Khi sử dụng cùng lượng nước, hỗn hợp cát mịn phối hợp mật đá có mô đun độ lớn càng giảm thì độ sụt của hỗn hợp bê tông càng giảm, trung bình giảm khoảng 1,5 cm cho sự thay đổi 0,2 giá trị mô đun độ lớn hỗn hợp cát mịn phối hợp mật đá.

3.1.3. Khả năng duy trì tính công tác của hỗn hợp bê tông

3.1.3.1. Khả năng duy trì tính công tác của hỗn hợp bê tông sử dụng cát mịn

Vật liệu theo các cấp phối thiết kế ngay sau khi trộn đều với nước, hỗn hợp bê tông đã có một tính công tác nhất định. Về mặt công nghệ và thực tế thi công thì tính công tác tại thời điểm, ở vị trí tạo hình mới có ý nghĩa quyết định. Theo thời gian, tính công

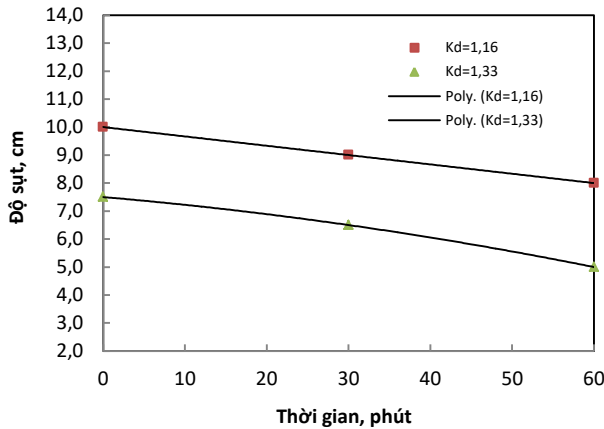
tác của hỗn hợp bê tông dần suy giảm. Để đảm bảo tính công tác cần thiết ở vị trí tạo hình, theo phương pháp thông thường cần tăng tính công tác ban đầu lên hoặc sử dụng biện pháp công nghệ để duy trì được tính công tác theo thời gian.

Mức độ cần thiết của việc duy trì tính công tác của hỗn hợp bê tông phụ thuộc vào đặc điểm công nghệ thi công. Đối với mặt đường bê tông xi măng trong điều kiện trạm trộn ở xa vị trí thi công, thời gian thi công lâu thì đây là vấn đề có tính bức thiết cao, ảnh hưởng đáng kể đến chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật của bê tông. Việc duy trì tính công tác sẽ giúp hạn chế được việc phải nâng cao độ sụt ban đầu sau khi trộn thông qua việc tăng lượng nước trộn và hệ quả là không cần phải tăng lượng dùng xi măng để giữ tỷ lệ X/N cố định, nhằm đáp ứng yêu cầu về cường độ chịu nén, cường độ chịu kéo khi uốn, độ mài mòn đối với mặt đường bê tông xi măng. Ảnh hưởng đến khả năng duy trì tính công tác của hỗn hợp bê tông có nhiều yếu tố. Ngoài các ảnh hưởng của điều kiện tự nhiên bên ngoài như nhiệt độ, độ ẩm, bức xạ mặt trời, gió... không thể không kể đến ảnh hưởng của tính công tác ban đầu, đặc điểm tính chất của xi măng, cốt liệu sử dụng, đặc biệt là chủng loại, tỷ lệ phụ gia giảm nước.

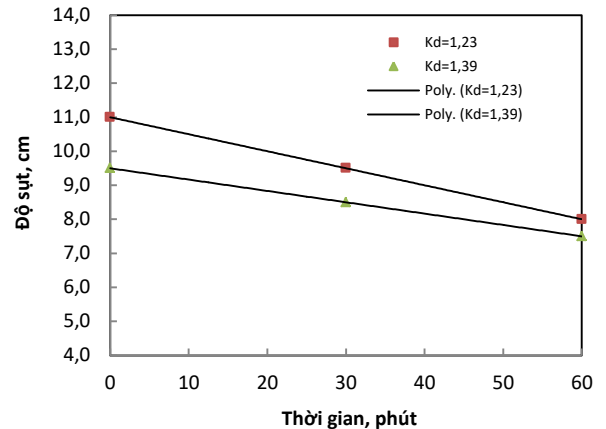
Việc nghiên cứu ảnh hưởng của thành phần bê tông sử dụng cát mịn tới tính công tác và sự suy giảm tính công tác theo thời gian được tiến hành với các cấp phối bê tông trong Bảng 3.1. Độ sụt được đo ở các thời điểm ngay sau khi trộn xong và 30 phút, 60 phút sau khi trộn. Kết quả thí nghiệm sự suy giảm độ sụt theo thời gian của các cấp phối bê tông trong Bảng 3.9, được thể hiện ở Hình (3.4, 3.5, 3.6, 3.7).

Bảng 3.9. Sự suy giảm độ sụt của các hỗn hợp bê tông sử dụng (cát mịn, cát thô) theo thời gian

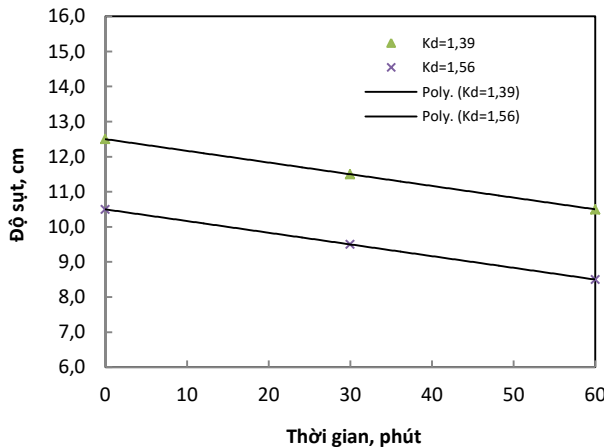
TT	KH	M _{dl}	K _d	X/N	Độ sụt, cm		
					Thời gian sau trộn, phút		
					0	30	60
1	CP7	1,2	1,16	2,00	10,0	9,0	8,0
2	CP8	1,2	1,33	2,00	7,5	6,5	5,0
3	CP3	1,6	1,23	2,00	11,0	9,5	8,0
4	CP4	1,6	1,39	2,00	9,5	8,5	7,5
5	CP9	1,9	1,39	2,00	12,5	11,5	10,5
6	CP10	1,9	1,56	2,00	10,5	9,5	8,5
7	CP11	2,5	1,38	2,00	14,5	14,0	13,0
8	CP12	2,5	1,55	2,00	13,5	12,5	11,5



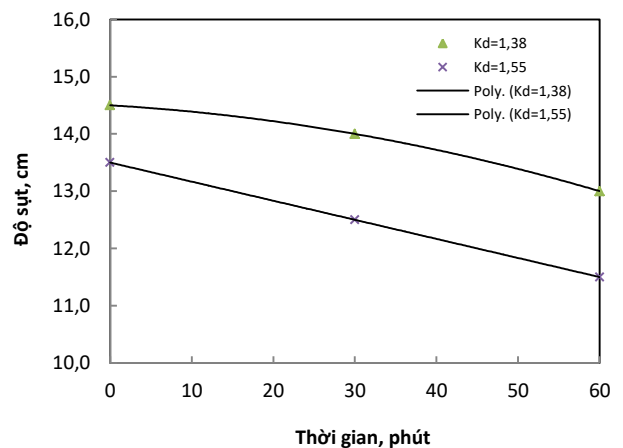
Hình 3.4. Sự suy giảm độ sụt của các hỗn hợp bê tông sử dụng cát mịn C1 ($M_{dl}=1,2$) theo thời gian



Hình 3.5. Sự suy giảm độ sụt của các hỗn hợp bê tông sử dụng cát mịn C2 ($M_{dl}=1,6$) theo thời gian



Hình 3.6. Sự suy giảm độ sụt của các hỗn hợp bê tông sử dụng cát mịn C3 ($M_{dl}=1,9$) theo thời gian



Hình 3.7. Sự suy giảm độ sụt của các hỗn hợp bê tông sử dụng cát thô CV ($M_{dl}=2,5$) theo thời gian

Kết quả nghiên cứu cho thấy các hỗn hợp bê tông bị suy giảm độ sụt không nhiều theo thời gian. Sau 60 phút khi tăng hệ số dư vữa từ 1,16 đến 1,56, thì độ sụt giảm từ (13,5 ÷ 14,5) cm xuống còn (11,5 ÷ 13,0) cm đối với cát thô (CV), từ (10,5 ÷ 12,5) cm xuống còn (8,5 ÷ 10,5) cm đối với cát mịn (C3), từ (9,5 ÷ 11,0) cm xuống còn (7,5 ÷ 8,0) cm đối với cát mịn (C2); từ (7,5 ÷ 10,0) cm xuống còn (5,0 ÷ 8,0) cm đối với cát mịn (C1). Có thể thấy sau 60 phút, độ sụt của hỗn hợp bê tông sử dụng cát mịn suy giảm theo thời gian khoảng 3,0 cm, sử dụng cát thô suy giảm khoảng 2,0 cm. Với tính công tác này, các hỗn hợp bê tông vẫn có thể đáp ứng thi công được cho mặt đường bê tông xi măng. Nếu muốn duy trì độ sụt của hỗn hợp bê tông đảm bảo yêu cầu về tính công tác trong thi công đối với mặt đường bê tông xi măng thì phải sử dụng các biện

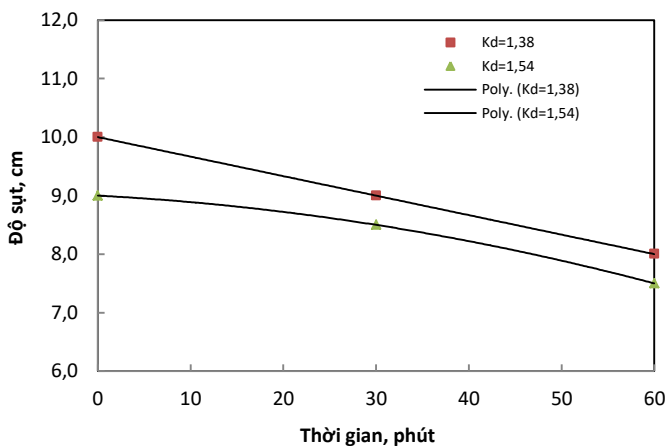
pháp công nghệ như sử dụng hoặc tăng lượng dùng phụ gia giảm nước. Do đó, để đảm bảo khả năng duy trì độ sụt của hỗn hợp bê tông cần phải lựa chọn loại phụ gia phù hợp thông qua thí nghiệm thực tế.

3.1.3.2. Khả năng duy trì tính công tác của hỗn hợp bê tông sử dụng cát mịn phối hợp mật đá vôi

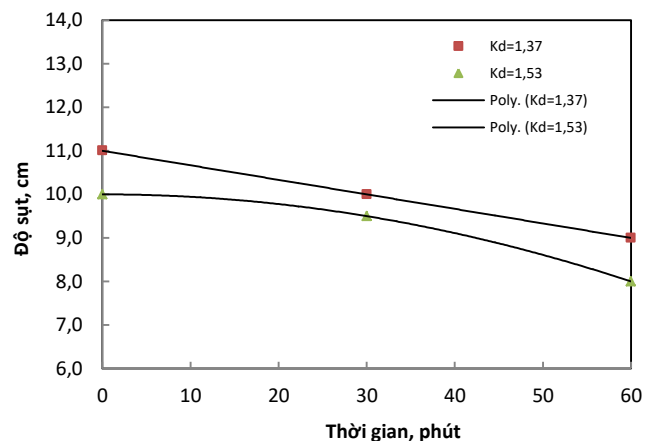
Việc nghiên cứu ảnh hưởng của thành phần bê tông sử dụng cát mịn phối hợp mật đá tới tính công tác và sự suy giảm tính công tác theo thời gian được tiến hành với các cấp phối bê tông trong Bảng 3.2. Độ sụt được đo ở các thời điểm ngay sau khi trộn xong và 30 phút, 60 phút sau khi trộn. Kết quả thí nghiệm sự suy giảm độ sụt theo thời gian của các cấp phối bê tông được trình bày tại Bảng 3.10, Hình (3.8, 3.9, 3.10, 3.11).

Bảng 3.10. Sự suy giảm độ sụt của các hỗn hợp bê tông sử dụng (cát mịn phối hợp mật đá, cát thô) theo thời gian

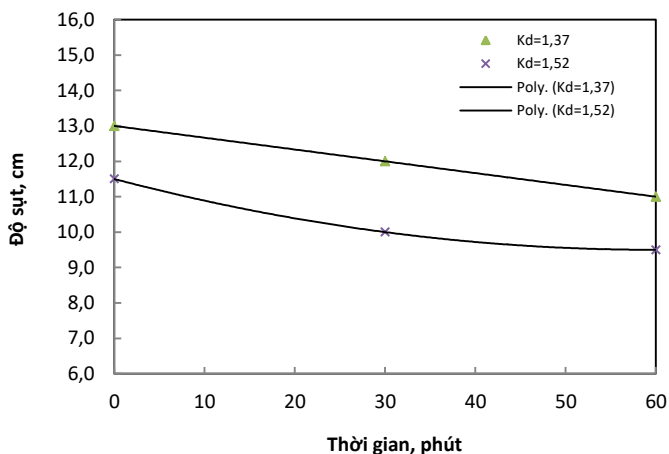
TT	KH	M _{all} của cát	M _{all} của hỗn hợp CLN	K _d	X/N	Độ sụt, cm		
						Thời gian sau trộn, phút		
						0	30	60
1	CPM1	1,2	2,2	1,38	2,00	10,0	9,0	8,0
2	CPM2	1,2	2,2	1,54	2,00	9,0	8,5	7,5
3	CPM3	1,6	2,4	1,37	2,00	11,0	10,0	9,0
4	CPM4	1,6	2,4	1,53	2,00	10,0	9,5	8,0
5	CPM5	1,9	2,6	1,37	2,00	13,0	12,0	11,0
6	CPM6	1,9	2,6	1,52	2,00	11,5	10,0	9,5
7	CP11	2,5	--	1,38	2,00	14,5	14,0	13,0
8	CP12	2,5	--	1,55	2,00	13,5	12,5	11,5



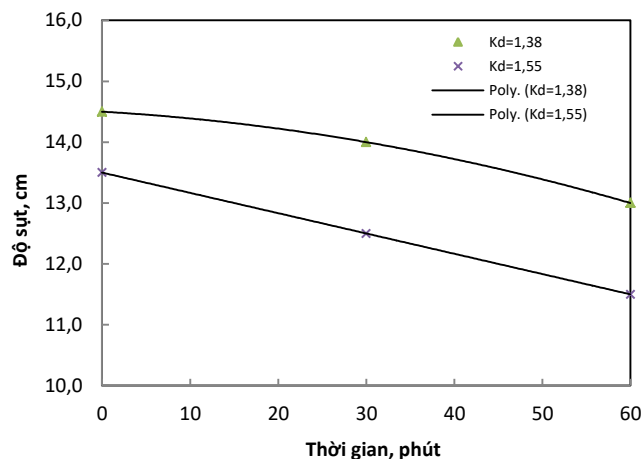
Hình 3.8. Sự suy giảm độ sụt của các hỗn hợp bê tông sử dụng cát mịn C1 phối hợp mật đá theo thời gian



Hình 3.9. Sự suy giảm độ sụt của các hỗn hợp bê tông sử dụng cát mịn C2 phối hợp mật đá theo thời gian



Hình 3.10. Sự suy giảm độ sụt của các hỗn hợp bê tông sử dụng cát mịn C3 phối hợp mật đá theo thời gian



Hình 3.11. Sự suy giảm độ sụt của các hỗn hợp bê tông sử dụng cát thô CV theo thời gian

Kết quả nghiên cứu cho thấy khi phối hợp cát mịn (C1, C2, C3) với mật đá (M), cùng tỷ lệ $X/N=2,00$, thì tính công tác của hỗn hợp bê tông có xu hướng cao hơn so với khi sử dụng riêng cát mịn, hỗn hợp bê tông bị suy giảm độ sụt không nhiều theo thời gian. Sau 60 phút khi tăng hệ số dư vữa từ 1,37 đến 1,55, thì độ sụt giảm từ (13,5 ÷ 14,5) cm xuống còn (11,5 ÷ 13,0) cm đối với cát thô (CV), từ (11,5 ÷ 13,0) cm xuống còn (9,5 ÷ 11,0) cm đối với cát mịn (C3M), từ (10,0 ÷ 11,0) cm xuống còn (8,0 ÷ 9,0) cm đối với cát mịn (C2M); từ (9,0 ÷ 10,0) cm xuống còn (7,5 ÷ 8,0) cm đối với cát mịn (C1M). Có thể thấy sau 60 phút độ sụt của hỗn hợp bê tông sử dụng cát mịn phối hợp mật đá suy giảm theo thời gian khoảng 2,0 cm tương đương cát thô cùng mô đun độ lớn. Với tính công tác này, các hỗn hợp bê tông sử dụng cát mịn phối hợp mật đá hoàn toàn có thể đáp ứng thi công được cho mặt đường bê tông xi măng.

3.1.4. Phân tầng của hỗn hợp bê tông

3.1.4.1. Phân tầng của hỗn hợp bê tông sử dụng cát mịn

Trong hỗn hợp bê tông hiện tượng phân tầng xảy ra khi các thành phần của hỗn hợp bê tông không có sự đồng nhất mà bị phân tách theo một chiều nhất định, chủ yếu theo phương tạo hình. Trong quá trình tạo hình, dưới tác động cơ học và trọng lực bản thân, các phân tử trong hỗn hợp bê tông có sự dịch chuyển nhất định. Theo đó, các phân tử có khối lượng thể tích nhỏ có xu hướng dịch chuyển lên trên còn các phân tử có khối lượng thể tích lớn có xu hướng dịch chuyển xuống dưới.

Trong thành phần hỗn hợp bê tông các bọt khí là nhẹ nhất và luôn có xu hướng dịch chuyển lên trên. Tuy nhiên, không khí trong các bọt khí khi lên tới bề mặt thì thoát ra ngoài làm tăng sự đồng nhất và đặc chắc của hỗn hợp bê tông. Hiện tượng này có tác động tích cực đến tính chất của hỗn hợp bê tông và bê tông.

Sự dịch chuyển của các thành phần còn lại của hỗn hợp bê tông sẽ làm suy giảm sự đồng nhất của hỗn hợp. Khi đó có thể xem xét hỗn hợp bê tông bao gồm pha rắn và pha lỏng (nước) hay bao gồm cốt liệu lớn và vữa. Từ góc độ đó, độ phân tầng của hỗn hợp bê tông được đánh giá theo độ tách nước và độ tách vữa.

Hiện tượng tách nước và tách vữa có ảnh hưởng khác nhau đến tính chất hỗn hợp bê tông và bê tông. Nước tách ra khỏi hỗn hợp bê tông sẽ dịch chuyển lên bề mặt theo các đường dẫn tạo thành một lớp nước che phủ bề mặt. Sự xuất hiện của lớp nước này ở một khía cạnh nào đó, có tác dụng hạn chế sự bay hơi nước của hỗn hợp bê tông làm giảm co mềm (điều này có thể lý giải ban đầu phải mất một thời gian nhất định thì lớp nước che phủ bề mặt mới bay hơi hết, khi đó nước ở phía dưới mới tiếp tục dịch chuyển lên trên). Tuy nhiên, các đường dẫn nước lên bề mặt hình thành do tách nước sẽ làm tăng độ hút nước, hút nước mao mạch, ảnh hưởng đến độ bền lâu của bê tông, nhất là trong các môi trường xâm thực. Còn tách vữa khiến cho một phần của khối đổ có quá nhiều vữa, trong khi phần khác lại có quá nhiều cốt liệu lớn khiến tính đồng nhất của bê tông bị suy giảm. Khi đó, phần có nhiều vữa thường co ngót nhiều hơn, dễ bị nứt và có độ mài mòn kém hơn. Còn phần có nhiều đá thường là quá thô, khó đầm và hoàn thiện, dễ bị rỗ tổ ong [73].

Để nghiên cứu về phân tầng của hỗn hợp bê tông sử dụng cát mịn đối với mặt đường bê tông xi măng, luận án đã tiến hành thí nghiệm các cấp phối bê tông được trình bày Bảng 3.1 và kết quả thí nghiệm được trình bày theo Bảng 3.11.

Bảng 3.11. Kết quả thí nghiệm phân tầng của hỗn hợp bê tông sử dụng (cát mịn, cát thô)

TT	KH	M _{dl}	K _d	X/N	KLTT, kg/m ³	ĐS, cm	Bọt khí, %	Độ tách nước, %	Độ tách vữa, %
1	CP1	1,6	1,37	1,80	2400	17,0	2,4	0,0	2,6
2	CP2	1,6	1,53	1,80	2390	16,5	2,6	0,0	2,8
3	CP3	1,6	1,23	2,00	2420	11,0	2,1	0,0	2,2

4	CP4	1,6	1,39	2,00	2400	9,5	2,2	0,0	2,5
5	CP5	1,6	1,23	2,30	2450	8,0	1,7	0,0	1,8
6	CP6	1,6	1,41	2,30	2430	7,5	1,9	0,0	2,1
7	CP7	1,2	1,16	2,00	2410	10,0	1,9	0,0	2,4
8	CP8	1,2	1,33	2,00	2400	7,5	2,0	0,0	2,6
9	CP9	1,9	1,39	2,00	2420	12,5	2,1	0,0	2,4
10	CP10	1,9	1,56	2,00	2400	10,5	2,3	0,0	2,5
11	CP11	2,5	1,38	2,00	2430	14,5	1,9	0,0	0,0
12	CP12	2,5	1,55	2,00	2410	13,5	2,1	0,0	0,0

Độ tách vữa và độ tách nước được xác định theo tiêu chuẩn TCVN 3109 : 1993. Nước trong hỗn hợp bê tông có thể tham gia vào phản ứng thủy hóa xi măng, hấp thụ lên các bề mặt chất rắn, bị hút bởi cốt liệu hoặc ở trạng thái tự do. Trong đó, nước tự do là nguyên nhân gây ra hiện tượng tách nước. Nước là phân tử có khối lượng thể tích nhẹ hơn nên có xu hướng dịch chuyển lên trên. Khi tăng dần lượng nước trộn, tính công tác của hỗn hợp bê tông có thể gia tăng đến một giá trị nhất định mà khi vượt qua đó, hỗn hợp bê tông bắt đầu bị tách nước. Hiện tượng này phụ thuộc vào khả năng giữ nước của vật liệu sử dụng. Tiêu chuẩn TCVN 9340 : 2012 “Hỗn hợp bê tông trộn sẵn - Yêu cầu cơ bản đánh giá chất lượng và nghiệm thu” [44] quy định độ tách nước của hỗn hợp bê tông có mác hỗn hợp bê tông theo tính công tác D1 và D2 không vượt quá 0,4 %; D3 và D4 không vượt quá 0,8 %.

Nhiều nghiên cứu cho thấy rằng, khi giảm mô đun độ lớn của cát và sử dụng các loại phụ gia giảm nước là biện pháp hữu hiệu để cải thiện độ tách nước của hỗn hợp bê tông. Các kết quả thí nghiệm Bảng 3.11, cho thấy hỗn hợp bê tông có độ sụt từ 7,5 cm đến 17,0 cm hầu như không tách nước, nghĩa là nằm trong giới hạn cho phép theo TCVN 9340 : 2012. Độ tách nước của hỗn hợp có thể điều chỉnh được thông qua việc lựa chọn lượng nước trộn, loại và lượng phụ gia giảm nước phù hợp.

Các kết quả trên cho thấy hoàn toàn có thể sử dụng cát mịn có mô đun độ lớn từ 1,0 đến 2,0, đáp ứng được yêu cầu về độ tách nước của hỗn hợp bê tông đối với mặt đường bê tông xi măng.

Xét trên góc độ hỗn hợp bê tông gồm hai thành phần cốt liệu lớn và hỗn hợp vữa thì có thể thấy rằng trong quá trình tạo hình cốt liệu lớn có khối lượng thể tích lớn hơn

nên có xu hướng dịch chuyển xuống dưới còn vữa xi măng có khối lượng thể tích nhỏ hơn sẽ tách ra và dịch chuyển lên trên. Quá trình dịch chuyển này chịu ảnh hưởng của nhiều yếu tố, trong đó có sự tương tác giữa các phần của hai pha. Ở đây có thể xem tách vữa có liên quan trực tiếp tới sự dịch chuyển, lắng đọng các hạt chất rắn dưới tác động của trọng lực trong điều kiện lưu biến của pha lỏng bị thay đổi dưới tác động của ngoại lực (tác động rung). Như vậy, tính xúc biến của hỗn hợp bê tông có ảnh hưởng tới độ tách vữa của hỗn hợp.

Trong phạm vi nghiên cứu của luận án, đã tiến hành đánh giá ảnh hưởng của tính công tác và lượng nước tới độ tách vữa. Ảnh hưởng của tính công tác đến độ tách vữa của hỗn hợp bê tông với các mô đun độ lớn của cát khác nhau thể hiện khá rõ khi so sánh các kết quả thí nghiệm trên Bảng (3.1, 3.11). Điều này được thể hiện ở kết quả nghiên cứu đó là với cùng tỷ lệ $X/N=2,00$, thì khi tăng hệ số dư vữa từ 1,16 đến 1,56 thì với cát thô (CV) độ sụt giảm từ 14,5 cm đến 13,5 cm và hiện tượng tách vữa không xảy ra (độ tách vữa có giá trị 0 %), với cát mịn (C3) độ sụt giảm từ 12,5 cm đến 10,5 cm và độ tách vữa tăng từ 2,4 % đến 2,5 %, với cát mịn (C2) độ sụt giảm từ 11,0 cm đến 9,5 cm và độ tách vữa tăng từ 2,2 % đến 2,5 % và với cát mịn (C1) độ sụt giảm từ 10,0 cm đến 7,5 cm và độ tách vữa tăng từ 2,4 % đến 2,6 %.

Đối với cát mịn (C2) với tỷ lệ $X/N=1,80$, thì khi hệ số dư vữa tăng từ 1,37 đến 1,53 độ sụt giảm từ 17,0 cm đến 16,5 cm và độ tách vữa tăng từ 2,6 % đến 2,8 %. Với tỷ lệ $X/N=2,30$, thì khi hệ số dư vữa tăng từ 1,23 đến 1,41 độ sụt giảm từ 8,0 cm đến 7,5 cm và độ tách vữa tăng từ 1,8 % đến 2,1 % .

Như vậy, từ kết quả nghiên cứu cho thấy với cùng tỷ lệ X/N thì độ tách vữa có xu hướng tăng dần theo chiều giảm của mô đun độ lớn của cát, theo chiều tăng của hệ số dư vữa, độ tách vữa đối với cát mịn có giá trị từ 1,8 % đến 2,8 %, cát thô có giá trị bằng 0 % và đều đạt yêu cầu kỹ thuật trong giới hạn cho phép theo TCVN 9340 : 2012 [44]. Độ tách vữa đối với bê tông sử dụng cát mịn có giá trị lớn khi hệ số dư vữa ở mức cao. Tuy nhiên, đối với mặt đường bê tông xi măng thì độ mài mòn của bê tông là chỉ tiêu rất quan trọng. Trong khi đó hiện tượng tách vữa và tách nước lại ảnh hưởng trực tiếp đến bề mặt trên cùng của mặt đường bê tông xi măng, tức là ảnh hưởng trực

tiếp đến khả năng chống mài mòn của bê tông. Do đó, luận án cần nghiên cứu đưa ra giải pháp hợp lý để khắc phục vấn đề hạn chế này của bê tông sử dụng cát mịn khi dùng cho mặt đường bê tông xi măng.

3.1.4.2. Phân tầng của hỗn hợp bê tông sử dụng cát mịn phối hợp mặt đá vôi

Để nghiên cứu về phân tầng của hỗn hợp bê tông sử dụng cát mịn phối hợp mặt đá đối với mặt đường bê tông xi măng, luận án đã tiến hành thí nghiệm các cấp phối bê tông được trình bày Bảng 3.2 và kết quả thí nghiệm được trình bày theo Bảng 3.12.

Bảng 3.12. Kết quả thí nghiệm phân tầng của hỗn hợp bê tông sử dụng (cát mịn phối hợp mặt đá, cát thô)

TT	KH	M _{dl} của cát	M _{dl} của hỗn hợp CLN	K _d	X/N	KLTT, kg/m ³	ĐS, cm	Bọt khí, %	Độ tách nước, %	Độ tách vữa, %
1	CPM1	1,2	2,2	1,38	2,00	2430	10,0	1,7	0,0	0,0
2	CPM2	1,2	2,2	1,54	2,00	2420	9,0	1,8	0,0	0,0
3	CPM3	1,6	2,4	1,37	2,00	2440	11,0	1,5	0,0	0,0
4	CPM4	1,6	2,4	1,53	2,00	2430	10,0	1,6	0,0	0,0
5	CPM5	1,9	2,6	1,37	2,00	2440	13,0	1,3	0,0	0,0
6	CPM6	1,9	2,6	1,52	2,00	2440	11,5	1,4	0,0	0,0
7	CP11	2,5	--	1,38	2,00	2430	14,5	1,9	0,0	0,0
8	CP12	2,5	--	1,55	2,00	2410	13,5	2,1	0,0	0,0

Độ tách vữa và độ tách nước của hỗn hợp bê tông sử dụng cát mịn phối hợp mặt đá cũng được xác định theo tiêu chuẩn TCVN 3109 : 1993. Nước trong hỗn hợp bê tông sử dụng cát mịn phối hợp mặt đá có thể tham gia vào phản ứng thủy hóa xi măng, hấp thụ lên các bề mặt chất rắn, bị hút bởi cốt liệu hoặc ở trạng thái tự do. Trong đó, nước tự do là nguyên nhân gây ra hiện tượng tách nước. Nước là phần tử có khối lượng thể tích nhẹ hơn nên có xu hướng dịch chuyển lên trên. Khi tăng dần lượng nước trộn, tính công tác của hỗn hợp bê tông sử dụng cát mịn phối hợp mặt đá có thể gia tăng đến một giá trị nhất định mà khi vượt qua đó, hỗn hợp bê tông bắt đầu bị tách nước. Hiện tượng này phụ thuộc vào khả năng giữ nước của vật liệu sử dụng. Các kết quả thí nghiệm Bảng 3.12, cho thấy hỗn hợp bê tông sử dụng cát mịn phối hợp mặt đá có độ sụt từ 9,0 cm đến 13,0 cm hầu như không tách nước, nghĩa là nằm trong giới hạn cho phép theo

TCVN 9340 : 2012. Độ tách nước của hỗn hợp có thể điều chỉnh được thông qua việc lựa chọn lượng nước trộn, loại và lượng phụ gia giảm nước phù hợp.

Các kết quả trên cho thấy hoàn toàn có thể sử dụng cát mịn có mô đun độ lớn từ 1,0 đến 2,0 phối hợp với mặt đá, đáp ứng được yêu cầu về độ tách nước của hỗn hợp bê tông đối với mặt đường bê tông xi măng.

Xét trên góc độ hỗn hợp bê tông sử dụng cát mịn phối hợp mặt đá gồm hai thành phần cốt liệu lớn và hỗn hợp vừa thì có thể thấy rằng trong quá trình tạo hình cốt liệu lớn có khối lượng thể tích lớn hơn nên có xu hướng dịch chuyển xuống dưới còn vừa xi măng có khối lượng thể tích nhỏ hơn sẽ tách ra và dịch chuyển lên trên. Quá trình dịch chuyển này chịu ảnh hưởng của nhiều yếu tố, trong đó có sự tương tác giữa các phần của hai pha. Ở đây có thể xem tách vừa có liên quan trực tiếp tới sự dịch chuyển, lắng đọng các hạt chất rắn dưới tác động của trọng lực trong điều kiện lưu biến của pha lỏng bị thay đổi dưới tác động của ngoại lực (tác động rung). Như vậy, tính xúc biến của hỗn hợp bê tông sử dụng cát mịn phối hợp mặt đá cũng có ảnh hưởng tới độ tách vừa của hỗn hợp.

Trong phạm vi nghiên cứu của luận án, đã tiến hành đánh giá ảnh hưởng của tính công tác và lượng nước tới độ tách vừa. Ảnh hưởng của tính công tác đến độ tách vừa của hỗn hợp bê tông sử dụng cát mịn có mô đun độ lớn khác nhau (C1, C2, C3) phối hợp mặt đá (M), thể hiện khá rõ khi so sánh các kết quả thí nghiệm trên Bảng (3.2, 3.12). Điều này được thể hiện ở kết quả nghiên cứu đó là với cùng tỷ lệ $X/N = 2,00$, thì mặc dù khi tăng hệ số dư vừa từ 1,37 đến 1,55 thì với cát thô (CV) độ sụt giảm từ 14,5 cm xuống còn 13,5 cm, với cát mịn (C3M) độ sụt giảm từ 13,0 cm xuống còn 11,5 cm, với cát mịn (C2M) độ sụt giảm từ 11,0 cm xuống còn 10,0 cm và với cát mịn (C1M) độ sụt giảm từ 10,0 cm xuống còn 9,0 cm, nhưng hiện tượng tách vừa hầu như không xảy ra. Đây có thể là ưu điểm của việc sử dụng mặt đá phối trộn cát mịn dùng làm cốt liệu nhỏ trong bê tông làm mặt đường bê tông xi măng.

Kết quả nghiên cứu cho thấy với việc sử dụng cát mịn phối hợp mặt đá, đã hạn chế được hiện tượng tách vừa của hỗn hợp bê tông so với khi sử dụng riêng cát mịn,

đồng nghĩa với việc có thể nâng cao được khả năng chống mài mòn của bê tông xi măng làm đường nói chung và mặt đường bê tông xi măng nói riêng.

3.2. Tính chất của bê tông

3.2.1. Quan hệ cường độ chịu nén của bê tông với cường độ chịu nén của xi măng và tỷ lệ xi măng trên nước

3.2.1.1. Quan hệ cường độ chịu nén của bê tông sử dụng cát mịn với cường độ chịu nén của xi măng và tỷ lệ xi măng trên nước

Quan hệ giữa cường độ chịu nén của bê tông sử dụng cát mịn với cường độ chịu nén của xi măng và tỷ lệ xi măng trên nước, được mô tả bằng công thức (1). Các hệ số của công thức được thiết lập nhờ tổng hợp số lượng lớn các kết quả thí nghiệm sử dụng nhiều loại vật liệu khác nhau.

Phân tích kết quả thí nghiệm ở Liên Xô (cũ) [91] khuyến cáo lấy giá trị hệ số B bằng -0,5 khi tỷ lệ $X/N < 2,5$ và bằng +0,5 khi tỷ lệ $X/N > 2,5$. Khi đó, công thức (1) có dạng:

$$R_b^n = A_n \cdot R_x^n \cdot \left(\frac{X}{N} \pm 0,5 \right) \quad (2)$$

Trong đó:

R_b^n, R_x^n - Cường độ chịu nén của bê tông và xi măng, MPa.

A_n - Hệ số chất lượng vật liệu theo cường độ chịu nén.

X, N - Lượng xi măng và nước trong 1 m^3 bê tông, kg.

Nghiên cứu trên cũng cho thấy hệ số A_n phụ thuộc vào chất lượng vật liệu sử dụng được đề xuất bằng 0,55; 0,60; 0,65 (khi $X/N < 2,5$) và bằng 0,37; 0,40; 0,43 (khi $X/N > 2,5$), ứng với bê tông sử dụng vật liệu chất lượng kém, trung bình và tốt.

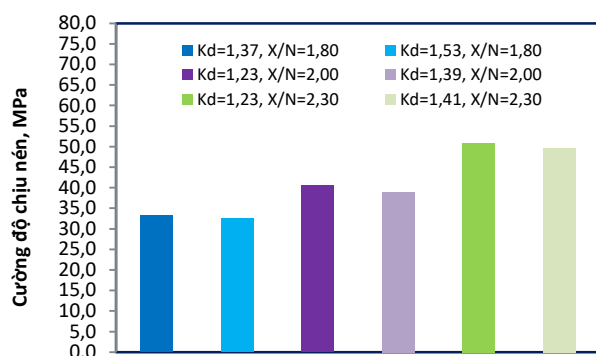
Sử dụng các vật liệu ở Việt Nam, nghiên cứu [17] đã xác định hệ số A_n (khi $X/N < 2,5$) có giá trị bằng 0,50; 0,55; 0,60 và (khi $X/N > 2,5$) có giá trị bằng 0,32; 0,35; 0,38 ứng với bê tông sử dụng vật liệu chất lượng kém, trung bình và tốt. Trên cơ sở đó, thì theo [3], [33], đã đề xuất hệ số A_n có giá trị (khi $X/N < 2,5$) bằng 0,45; 0,50; 0,54 và (khi $X/N > 2,5$) bằng 0,29; 0,32; 0,34, ứng với bê tông sử dụng vật liệu chất lượng kém, trung bình và tốt.

Các nghiên cứu trước đó với cát mịn tại Việt Nam đã được sử dụng làm cơ sở để [45] khuyến cáo lấy giá trị hệ số B bằng 0,5, còn hệ số A_n tương ứng với chất lượng vật liệu kém, trung bình và tốt bằng 0,46; 0,52; 0,60 với cát có mô đun độ lớn từ 0,7 đến 1,1 và bằng 0,49; 0,55; 0,62 với cát có mô đun độ lớn từ 1,2 đến 2,0.

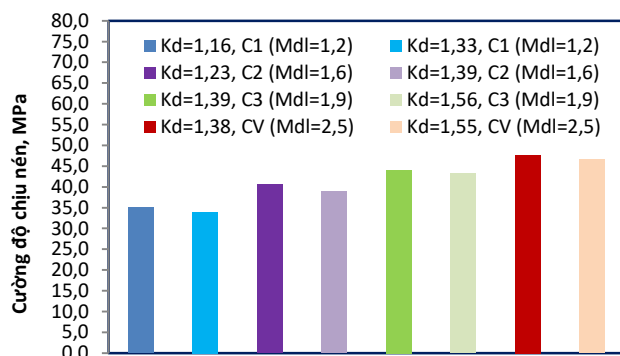
Có thể thấy rằng, mặc dù các nghiên cứu đều sử dụng công thức (2) làm cơ sở phục vụ cho việc lựa chọn thành phần bê tông theo cường độ chịu nén, tuy nhiên các hệ số đề xuất có sự khác biệt là đáng kể. Do đó, việc nghiên cứu, bổ sung các số liệu xác định các hệ số tính toán sẽ có ý nghĩa thực tiễn cao và được đề cập tới trong nghiên cứu của luận án. Để kiểm tra các hệ số của công thức (2), luận án đã tiến hành thí nghiệm các cấp phối trong Bảng 3.1, kết quả nghiên cứu được trình bày trong Bảng 3.13 và Hình (3.12, 3.13).

Bảng 3.13. Quan hệ cường độ chịu nén của bê tông sử dụng (cát mịn, cát thô) và tỷ lệ X/N

TT	KH	M_{dl}	K_d	X/N	KLTT, kg/m ³	ĐS, cm	Cường độ chịu nén, ở độ tuổi, ngày, MPa		
							3	7	28
1	CP1	1,6	1,37	1,80	2400	17,0	16,3	29,2	33,2
2	CP2	1,6	1,53	1,80	2390	16,5	15,7	28,7	32,5
3	CP3	1,6	1,23	2,00	2420	11,0	19,3	35,6	40,5
4	CP4	1,6	1,39	2,00	2400	9,5	18,1	33,5	38,9
5	CP5	1,6	1,23	2,30	2450	8,0	33,5	45,5	50,8
6	CP6	1,6	1,41	2,30	2430	7,5	32,1	43,2	49,7
7	CP7	1,2	1,16	2,00	2410	10,0	17,3	31,2	35,1
8	CP8	1,2	1,33	2,00	2400	7,5	16,2	29,9	34,0
9	CP9	1,9	1,39	2,00	2420	12,5	21,4	39,5	44,1
10	CP10	1,9	1,56	2,00	2400	10,5	20,5	38,1	43,2
11	CP11	2,5	1,38	2,00	2430	14,5	22,8	43,1	47,7
12	CP12	2,5	1,55	2,00	2410	13,5	22,1	42,5	46,6



Hình 3.12. Quan hệ giữa R_{n28} của bê tông sử dụng cát mịn C2 và hệ số K_d ($X/N=1,80; 2,00; 2,30$)



Hình 3.13. Quan hệ giữa R_{n28} của bê tông sử dụng cát (C1, C2, C3, CV) và hệ số K_d ($X/N=2,00$)

Trên cơ sở kết quả thí nghiệm, đã sử dụng cấp phối bê tông CP (1,3,5) có hệ số dư vữa ưu tiên cho cường độ chịu nén và dùng công thức (2), hệ số B được giữ cố định bằng 0,5. Khi giữ cố định hệ số B, thì ứng với mỗi cặp (cường độ chịu nén - tỷ lệ X/N), có thể xác định được một hệ số A_n . Kết quả xác định hệ số A_n cho từng cặp giá trị và giá trị cho mỗi phương án vật liệu ở độ tuổi 28 ngày khác nhau, được trình bày tại Bảng (3.14, 3.15).

Bảng 3.14. Hệ số A_n với cát mịn C2 và tỷ lệ ($X/N = 1,80; 2,00; 2,30$)

TT	KH	M_{dl}	K_d	X/N	Hệ số A_n
1	CP1	1,6	1,37	1,80	0,51
2	CP3	1,6	1,23	2,00	0,54
3	CP5	1,6	1,23	2,30	0,57

Kết quả nghiên cứu Bảng 3.14, cho thấy với cùng mô đun độ lớn 1,6 và tỷ lệ X/N thay đổi từ 1,80 đến 2,30 thì hệ số A_n có giá trị bằng 0,51; 0,54; 0,57. Do đó, có thể chọn giá trị hệ số A_n trung bình bằng 0,54 (tương ứng tỷ lệ X/N = 2,00), tỷ lệ X/N này được dùng để nghiên cứu các tính chất của hỗn hợp bê tông và bê tông sử dụng cát có mô đun độ lớn khác nhau (tỷ lệ X/N=2,00 cũng phù hợp với việc lựa chọn trong thành phần bê tông sử dụng cát mịn phối hợp mặt đá ở mục 3.1.1.2), để từ đó xác định hệ số A_n phục vụ công việc thiết kế lựa chọn thành phần bê tông theo cường độ chịu nén.

Bảng 3.15. Hệ số A_n với các loại cát có mô đun độ lớn khác nhau và cùng tỷ lệ $X/N = 2,00$

TT	KH	M_{dl}	K_d	X/N	Hệ số A_n
1	CP7	1,2	1,16	2,00	0,47
2	CP3	1,6	1,23	2,00	0,54

3	CP9	1,9	1,39	2,00	0,59
4	CP11	2,5	1,38	2,00	0,64

Kết quả nghiên cứu Bảng 3.15, cho thấy hệ số A_n có xu hướng giảm khi giảm mô đun độ lớn của cát. Điều này có nghĩa với cùng tỷ lệ X/N thì cát có mô đun độ lớn cao hơn thì cường độ chịu nén lớn hơn và khi tăng cùng một đơn vị tỷ lệ X/N thì bê tông sử dụng cát có mô đun độ lớn càng lớn mức độ gia tăng cường độ chịu nén càng cao. Hay nói cách khác, để đạt cùng mức cường độ chịu nén, khi giảm mô đun độ lớn của cát thì cần phải tăng tỷ lệ X/N, phù hợp với quy luật chung.

Kết quả nghiên cứu cũng cho thấy rằng hệ số A_n tăng khi tỷ lệ X/N tăng và có sự thay đổi đáng kể theo mô đun độ lớn của cát. Các giá trị hệ số A_n này có thể được tham khảo sử dụng trong thiết kế lựa chọn thành phần bê tông cho mặt đường bê tông xi măng. Với hệ số A_n khuyến cáo trên thì khi dùng xi măng (PCB40, PC40) và phụ gia siêu dẻo có thể chế tạo bê tông đường có tỷ lệ cường độ chịu nén trên cường độ chịu kéo khi uốn, MPa là 40/5,5 và 50/6,0 ứng với tương quan tỷ lệ cường độ chịu nén trên cường độ chịu kéo khi uốn đạt tới mức theo cấp 2.

Hệ số A_n ứng dụng thực tế để tính toán thành phần bê tông theo cường độ chịu nén có thể lấy ($A_n=0,50$), khi sử dụng xi măng (PCB40, PC40) và phụ gia siêu dẻo gốc polycarboxylate để chế tạo cho bê tông đường các cấp (tỷ lệ cường độ chịu nén trên cường độ chịu kéo khi uốn, MPa: 40/5,5 và 50/6,0 - đạt mức theo cấp 2).

3.2.1.2. Quan hệ cường độ chịu nén của bê tông sử dụng cát mịn phối hợp mặt đá vôi với cường độ chịu nén của xi măng và tỷ lệ xi măng trên nước

Quan hệ giữa cường độ chịu nén của bê tông sử dụng cát mịn phối hợp mặt đá, cường độ chịu nén của xi măng và tỷ lệ xi măng trên nước, được mô tả bằng công thức (1). Các hệ số của công thức được thiết lập nhờ tổng kết số lượng lớn các kết quả thí nghiệm sử dụng nhiều loại vật liệu khác nhau.

Phân tích kết quả thí nghiệm ở Liên Xô (cũ) [91] khuyến cáo lấy giá trị hệ số B bằng - 0,5 khi tỷ lệ X/N < 2,5 và bằng + 0,5 khi tỷ lệ X/N > 2,5. Khi đó, công thức (1) có dạng:

$$R_b^n = A_n \cdot R_x^n \cdot \left(\frac{X}{N} \pm 0,5 \right) \quad (3)$$

Trong đó:

R_b^n, R_x^n - Cường độ chịu nén của bê tông và xi măng, MPa.

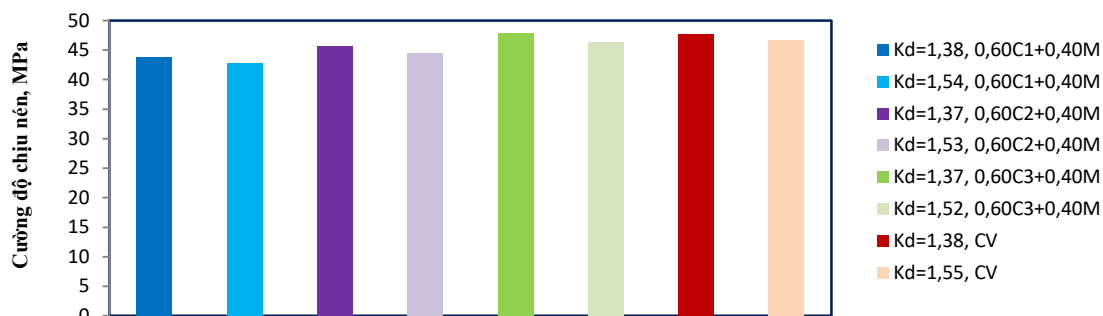
A_n - Hệ số chất lượng vật liệu theo cường độ chịu nén.

X, N - Lượng xi măng và nước trong 1 m^3 bê tông, kg.

Hệ số A_n thay đổi phụ thuộc vào chất lượng vật liệu sử dụng, mặc dù các nghiên cứu đều sử dụng công thức (3) làm cơ sở phục vụ cho việc lựa chọn thành phần bê tông theo cường độ chịu nén, tuy nhiên hệ số đề xuất có sự khác biệt đáng kể. Do đó việc nghiên cứu, bổ sung các số liệu xác định các hệ số tính toán có ý nghĩa thực tiễn cao và được đề cập tới trong nghiên cứu của luận án. Để kiểm tra các hệ số của công thức (3), luận án đã tiến hành thí nghiệm các cấp phối trong Bảng 3.2, kết quả nghiên cứu được trình bày trong Bảng 3.16 và Hình 3.14.

Bảng 3.16. Quan hệ cường độ chịu nén của bê tông sử dụng (cát mịn phối hợp mật đá, cát thô) và tỷ lệ X/N

TT	KH	M_{dl} của cát	M_{dl} của hỗn hợp CLN	K_d	X/N	KLTT, kg/m^3	ĐS, cm	Cường độ chịu nén, ở độ tuổi, ngày, MPa		
								3	7	28
1	CPM1	1,2	2,2	1,38	2,00	2430	10,0	21,3	38,8	43,7
2	CPM2	1,2	2,2	1,54	2,00	2420	9,0	20,4	37,4	42,8
3	CPM3	1,6	2,4	1,37	2,00	2440	11,0	22,1	40,4	45,6
4	CPM4	1,6	2,4	1,53	2,00	2430	10,0	21,2	38,5	44,5
5	CPM5	1,9	2,6	1,37	2,00	2440	13,0	23,2	42,1	47,8
6	CPM6	1,9	2,6	1,52	2,00	2440	11,5	22,1	40,8	46,3
7	CP11	2,5	--	1,38	2,00	2430	14,5	22,8	43,1	47,7
8	CP12	2,5	--	1,55	2,00	2410	13,5	22,1	42,5	46,6



Hình 3.14. Quan hệ giữa cường độ chịu nén của bê tông sử dụng (cát mịn phối hợp mật đá, cát thô) ở tuổi 28 ngày và hệ số K_d (X/N=2,00)

Trên cơ sở kết quả thí nghiệm, đã sử dụng cấp phối bê tông CPM (1,3,5) và CP11 có hệ số dư vữa ưu tiên cho cường độ chịu nén và dùng công thức (3) (hệ số B được giữ cố định bằng - 0,5). Khi giữ cố định hệ số B, thì ứng với mỗi cặp (cường độ chịu nén - tỷ lệ X/N), có thể xác định được một hệ số A_n . Kết quả xác định hệ số A_n cho từng cặp giá trị và giá trị cho mỗi phương án vật liệu ở độ tuổi 28 ngày khác nhau được trình bày tại Bảng 3.17.

Bảng 3.17. Hệ số A_n với các loại cát mịn có mô đun độ lớn khác nhau phối hợp mật đá, cát thô và cùng tỷ lệ X/N = 2,00

TT	KH	M_{dl}	M_{dlhh}	K_d	X/N	Hệ số A_n
1	CPM1	1,2	2,2	1,38	2,00	0,59
2	CPM3	1,6	2,4	1,37	2,00	0,61
3	CPM5	1,9	2,6	1,37	2,00	0,64
4	CP11	2,5	--	1,38	2,00	0,64

Kết quả nghiên cứu cho thấy hệ số A_n có xu hướng giảm khi giảm mô đun độ lớn của cát cũng như mô đun độ lớn của hỗn hợp cát mịn phối hợp mật đá. Điều này có nghĩa với cùng tỷ lệ X/N thì cốt liệu nhỏ (cát mịn phối hợp mật đá, cát thô) có mô đun độ lớn cao hơn thì cường độ chịu nén lớn hơn và khi tăng cùng một đơn vị tỷ lệ X/N thì bê tông sử dụng cốt liệu nhỏ có mô đun độ lớn càng lớn mức độ gia tăng cường độ chịu nén càng cao. Hay nói cách khác, để đạt cùng mức cường độ chịu nén, khi giảm mô đun độ lớn của cốt liệu nhỏ thì cần phải tăng tỷ lệ X/N, phù hợp với quy luật chung.

Kết quả xác định hệ số A_n của công thức (3) cho thấy cao hơn so với hệ số A_n ở công thức (2), điều này cho thấy khi bổ sung mật đá với phối hợp cát mịn (tỷ lệ thay thế 40 % cát mịn), thì hệ số A_n được cải thiện đáng kể. Hệ số A_n tăng khi tỷ lệ X/N tăng và có sự thay đổi lớn khi thay đổi mô đun độ lớn của cốt liệu nhỏ. Các giá trị hệ số A_n này có thể được tham khảo sử dụng trong thiết kế lựa chọn thành phần bê tông cho mặt đường bê tông xi măng khi sử dụng cát mịn phối hợp mật đá.

Hệ số A_n ứng dụng thực tế để tính toán thành phần bê tông sử dụng cát mịn phối hợp mật đá theo cường độ chịu nén, có thể lấy ($A_n=0,60$), khi dùng xi măng (PCB40, PC40) và phụ gia siêu dẻo gốc polycarboxylate để chế tạo cho bê tông đường các cấp

(tỷ lệ cường độ chịu nén trên cường độ chịu kéo khi uốn, MPa: 40/5,5 và 50/6,0 - đạt mức theo cấp 2).

3.2.2. Quan hệ cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông với cường độ chịu kéo khi uốn của xi măng và tỷ lệ xi măng trên nước

3.2.2.1. Quan hệ cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông sử dụng cát mịn với cường độ chịu kéo khi uốn của xi măng và tỷ lệ xi măng trên nước

Quan hệ giữa cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông sử dụng cát mịn với cường độ chịu kéo khi uốn của xi măng và tỷ lệ xi măng trên nước, thường được mô tả bằng công thức (1). Theo Y.M. Bazenov [9], [92], công thức (1) cũng có thể được dùng để lựa chọn thành phần bê tông theo cường độ chịu kéo khi uốn. Khi đó hệ số B được lấy giá trị bằng - 0,2, và công thức (1) có dạng:

$$R_b^{ku} = A_{ku} \cdot R_x^{ku} \cdot \left(\frac{X}{N} - 0,2 \right) \quad (4)$$

Trong đó:

R_b^{ku}, R_x^{ku} - Cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông và xi măng, MPa.

A_{ku} - Hệ số chất lượng vật liệu theo cường độ chịu kéo khi uốn.

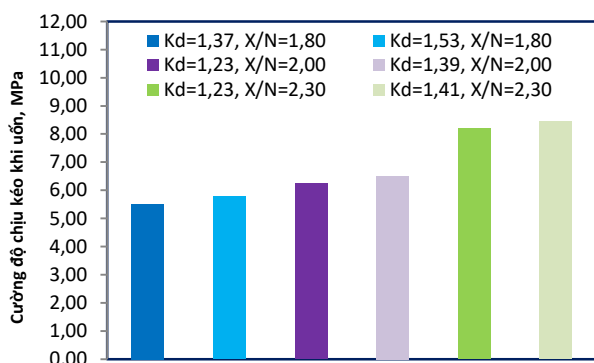
X, N - Lượng xi măng và nước trong 1 m³ bê tông, kg.

Trong đó hệ số A_{ku} thay đổi phụ thuộc vào chất lượng vật liệu sử dụng. Có thể thấy rằng, mặc dù các nghiên cứu đều sử dụng công thức (4) làm cơ sở phục vụ cho việc lựa chọn thành phần bê tông theo cường độ chịu kéo khi uốn, tuy nhiên hệ số đề xuất có sự khác biệt đáng kể. Do đó, việc nghiên cứu, bổ sung các số liệu xác định các hệ số tính toán có ý nghĩa thực tiễn cao và được đề cập tới trong nghiên cứu của luận án. Để kiểm tra các hệ số của công thức (4), luận án đã tiến hành thí nghiệm các cấp phối trong Bảng 3.1, kết quả nghiên cứu được trình bày trong Bảng 3.18, Hình (3.15, 3.16).

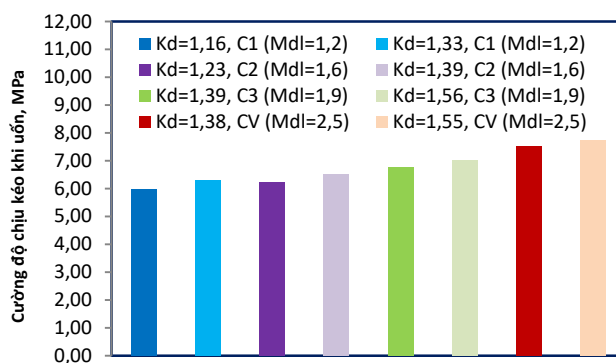
Bảng 3.18. Quan hệ cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông sử dụng (cát mịn, cát thô) và tỷ lệ X/N

TT	KH	M _{dl}	K _d	X/N	KLTT, kg/m ³	ĐS, cm	Cường độ chịu kéo khi uốn, ở độ tuổi, ngày, MPa		
							3	7	28
1	CP1	1,6	1,37	1,80	2400	17,0	3,35	3,93	5,52
2	CP2	1,6	1,53	1,80	2390	16,5	3,96	4,34	5,78
3	CP3	1,6	1,23	2,00	2420	11,0	4,13	5,06	6,24

4	CP4	1,6	1,39	2,00	2400	9,5	4,21	5,34	6,51
5	CP5	1,6	1,23	2,30	2450	8,0	5,36	7,31	8,20
6	CP6	1,6	1,41	2,30	2430	7,5	5,73	7,47	8,45
7	CP7	1,2	1,16	2,00	2410	10,0	3,64	4,53	5,97
8	CP8	1,2	1,33	2,00	2400	7,5	3,95	4,81	6,29
9	CP9	1,9	1,39	2,00	2420	12,5	4,43	5,53	6,76
10	CP10	1,9	1,56	2,00	2400	10,5	4,57	5,72	7,02
11	CP11	2,5	1,38	2,00	2430	14,5	4,95	5,98	7,50
12	CP12	2,5	1,55	2,00	2410	13,5	5,20	6,29	7,72



Hình 3.15. Quan hệ R_{ku28} của bê tông sử dụng cát mịn C2 và hệ số K_d (X/N=1,80; 2,00; 2,30)



Hình 3.16. Quan hệ R_{ku28} của bê tông sử dụng cát (C1, C2, C3, CV) và hệ số K_d (X/N=2,00)

Trên cơ sở kết quả thí nghiệm, đã sử dụng cấp phối bê tông CP (2,4,6) có hệ số dư vữa ưu tiên cho cường độ chịu kéo khi uốn và dùng công thức (4), hệ số B được giữ cố định bằng - 0,2. Khi giữ cố định hệ số B, với mỗi cặp (cường độ chịu kéo khi uốn - tỷ lệ X/N), có thể xác định được một hệ số A_{ku} . Kết quả xác định hệ số A_{ku} cho từng cặp giá trị và giá trị cho mỗi phương án vật liệu ở độ tuổi 28 ngày khác nhau, được trình bày tại Bảng (3.19, 3.20).

Bảng 3.19. Hệ số A_{ku} với cát mịn C2 và tỷ lệ (X/N = 1,80; 2,00; 2,30)

TT	KH	M_{dl}	K_d	X/N	Hệ số A_{ku}
1	CP2	1,6	1,53	1,80	0,40
2	CP4	1,6	1,39	2,00	0,41
3	CP6	1,6	1,41	2,30	0,45

Kết quả nghiên cứu ở Bảng 3.19, cho thấy với cùng mô đun độ lớn 1,6 và tỷ lệ X/N thay đổi từ 1,80 đến 2,30 thì hệ số A_{ku} có giá trị bằng 0,40; 0,41; 0,45. Do đó, có thể chọn giá trị hệ số A_{ku} trung bình bằng 0,41 (tương ứng tỷ lệ X/N = 2,00), tỷ lệ X/N này được dùng để nghiên cứu các tính chất của hỗn hợp bê tông và bê tông sử dụng cát có

mô đun độ lớn khác nhau, để từ đó xác định hệ số A_{ku} phục vụ công việc thiết kế lựa chọn thành phần bê tông theo cường độ chịu kéo khi uốn. Tỷ lệ ($X/N = 2,00$) này phù hợp với tỷ lệ X/N đã được lựa chọn khi xác định giá trị hệ số A_n tại mục 3.2.1.1, và cũng phù hợp với việc lựa chọn trong thành phần bê tông sử dụng cát mịn phối hợp mặt đá ở mục 3.1.1.2.

Bảng 3.20. Hệ số A_{ku} với các loại cát có mô đun độ lớn khác nhau và cùng tỷ lệ $X/N = 2,00$

TT	KH	M_{dl}	K_d	X/N	Hệ số A_{ku}
1	CP8	1,2	1,33	2,00	0,39
2	CP4	1,6	1,39	2,00	0,41
3	CP10	1,9	1,56	2,00	0,44
4	CP12	2,5	1,55	2,00	0,48

Kết quả nghiên cứu Bảng 3.20, cho thấy hệ số A_{ku} có xu hướng giảm khi giảm mô đun độ lớn của cát. Điều này có nghĩa với cùng tỷ lệ X/N thì cát có mô đun độ lớn cao hơn thì cường độ chịu kéo khi uốn lớn hơn và khi tăng cùng một đơn vị tỷ lệ X/N thì bê tông sử dụng cát có mô đun độ lớn càng lớn mức độ gia tăng cường độ chịu kéo khi uốn càng cao. Hay nói cách khác, để đạt cùng mức cường độ chịu kéo khi uốn, khi giảm mô đun độ lớn của cát thì cần phải tăng tỷ lệ X/N , phù hợp với quy luật chung.

Kết quả nghiên cứu cũng cho thấy hệ số A_{ku} tăng khi tỷ lệ X/N tăng và có sự thay đổi đáng kể theo mô đun độ lớn của cát. Các giá trị hệ số A_{ku} này có thể được tham khảo sử dụng trong thiết kế lựa chọn thành phần bê tông cho mặt đường bê tông xi măng. Với hệ số A_{ku} khuyến cáo trên thì khi dùng xi măng (PCB40, PC40) và phụ gia siêu dẻo có thể chế tạo bê tông đường có tỷ lệ cường độ chịu nén trên cường độ chịu kéo khi uốn là 40/5,5 và 50/6,0 ứng với tương quan tỷ lệ cường độ chịu nén trên cường độ chịu kéo khi uốn đạt tới mức theo cấp 2.

Hệ số A_{ku} ứng dụng thực tế để tính toán thành phần bê tông theo cường độ chịu kéo khi uốn có thể lấy ($A_{ku} = 0,40$), khi dùng xi măng (PCB40, PC40) và phụ gia siêu dẻo gốc polycarboxylate để chế tạo cho bê tông đường các cấp (tỷ lệ cường độ chịu nén trên cường độ chịu kéo khi uốn, MPa: 40/5,5 và 50/6,0 - đạt mức theo cấp 2).

Từ kết quả nghiên cứu và phân tích trên cho thấy có thể chọn tỷ lệ $X/N = 2,00$, để nghiên cứu các tính chất của hỗn hợp bê tông và bê tông sử dụng cốt liệu nhỏ (cát thô, cát mịn, cát mịn phối hợp mật đá vôi) có mô đun độ lớn khác nhau trong các nghiên cứu tiếp theo của luận án.

➤ Như vậy, có thể thấy rằng khi hệ số dư vữa tăng thì cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông sử dụng cát mịn có xu hướng tăng. Trên cơ sở kết quả nghiên cứu trên có thể đưa ra khuyến cáo và bảng lựa chọn hệ số chất lượng vật liệu (A_n, A_{ku}) để tham khảo ứng dụng trong thực tiễn tính toán lựa chọn thành phần bê tông sử dụng cát mịn cho bê tông làm đường khi dùng xi măng (PCB40, PC40) và phụ gia siêu dẻo, được trình bày cụ thể như sau:

❖ *Khi thiết kế lựa chọn thành phần bê tông sử dụng cát mịn theo cường độ chịu nén thì sử dụng hệ số dư vữa hợp lý tra bảng theo [33], [45]. Đồng thời sử dụng công thức:*

$$R_b^n = A_n \cdot R_x^n \cdot \left(\frac{X}{N} - 0,5 \right) \quad (5)$$

với hệ số chất lượng vật liệu A_n tra theo Bảng 3.15.

❖ *Khi thiết kế lựa chọn thành phần bê tông sử dụng cát mịn theo cường độ chịu kéo khi uốn nên sử dụng hệ số dư vữa cao hơn so với giá trị tra bảng theo [33], [45] từ 0,15 đến 0,20. Đồng thời sử dụng công thức:*

$$R_b^{ku} = A_{ku} \cdot R_x^{ku} \cdot \left(\frac{X}{N} - 0,2 \right) \quad (6)$$

với hệ số chất lượng vật liệu A_{ku} tra theo Bảng 3.20.

3.2.2.2. Quan hệ cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông sử dụng cát mịn phối hợp mật đá vôi với cường độ chịu kéo khi uốn của xi măng và tỷ lệ xi măng trên nước

Quan hệ giữa cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông sử dụng cát mịn phối hợp mật đá, cường độ chịu kéo khi uốn của xi măng và tỷ lệ xi măng trên nước, thường được mô tả bằng công thức (1). Theo Y.M. Bazenov [9], [92], công thức (1) cũng có thể để lựa chọn thành phần bê tông sử dụng cát mịn phối hợp mật đá theo cường độ chịu kéo khi uốn. Khi đó giá trị hệ số B lấy bằng - 0,2 và công thức (1) có dạng:

$$R_b^{ku} = A_{ku} \cdot R_x^{ku} \cdot \left(\frac{X}{N} - 0,2 \right) \quad (7)$$

Trong đó:

R_b^{ku}, R_x^{ku} - Cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông và xi măng, MPa.

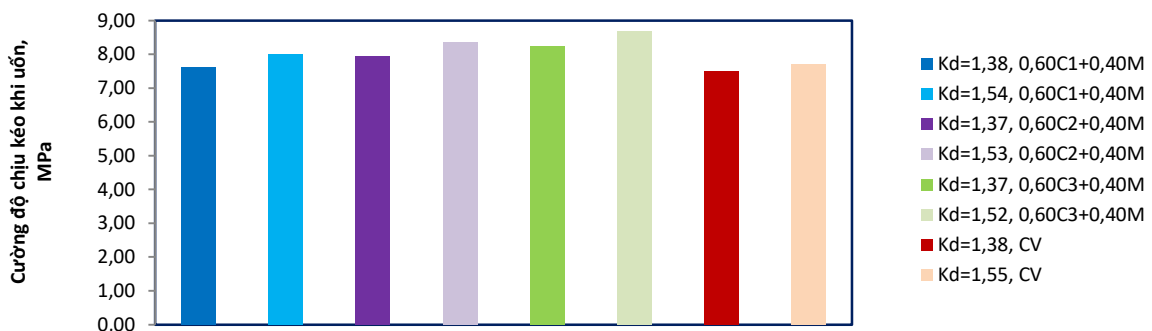
A_{ku} - Hệ số chất lượng vật liệu theo cường độ chịu kéo khi uốn.

X, N - Lượng xi măng và nước trong 1 m³ bê tông, kg.

Trong đó hệ số A_{ku} thay đổi phụ thuộc vào chất lượng vật liệu sử dụng. Mặc dù các nghiên cứu đều sử dụng công thức (7) làm cơ sở phục vụ cho việc lựa chọn thành phần bê tông theo cường độ chịu kéo khi uốn, tuy nhiên hệ số đề xuất có sự khác biệt đáng kể. Do đó, việc nghiên cứu, bổ sung các số liệu xác định các hệ số tính toán có ý nghĩa thực tiễn cao và được đề cập tới trong nghiên cứu của luận án. Để kiểm tra các hệ số của công thức (7), luận án đã tiến hành thí nghiệm các cấp phối trong Bảng 3.2, kết quả nghiên cứu được trình bày trong Bảng 3.21 và Hình 3.17.

Bảng 3.21. Quan hệ cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông sử dụng (cát mịn phối hợp mật đá, cát thô) và tỷ lệ X/N

TT	KH	M _{dl} của cát	M _{dl} của hỗn hợp CLN	K _d	X/N	KLTT, kg/m ³	ĐS, cm	Cường độ chịu kéo khi uốn, ở độ tuổi, ngày, MPa		
								3	7	28
1	CPM1	1,2	2,2	1,38	2,00	2430	10,0	4,70	5,94	7,62
2	CPM2	1,2	2,2	1,54	2,00	2420	9,0	5,05	6,31	8,01
3	CPM3	1,6	2,4	1,37	2,00	2440	11,0	4,89	6,19	7,95
4	CPM4	1,6	2,4	1,53	2,00	2430	10,0	5,21	6,57	8,35
5	CPM5	1,9	2,6	1,37	2,00	2440	13,0	5,09	6,43	8,25
6	CPM6	1,9	2,6	1,52	2,00	2440	11,5	5,42	6,84	8,68
7	CP11	2,5	--	1,38	2,00	2430	14,5	4,95	5,98	7,50
8	CP12	2,5	--	1,55	2,00	2410	13,5	5,20	6,29	7,72



Hình 3.17. Quan hệ giữa cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông sử dụng (cát mịn phối hợp mật đá, cát thô) ở tuổi 28 ngày và hệ số K_d (X/N=2,00)

Trên cơ sở kết quả thí nghiệm, đã sử dụng cấp phối bê tông CPM (2,4,6) và CP12 có hệ số dư vữa ưu tiên cho cường độ chịu kéo khi uốn và dùng công thức (7) (hệ số B được giữ cố định bằng - 0,2). Khi giữ cố định hệ số B, với mỗi cặp (cường độ chịu kéo khi uốn - tỷ lệ X/N), có thể xác định được một hệ số A_{ku} . Kết quả xác định hệ số A_{ku} cho từng cặp giá trị và giá trị cho mỗi phương án vật liệu ở độ tuổi 28 ngày khác nhau được trình bày tại Bảng 3.22.

Bảng 3.22. Hệ số A_{ku} với các loại cát mịn có mô đun độ lớn khác nhau phối hợp với mật đá, cát thô và cùng tỷ lệ X/N = 2,00

TT	KH	M_{dl}	M_{dlhh}	K_d	X/N	Hệ số A_{ku}
1	CPM2	1,2	2,2	1,54	2,00	0,50
2	CPM4	1,6	2,4	1,53	2,00	0,52
3	CPM6	1,9	2,6	1,52	2,00	0,54
4	CP12	2,5	--	1,55	2,00	0,48

Kết quả nghiên cứu cho thấy hệ số A_{ku} có xu hướng giảm khi giảm mô đun độ lớn của cốt liệu nhỏ (cát mịn phối hợp mật đá, cát thô). Điều này có nghĩa với cùng tỷ lệ X/N cốt liệu nhỏ có mô đun độ lớn cao hơn thì cường độ chịu kéo khi uốn lớn hơn và khi tăng cùng một đơn vị tỷ lệ X/N thì bê tông sử dụng cốt liệu nhỏ có mô đun độ lớn càng lớn mức độ gia tăng cường độ chịu kéo khi uốn càng cao. Hay nói cách khác, để đạt cùng mức cường độ chịu kéo khi uốn, khi giảm mô đun độ lớn của cốt liệu nhỏ thì cần phải tăng tỷ lệ X/N, phù hợp với quy luật chung.

Kết quả xác định hệ số A_{ku} của công thức (7) cho thấy hệ số A_{ku} cao hơn so với công thức (4), điều này cho thấy khi bổ sung mật đá với phối hợp cát mịn (tỷ lệ thay thế 40 % cát mịn), thì hệ số A_{ku} được cải thiện đáng kể. Hệ số A_{ku} tăng khi tỷ lệ X/N tăng và có sự thay đổi lớn khi thay đổi mô đun độ lớn của cát cũng như mô đun độ lớn của hỗn hợp cát mịn phối hợp mật đá. Các giá trị này có thể được sử dụng tham khảo trong thiết kế lựa chọn sơ bộ thành phần bê tông sử dụng cát mịn phối hợp mật đá cho mặt đường bê tông xi măng.

Hệ số A_{ku} ứng dụng thực tế để tính toán thành phần bê tông sử dụng hỗn hợp cát mịn phối hợp mật đá theo cường độ chịu kéo khi uốn có thể lấy ($A_{ku}=0,50$), khi dùng xi măng (PCB40, PC40) và phụ gia siêu dẻo gốc polycarboxylate để chế tạo cho bê tông

đường các cấp (tỷ lệ cường độ chịu nén trên cường độ chịu kéo khi uốn, MPa: 40/5,5 và 50/6,0 - đạt mức theo cấp 2).

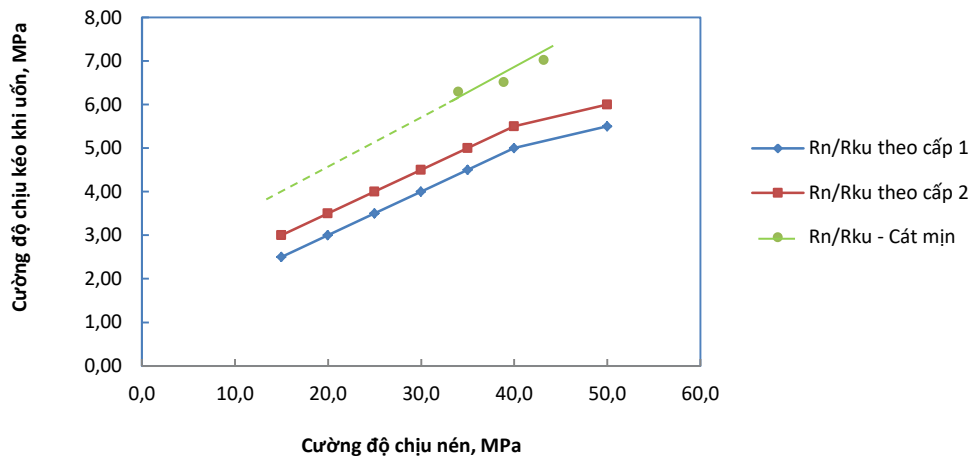
➤ Như vậy, có thể thấy rằng khi hệ số dư vữa tăng thì cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông sử dụng cát mịn phối hợp mặt đá cũng có xu hướng tăng. Trên cơ sở kết quả nghiên cứu trên có thể đưa ra khuyến cáo và bảng lựa chọn hệ số chất lượng vật liệu (A_n , A_{ku}) để tham khảo ứng dụng trong thực tiễn tính toán thành phần bê tông sử dụng cát mịn phối hợp mặt đá cho bê tông làm đường khi dùng xi măng (PCB40, PC40) và phụ gia siêu dẻo, được trình bày cụ thể như sau:

- ❖ *Khi thiết kế lựa chọn thành phần bê tông sử dụng cát mịn phối hợp mặt đá theo cường độ chịu nén thì sử dụng hệ số dư vữa hợp lý tra bảng theo [33]. Đồng thời sử dụng công thức (5), với hệ số chất lượng vật liệu A_n tra theo Bảng 3.17.*
- ❖ *Khi thiết kế lựa chọn thành phần bê tông sử dụng cát mịn phối hợp mặt đá theo cường độ chịu kéo khi uốn nên sử dụng hệ số dư vữa cao hơn so với giá trị tra bảng theo [33] từ 0,15 đến 0,20. Đồng thời sử dụng công thức (6), với hệ số chất lượng vật liệu A_{ku} tra theo Bảng 3.22.*

3.2.3. Tương quan cường độ chịu nén và cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông sử dụng cát mịn và bê tông sử dụng cát mịn phối hợp mặt đá vôi

3.2.3.1. Kiểm chứng khả năng nâng cao cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông sử dụng cát mịn

Để kiểm chứng khả năng nâng cao cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông cát mịn nhờ sử dụng xi măng PCB 40, phụ gia siêu dẻo gốc polycarboxylate và gia tăng hệ số dư vữa. Luận án đã tiến hành sử dụng một số cấp phối đại diện CP (8,4,10) trong Bảng 3.1. Tham khảo kết quả trong Bảng 3.2 trong tài liệu [33]. Kết quả được trình bày tại Hình 3.18.

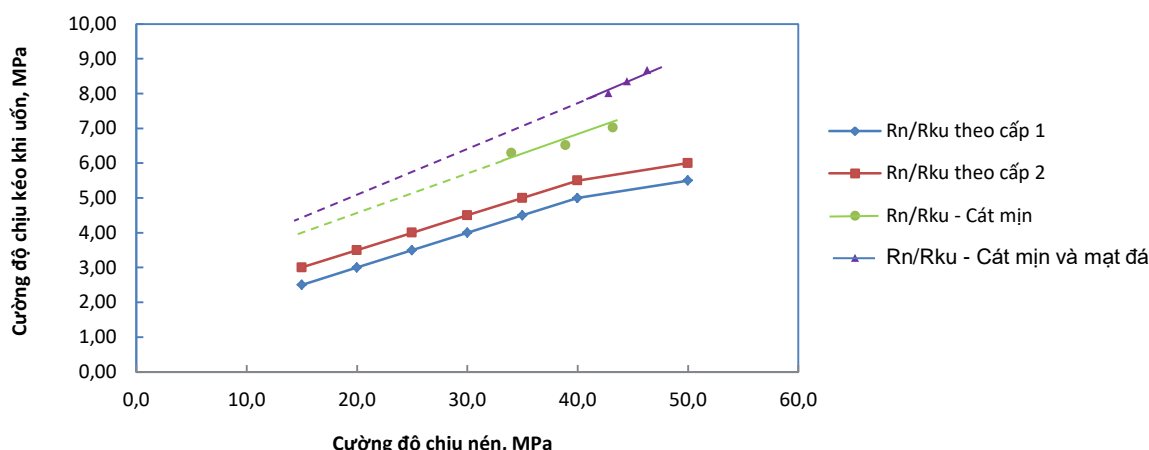


Hình 3.18. Tương quan tỷ lệ cường độ chịu nén trên cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông sử dụng cát mịn ở tuổi 28 ngày

Kết quả kiểm chứng cho thấy tỷ lệ cường độ chịu nén trên cường độ chịu kéo khi uốn (R_n/R_{ku}) của bê tông sử dụng cát mịn nằm trên vùng theo cấp 2 [33]. Điều đó chứng tỏ rằng với việc sử dụng xi măng PCB 40, phụ gia siêu dẻo gốc polycarboxylate và gia tăng hệ số dư vữa, hoàn toàn có thể nâng cao được cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông sử dụng cát mịn tương đương cát thô cùng mô đun độ lớn, đáp ứng được yêu cầu kỹ thuật về cường độ chịu kéo khi uốn đối với mặt đường bê tông xi măng tới đường cấp I (có cường độ chịu kéo khi uốn trên 5,0 MPa).

3.2.3.2. So sánh cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông sử dụng cát mịn và bê tông sử dụng cát mịn phối hợp mật đá vôi

Để so sánh khả năng nâng cao cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông sử dụng cát mịn và bê tông sử dụng cát mịn phối hợp mật đá. Luận án đã tiến hành sử dụng một số cấp phối đại diện CP (8,4,10) trong Bảng 3.1, CPM (2,4,6) trong Bảng 3.2. Tham khảo kết quả trong Bảng 3.2 trong tài liệu [33]. Kết quả được trình bày tại Hình 3.19.



Hình 3.19. Tương quan tỷ lệ cường độ chịu nén trên cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông sử dụng (cát mịn, cát mịn phối hợp mật đá) ở tuổi 28 ngày

Kết quả nghiên cứu cho thấy tỷ lệ cường độ chịu nén trên cường độ chịu kéo khi uốn (R_n/R_{ku}) của bê tông sử dụng cát mịn phối hợp mật đá cao hơn so với bê tông sử dụng cát mịn và nằm trên vùng theo cấp 2 [33]. Điều này minh chứng rằng với việc sử dụng xi măng PCB40, phụ gia siêu dẻo gốc polycarboxylate, cát mịn phối hợp mật đá (tỷ lệ thay thế 40 % cát mịn) và gia tăng hệ số dư vữa, có thể nâng cao được cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông, đồng thời đạt được giá trị cường độ chịu kéo khi uốn cao hơn so với khi sử dụng riêng cát mịn. Đáp ứng được yêu cầu kỹ thuật về cường độ chịu kéo khi uốn đối với mặt đường bê tông xi măng tới đường cấp I (có cường độ chịu kéo khi uốn trên 5,0 MPa).

3.2.4. Độ mài mòn của bê tông

3.2.4.1. Độ mài mòn của bê tông sử dụng cát mịn

Độ mài mòn của bê tông sử dụng cát mịn được nghiên cứu trên các cấp phối đã được trình bày tại Bảng 3.23. Kết quả độ mài mòn ở tuổi 28 ngày của bê tông sử dụng cát mịn và bê tông sử dụng cát thô (đối chứng) được trình bày trong Bảng 3.24, Hình 3.20.

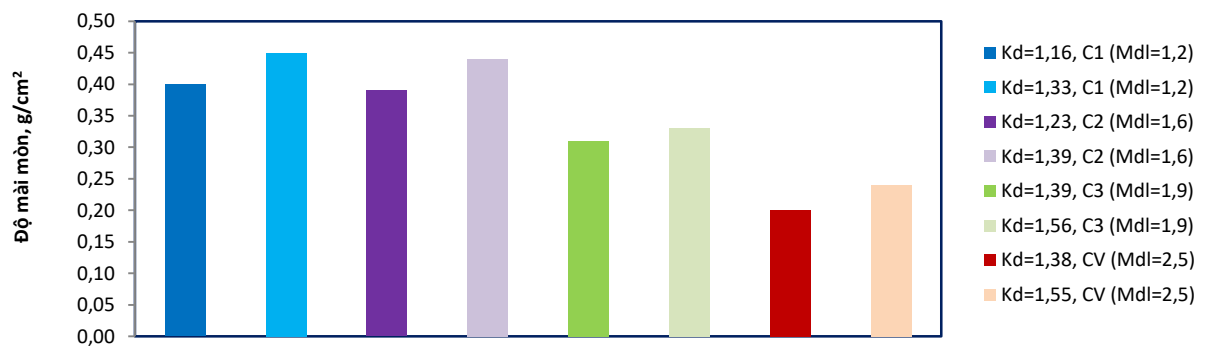
Bảng 3.23. Thành phần bê tông sử dụng (cát mịn, cát thô) nghiên cứu

TT	KH	Lượng dùng vật liệu, kg/m ³					Thông số cấp phối		
		XM	Nước	Cát	Đá	PG	M _{dl}	K _d	X/N
1	CP7	346	173	564	1332	3,46	1,2	1,16	2,00
2	CP8	344	172	647	1237	3,44	1,2	1,33	2,00
3	CP3	347	174	613	1291	3,47	1,6	1,23	2,00
4	CP4	345	173	685	1205	3,45	1,6	1,39	2,00
5	CP9	346	173	692	1208	3,46	1,9	1,39	2,00

6	CP10	344	172	754	1130	3,44	1,9	1,56	2,00
7	CP11	347	174	697	1212	3,47	2,5	1,38	2,00
8	CP12	345	172	759	1134	3,45	2,5	1,55	2,00

Bảng 3.24. Kết quả độ mài mòn của bê tông sử dụng (cát mịn, cát thô) ở tuổi 28 ngày

TT	KH	M_{dl}	K_d	Độ mài mòn, g/cm^2
1	CP7	1,2	1,16	0,40
2	CP8	1,2	1,33	0,45
3	CP3	1,6	1,23	0,39
4	CP4	1,6	1,39	0,44
5	CP9	1,9	1,39	0,31
6	CP10	1,9	1,56	0,33
7	CP11	2,5	1,38	0,20
8	CP12	2,5	1,55	0,24



Hình 3.20. Quan hệ giữa độ mài mòn của bê tông ở 28 ngày tuổi với mô đun độ lớn của cát và hệ số K_d ($X/N=2,00$)

Kết quả nghiên cứu cho thấy khi mô đun độ lớn của cát tăng, thì độ mài mòn của bê tông ở tuổi 28 ngày có xu hướng giảm (khả năng chống mài mòn tăng). Hệ số dư vữa tăng thì độ mài mòn tăng (khả năng chống mài mòn giảm). Điều này có thể giải thích theo cơ chế mài mòn của bê tông nguyên nhân giảm khối lượng của vật liệu khi mài mòn là mất khối lượng do chà xát, xước và bong tróc hạt vật liệu trên bề mặt. Do đó, có thể nói rằng độ mài mòn phụ thuộc chủ yếu tính chất hạt cốt liệu, cường độ đá xi măng cũng như liên kết giữa đá xi măng và cốt liệu. Mặc dù cường độ của cát có mô đun độ lớn khác nhau là tương đương nhau và tương đương cường độ cát mài, cường độ của cốt liệu lớn (đá vôi) nhỏ hơn cường độ cát mài nhưng cao hơn cường độ đá xi măng. Tuy nhiên, trong điều kiện cùng một tỷ lệ X/N và lượng dùng xi măng thì khi chịu tác động của mài mòn thì hạt cát có mô đun độ lớn nhỏ hơn lại liên kết với

nền kém hơn so với hạt cát có mô đun độ lớn cao hơn và hạt đá (cốt liệu lớn). Đó là do kích thước của hạt cát sử dụng trong bê tông có mô đun độ lớn càng cao so với hạt cát mài thì càng gần như nhau, thậm trí còn lớn hơn kích thước hạt cát mài, nên khả năng các hạt cát này và cốt liệu lớn bị cát mài tác động, đẩy tách ra khỏi nền đá xi măng khó hơn so với hạt cát có mô đun độ lớn nhỏ hơn. Khi tăng hệ số dư vữa, trong điều kiện nghiên cứu của luận án thì lượng cát tăng, lượng đá (cốt liệu lớn) giảm, nên khả năng các hạt cát sử dụng trong bê tông bị cát mài tác động, đẩy tách ra khỏi nền đá xi măng dễ dàng hơn so với cốt liệu lớn, khiến lượng cát bị đẩy tách ra khỏi nền đá xi măng có xu hướng tăng so với khi hệ số dư vữa thấp hơn.

Kết quả nghiên cứu cũng cho thấy các giá trị độ mài mòn của bê tông sử dụng cát mịn nằm trong khoảng từ 0,3 g/cm² đến 0,6 g/cm², chỉ đáp ứng yêu cầu kỹ thuật về độ mài mòn đối với mặt đường bê tông xi măng cho đường cấp IV trở xuống và sân bãi. Do đó, để có thể nâng cao được cấp đường áp dụng và thay thế được cát thô bằng cát mịn dùng trong bê tông sử dụng làm mặt đường bê tông xi măng đường cấp cao hơn, cần phải có giải pháp nâng cao khả năng chống mài mòn của bê tông sử dụng cát mịn tương đương cát thô. Luận án đã chọn giải pháp bổ sung mặt đá để thô hóa cát mịn, kết quả nghiên cứu được trình bày cụ thể ở mục tiếp theo của luận án.

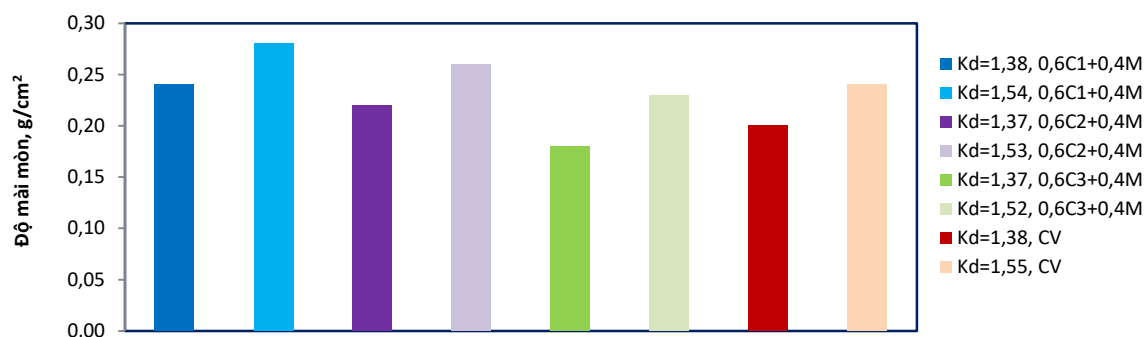
3.2.4.2. Độ mài mòn của bê tông sử dụng cát mịn phối hợp mặt đá vôi

Độ mài mòn của bê tông sử dụng cát mịn phối hợp mặt đá vôi được nghiên cứu trên các cấp phối trong Bảng 3.2. Kết quả xác định độ mài mòn của bê tông được trình bày tại Bảng 3.25. Tương quan biểu diễn quan hệ giữa mô đun độ lớn của (cát mịn phối hợp mặt đá, cát thô) và độ mài mòn của bê tông ở tuổi 28 ngày, được trình bày tại Hình 3.21.

Bảng 3.25. Kết quả độ mài mòn của bê tông sử dụng (cát mịn phối hợp mặt đá, cát thô) ở tuổi 28 ngày

TT	KH	M _{dl}	M _{dl} của hỗn hợp CLN	K _d	Độ mài mòn, g/cm ²
1	CPM1	1,2	2,2	1,38	0,24
2	CPM2	1,2	2,2	1,54	0,28
3	CPM3	1,6	2,4	1,37	0,22
4	CPM4	1,6	2,4	1,53	0,26
5	CPM5	1,9	2,6	1,37	0,18

6	CPM6	1,9	2,6	1,52	0,23
7	CP11	2,5	--	1,38	0,20
8	CP12	2,5	--	1,55	0,24



Hình 3.21. Quan hệ giữa độ mài mòn của bê tông ở 28 ngày tuổi với mô đun độ lớn của (cát mịn phối hợp mật đá, cát thô) và hệ số K_d ($X/N=2,00$)

Kết quả nghiên cứu cho thấy khi mô đun độ lớn của (cát mịn phối hợp mật đá, cát thô) tăng thì độ mài mòn của bê tông ở tuổi 28 ngày có xu hướng giảm đồng nghĩa với khả năng chống mài mòn tăng. Khi bổ sung mật đá phối hợp cát mịn (tỷ lệ thay thế 40 % cát mịn bằng mật đá) sử dụng làm cốt liệu nhỏ trong bê tông thì khả năng chống mài mòn của bê tông được cải thiện đáng kể, đó là đã giảm được độ mài mòn so với khi sử dụng riêng cát mịn và đạt giá trị từ 0,18 g/cm² đến 0,28 g/cm² tương đương độ mài mòn của bê tông sử dụng cát thô cùng mô đun độ lớn. Điều này có thể giải thích cũng theo cơ chế mài mòn của bê tông nguyên nhân giảm khối lượng của vật liệu khi mài mòn là mất khối lượng do chà xát, xước và bong tróc hạt vật liệu trên bề mặt. Do đó, có thể nói rằng độ mài mòn phụ thuộc chủ yếu tính chất hạt cốt liệu, cường độ đá xi măng cũng như liên kết giữa đá xi măng và cốt liệu. Mặc dù cường độ cát có mô đun độ lớn khác nhau tương đương nhau và tương đương với cường độ cát mài, cường độ của mật đá vôi và đá (cốt liệu lớn) nhỏ hơn cường độ cát mài nhưng lại cao hơn cường độ của đá xi măng. Tuy nhiên, trong điều kiện cùng một tỷ lệ mật đá phối hợp với cát mịn; cùng tỷ lệ X/N và lượng dùng xi măng, độ mài mòn của bê tông sẽ bị ảnh hưởng bởi những trường hợp cụ thể như sau:

a) Ảnh hưởng của cát mài đến cát có mô đun độ lớn khác nhau sử dụng trong bê tông, thì khi chịu tác động của mài mòn hạt cát có mô đun độ lớn nhỏ hơn lại liên kết với nền đá xi măng kém hơn so với hạt cát có mô đun độ lớn cao hơn, đó là do kích thước

của hạt cát sử dụng trong bê tông có mô đun độ lớn càng cao so với hạt cát mài thì càng gần nhau, thậm trí còn lớn hơn kích thước hạt cát mài, nên khả năng các hạt cát này bị cát mài tác động, đẩy tách ra khỏi nền đá xi măng khó hơn so với các hạt cát có mô đun độ lớn nhỏ hơn (điều này có nghĩa mức độ và lượng hạt cát sử dụng trong bê tông bị cát mài đẩy tách ra khỏi nền đá xi măng giảm dần theo chiều tăng mô đun độ lớn của cát trong bê tông).

b) Ảnh hưởng của cát mài đến mặt đá vôi sử dụng trong bê tông, thì khi chịu tác động của mài mòn hạt cát lại liên kết với nền đá xi măng kém hơn so với hạt mặt đá và đá (cốt liệu lớn), đó là do kích thước của hạt cát sử dụng trong bê tông so với hạt cát mài gần như nhau hoặc có thể lớn hơn, nhưng lại nhỏ hơn kích thước mặt đá và đá, nên khả năng hạt cát trong bê tông bị cát mài tác động, đẩy tách ra khỏi nền đá xi măng dễ dàng và nhiều hơn so với mặt đá và đá (cốt liệu lớn).

c) Ảnh hưởng của việc phối hợp mặt đá với cát mịn sử dụng trong bê tông, đó là khi phối hợp mặt đá với cát mịn sẽ làm giảm bớt tỷ lệ cát hạt mịn ($\leq 0,14$ mm) có trong cát mịn (các hạt mịn này thường dễ bị bong bật ra khỏi bề mặt bê tông khi có tác động chà xát hoặc mài từ bên ngoài), đồng thời cũng tạo khung cốt liệu chắc chắn trong vữa bê tông để giữ các hạt mịn còn lại và tăng diện tích cốt liệu trực tiếp chịu mài mòn.

➤ Như vậy, có thể thấy rằng phối hợp mặt đá với cát mịn (tỷ lệ thay thế 40 % cát mịn) là một trong những giải pháp có thể nâng cao được khả năng chống mài mòn của bê tông cát mịn tương đương cát thô cùng mô đun độ lớn, đáp ứng được yêu cầu kỹ thuật để chế tạo bê tông làm đường nói chung và mặt đường bê tông xi măng nói riêng. Qua đó đã nâng được cấp đường áp dụng từ đường cấp IV và sân bãi (sử dụng riêng cát mịn) lên tới đường cấp I (sử dụng mặt đá phối hợp cát mịn).

3.2.4.3. Kiểm chứng khả năng chống mài mòn của bê tông

Để kiểm chứng lại khả năng chống mài mòn của bê tông. Luận án đã sử dụng các cấp phối đại diện CPM (1,2,3,4,5,6) và CP (11,12) trong Bảng 3.2. Tiến hành cho các hỗn hợp bê tông vào khuôn mẫu hình trụ (150x300) mm, với các chế độ lấy mẫu, chế tạo và bảo dưỡng mẫu theo tiêu chuẩn TCVN 3105 : 1993. Sau thời gian 28 ngày tuổi, các viên mẫu bê tông hình trụ (150x300) mm, tương ứng với mỗi cấp phối được cắt và

chia thành hai nửa viên mẫu hình trụ (1/2 nửa viên trên, 1/2 nửa viên dưới) có kích thước mỗi nửa viên là (150x150) mm, để thí nghiệm cường độ chịu nén. Song song với việc tiến hành thí nghiệm cường độ chịu nén của nửa viên trên và nửa viên dưới của từng tổ mẫu ứng với mỗi cấp phối, thì các nửa viên mẫu bê tông của các tổ mẫu còn lại (1/2 nửa viên trên, 1/2 nửa viên dưới) tương ứng từng cấp phối đó, được gia công thành các mẫu lập phương (7,07x7,07x7,07) cm, để kiểm tra độ mài mòn của bê tông nửa viên trên và nửa viên dưới. Kết quả thí nghiệm được trình bày cụ thể trong Bảng (3.26, 3.27) và Hình (3.22, 3.23).

Bảng 3.26. Kết quả thí nghiệm cường độ chịu nén của bê tông

TT	KH	K _d	Cường độ chịu nén, ở độ tuổi, ngày, MPa					
			3		7		28	
			nửa viên trên	nửa viên dưới	nửa viên trên	nửa viên dưới	nửa viên trên	nửa viên dưới
1	CPM1	1,38	21,6	22,3	39,1	39,3	43,9	44,1
2	CPM2	1,54	20,7	21,2	37,6	37,8	42,6	43,2
3	CPM3	1,37	22,3	22,8	40,6	41,2	45,8	46,2
4	CPM4	1,53	21,5	21,9	38,7	39,3	44,6	44,8
5	CPM5	1,37	23,4	23,6	42,3	42,7	47,5	47,9
6	CPM6	1,52	22,5	22,8	40,5	40,9	46,1	46,5
7	CP11	1,38	23,1	23,4	43,4	43,8	47,4	47,8
8	CP12	1,55	22,3	22,5	42,7	42,9	46,3	46,7



Hình 3.22. Thí nghiệm cường độ chịu nén của bê tông

Bảng 3.27. Kết quả thí nghiệm độ mài mòn của bê tông

TT	KH	K _d	Độ mài mòn, ở độ tuổi 28 ngày, g/cm ²	
			nửa viên trên	nửa viên dưới
1	CPM1	1,38	0,25	0,23
2	CPM2	1,54	0,27	0,25
3	CPM3	1,37	0,24	0,22
4	CPM4	1,53	0,25	0,24

5	CPM5	1,37	0,19	0,17
6	CPM6	1,52	0,22	0,20
7	CP11	1,38	0,21	0,19
8	CP12	1,55	0,23	0,22



Hình 3.23. Thí nghiệm độ mài mòn của bê tông

Kết quả thí nghiệm kiểm chứng trên cho thấy các giá trị cường độ chịu nén, độ mài mòn của bê tông phần nửa viên trên và phần nửa viên dưới của mỗi viên mẫu bê tông hình trụ (150x300) mm, có giá trị tương đương nhau chênh lệch nhau không nhiều, đồng thời các giá trị này cũng tương đương với các kết quả đã nghiên cứu tương ứng ở trên của luận án. Chứng tỏ hỗn hợp bê tông tương đối đồng nhất không bị phân tầng (không tách nước, không tách vữa). Điều này có thể minh chứng rằng việc sử dụng mặt đá phối hợp cát mịn theo tỷ lệ thay thế 40 % cát mịn bằng mặt đá, sử dụng cho bê tông hoàn toàn có thể đáp ứng được yêu cầu kỹ thuật đối với mặt đường bê tông xi măng cho đường các cấp tương đương cát thô cùng mô đun độ lớn.

Kết luận Chương 3:

Trên cơ sở kết quả nghiên cứu đã được trình bày ở trên, có thể đưa ra một số kết luận như sau:

- 1) Bê tông sử dụng cốt liệu nhỏ là cát mịn ($M_{dl} = 1,2 \div 1,9$) phối hợp với 40 % mặt đá ($M_{dl} = 3,6$), với xi măng (PC40, PCB40), phụ gia siêu dẻo gốc polycarboxylate (1 % khối lượng xi măng) và cốt liệu lớn thông thường có thể đạt cường độ chịu kéo khi uốn trên 5,0 MPa, độ mài mòn ($0,2 \div 0,3$) g/cm², tương đương như bê tông cát thô ($M_{dl} = 2,5$) và có thể dùng để làm mặt đường bê tông xi măng cho đường tới cấp I.
- 2) Bê tông sử dụng cốt liệu nhỏ là cát mịn ($M_{dl} = 1,2 \div 1,9$) nhưng không phối hợp mặt đá, với xi măng (PC40, PCB40), phụ gia siêu dẻo gốc polycarboxylat (1 % khối lượng

xi măng) và cốt liệu lớn thông thường có thể đạt cường độ kéo khi uốn trên 5,0 MPa, nhưng độ mài mòn chỉ đạt $(0,31 \div 0,45) \text{ g/cm}^2$, nên chỉ có thể được dùng để làm mặt đường bê tông xi măng tới đường cấp IV trở xuống hoặc sân bãi.

3) Một số quan hệ phục vụ cho việc thiết kế thành phần bê tông đường sử dụng cốt liệu nhỏ là cát mịn ($M_{dl} = 1,2 \div 1,9$), cát mịn phối hợp mặt đá ($M_{dl} = 2,2 \div 2,6$) với phụ gia siêu dẻo gốc polycarboxylate đã được rút ra như sau:

a) *Tương quan lượng nước trộn – độ sụt và tính chất của hỗn hợp bê tông:*

Lượng nước trộn hỗn hợp bê tông tăng từ $(148 \div 157) \text{ l/m}^3$ (với $D_{max} = 20\text{mm}$, Độ sụt = $1 \div 2 \text{ cm}$) khi mô đun độ lớn của cốt liệu nhỏ giảm từ 2,6 (cát mịn phối hợp mặt đá) đến 1,2. Với D_{max} và độ sụt khác, quy luật tương tự như chỉ dẫn [33]. Ở bê tông cát mịn ($M_{dl} = 1,2 \div 1,9$) xuất hiện độ tách vữa $(2,2 \div 2,6) \%$, trong khi tính chất này không thấy ở bê tông cốt liệu nhỏ là cát thô hoặc cát mịn phối hợp mặt đá.

b) *Hệ số dư vữa hợp lý cho bê tông (K_{du} – hệ số dư vữa ưu tiên)*

Khi áp dụng hệ số K_{du} như bê tông thông thường [33], cho thấy cường độ nén đạt giá trị cao nhất, độ mài mòn đạt giá trị nhỏ nhất; Khi tăng hệ số K_{du} thêm $0,15 \pm 0,05$, cường độ chịu nén giảm $(2 \div 4) \%$, cường độ kéo khi uốn tăng $(4 \div 10) \%$, độ mài mòn tăng $(0,04 \div 0,05) \text{ g/cm}^2$. Việc chọn hệ số K_{du} có thể được thực hiện theo chỉ tiêu cần ưu tiên.

c) *Tương quan về cường độ*

- Cường độ chịu nén (R_b^n) của bê tông với cường độ chịu nén của xi măng (R_x^n) và tỷ lệ N/X phù hợp công thức Bolomey - Skramtaev [33] với hệ số $B_n = 0,5$, hệ số A_n (với cát $M_{dl} = 1,2 \div 1,9$) = $0,47 \div 0,59$; A_n (với cát mịn phối hợp mặt đá) = $0,59 \div 0,64$, so với 0,64 khi dùng cát thô $M_{dl} = 2,5$;

- Cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông (R_b^{ku}) với cường độ chịu kéo khi uốn của xi măng (R_x^{ku}) và tỷ lệ N/X, phù hợp công thức của Y.M.Bazenov [9], [92] với hệ số $B_{ku} = 0,2$, hệ số A_{ku} (với cát $M_{dl} = 1,2 \div 1,9$) = $0,39 \div 0,44$; A_{ku} (với cát mịn phối hợp mặt đá) = $0,50 \div 0,54$ so với 0,48 khi dùng cát thô $M_{dl} = 2,5$;

- Quan hệ cường độ chịu nén và cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông ($R_n - R_{ku}$) cho thấy phụ gia polycarboxylate làm tăng mạnh cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông

khi dùng cốt liệu nhỏ là cát mịn, cát mịn phối hợp mặt đá, và cát thô. Tỷ lệ R_n/R_{ku} đạt 40/6,5-7,0 so với 40/5,0 – 5,5 ở bê tông thông thường. Hỗn hợp cát mịn phối hợp mặt đá cho cường độ chịu kéo khi uốn cao hơn khi dùng cát thô. Tuy nhiên kết quả mới là bước đầu, cần có thêm nhiều kiểm nghiệm.

d) Tương quan về độ mài mòn

Sử dụng cốt liệu nhỏ là cát mịn phối hợp mặt đá giảm được độ mài mòn của bê tông từ $(0,31 \div 0,45) \text{ g/cm}^2$ xuống còn $(0,18 \div 0,28) \text{ g/cm}^2$.

Chương 4: NGHIÊN CỨU MỘT SỐ TÍNH CHẤT CỦA BÊ TÔNG CÁT MỊN ĐỐI VỚI MẶT ĐƯỜNG BÊ TÔNG XI MĂNG

4.1. Một số tính chất của bê tông

4.1.1. Mất nước và co mềm của bê tông

4.1.1.1. Mất nước và co mềm của bê tông sử dụng cát mịn

Điều kiện khí hậu có ảnh hưởng đáng kể đến quá trình đóng rắn và phát triển cường độ của hỗn hợp bê tông và bê tông sử dụng cát mịn đối với mặt đường bê tông xi măng. Trong giai đoạn đầu nhiệt độ, độ ẩm không khí, bức xạ mặt trời và gió ảnh hưởng lớn tới quá trình bay hơi của nước từ hỗn hợp bê tông ra môi trường và dẫn theo đó là biến dạng co của bê tông. Mất nước là quá trình vật lý xảy ra trong quá trình đóng rắn hỗn hợp bê tông và bê tông dưới tác động của các yếu tố bên ngoài như: nhiệt độ, độ ẩm không khí, vận tốc gió và bức xạ mặt trời. Quá trình mất nước xảy ra ngay trong những giờ đầu tiên sau khi trộn hỗn hợp bê tông và diễn ra liên tục khi bê tông tiếp xúc trực tiếp với môi trường. Do đó, diện tích bề mặt tiếp xúc với môi trường của bê tông có vai trò quan trọng trong quá trình mất nước. Trong điều kiện khí hậu nóng ẩm, khi bê tông không được bảo dưỡng, quá trình mất nước của bê tông diễn ra với tốc độ khá nhanh ngay từ giờ phút đầu tiên. Sau (5 ÷ 8) h mất khoảng (45 ÷ 55) % lượng nước trộn (vào mùa hè) và (30 ÷ 42) % (vào mùa đông) tùy theo mô đun hử. Mô đun hử càng lớn thì tốc độ mất nước càng nhanh và tổng lượng nước mất cũng lớn hơn. Sau 5 h tổng lượng nước mất trong hỗn hợp bê tông có chiều hướng tăng khi tăng tỷ lệ N/X. Vào mùa hè tốc độ mất nước của hỗn hợp bê tông cao hơn mùa đông [22], [23]. Quá trình mất nước thường đi kèm với quá trình biến dạng của bê tông. Tùy theo giai đoạn đóng rắn có thể chia biến dạng của bê tông dưới tác động của môi trường thành hai loại là biến dạng mềm và biến dạng cứng. Biến dạng mềm là hiện tượng thay đổi thể tích (co hoặc nở) của bê tông trong những giờ đầu đóng rắn. Khi đó bê tông còn chưa có cường độ hoặc cường độ rất nhỏ. Biến dạng mềm là tổng hợp của nhiều quá trình. Độ mất nước và biến dạng mềm có liên hệ chặt chẽ với nhau. Quá trình mất nước diễn ra do các tác động của các yếu tố khí hậu gây ra biến dạng mềm. Quá trình mất nước tạo ra trong bê tông các kênh rỗng mao quản thông nhau, làm màng nước

liên kết hấp phụ trong các thành gel thoát ra khiến các hạt rắn xích lại gần nhau tạo nên áp suất âm trong mao quản ép gel xi măng về mọi phía gây hiện tượng co mềm. Hiện tượng này làm thay đổi quá trình hình thành cấu trúc bê tông. Đến khi biến dạng co không thực hiện được do sự cản co của cốt liệu hay cốt thép trong bê tông gây ra nội ứng xuất trong đá bê tông có thể làm nứt mặt bê tông.

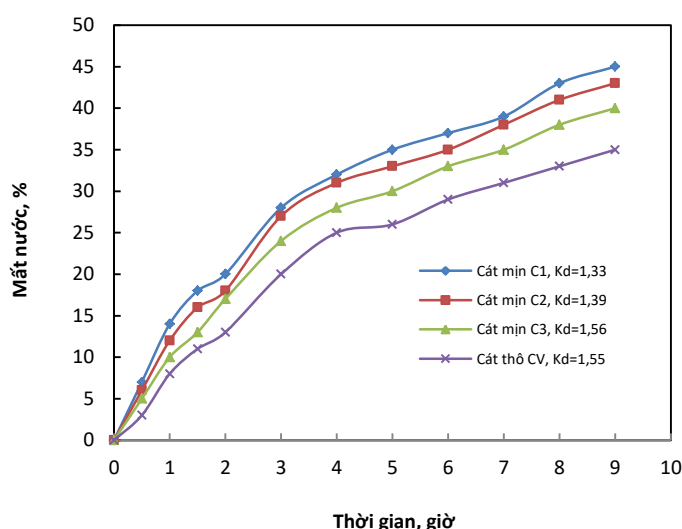
Trên thế giới, đã có nhiều nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng đến biến dạng mềm của bê tông như: tỷ lệ N/X, độ sụt, loại xi măng, mô đun hơ của bê tông, phụ gia... Từ những năm 60 của thế kỷ XX, đã có rất nhiều các nghiên cứu chuyên sâu về vấn đề này. Theo đó, những công bố về biến dạng mềm cũng rất đa dạng. Tùy theo tỷ lệ N/X và điều kiện khí hậu cụ thể, co mềm của bê tông trong điều kiện nóng khô đạt từ (2,3 ÷ 4,0) mm/m. Trong điều kiện nhiệt độ (34 ÷ 37) °C, độ ẩm (20 ÷ 26) %, co mềm của hồ xi măng đạt (12,6 ÷ 12,8) mm/m, của vữa xi măng cát đạt (10,2 ÷ 10,3) mm/m và của bê tông đạt (2,0 ÷ 2,85) mm/m [94]. Theo [97], trong điều kiện nhiệt độ 20 °C, độ ẩm 50 %, vận tốc gió 1 m/s, co mềm theo bê tông đạt (0,8 ÷ 2,3) mm/m tùy theo lượng xi măng trong bê tông (200 ÷ 500) kg/m³. Khi có cốt thép, co mềm giảm đi 2 lần. Cũng theo tác giả này, co mềm của hồ xi măng đạt cực đại sau (6 ÷ 10) h, còn co mềm của bê tông đạt cực đại sau (3 ÷ 5) h. Các yếu tố ảnh hưởng đến biến dạng mềm bao gồm: điều kiện khí hậu, nắng, gió, độ sụt của bê tông, loại xi măng, tỷ lệ N/X. Theo [84], khi nhiệt độ 30 °C, độ ẩm 35 %, vận tốc gió 20 km/h và trời có nắng, co mềm của vữa đạt 10 mm/m sau 2 h. Các nghiên cứu về biến dạng mềm trên đa số chỉ được tiến hành trong điều kiện khí hậu nóng khô. Đối với vùng khí hậu nhiệt đới, đặc biệt trong điều kiện khí hậu Việt Nam nói chung và Hà Nội nói riêng thì đến năm 1985 mới được quan tâm, nghiên cứu đến [22], [23]. Đây là một trong những nghiên cứu chuyên sâu đầu tiên về vấn đề biến dạng mềm đối với vùng khí hậu nước ta. Tuy nhiên, cường độ bê tông trong các nghiên cứu này chỉ ở mức 200 daN/cm² và độ sụt nằm trong khoảng (8 ÷ 10) cm. Đến năm 1999, trước xu thế bê tông vận chuyển bằng bơm ngày càng phát triển, trong [24], [26], đã tiến hành nghiên cứu đặc điểm của loại bê tông có tính công tác cao và cường độ đạt (400 ÷ 500) daN/cm². Các kết quả cũng chỉ ra rằng, các yếu tố ảnh hưởng đến biến dạng mềm của bê tông dưới tác động của điều kiện khí hậu

chủ yếu bao gồm: nhiệt độ, độ ẩm, tốc độ gió, tỷ lệ N/CKD, thể tích hồ xi măng, loại xi măng, độ sụt và nếu trong cùng điều kiện khí hậu thì các yếu tố ảnh hưởng đến biến dạng của bê tông là tỷ lệ N/CKD, thể tích hồ xi măng, loại xi măng, độ sụt.

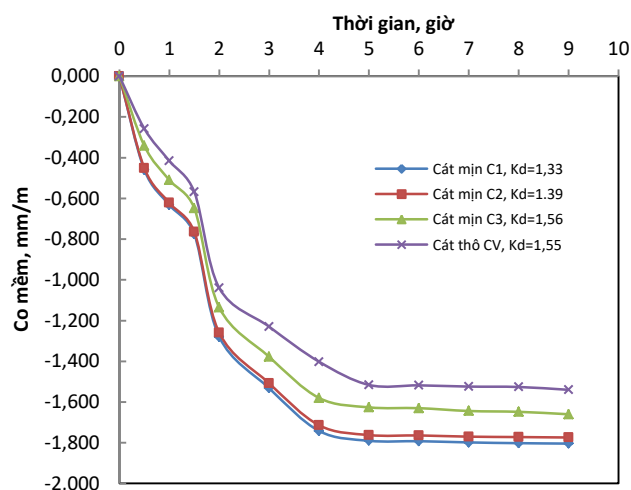
Để nghiên cứu ảnh hưởng của điều kiện khí hậu tới quá trình mất nước, co mềm của hỗn hợp bê tông và bê tông sử dụng cát mịn, đối với mặt đường bê tông xi măng. Luận án đã sử dụng các cấp phối bê tông đại diện CP (8,4,10,12) trong Bảng 3.1. Quá trình mất nước, co mềm của hỗn hợp bê tông và bê tông được xác định trên mẫu bê tông có kích thước 100x100x400 mm với mô đun hồ $M_h=30 \text{ m}^{-1}$, điều kiện thí nghiệm như nhau (mục 2.2 – phương pháp nghiên cứu). Kết quả thí nghiệm quá trình mất nước của hỗn hợp bê tông và bê tông, co mềm của bê tông được trình bày cụ thể trong Bảng (4.1, 4.2) và Hình (4.1, 4.2).

Bảng 4.1. Kết quả thí nghiệm mất nước của hỗn hợp bê tông và bê tông sử dụng (cát mịn, cát thô)

TT	KH	M_{dl}	K_d	X/N	Mất nước, %												
					0h	0,5h	1h	1,5h	2h	3h	4h	5h	6h	7h	8h	9h	
1	CP8	1,2	1,33	2,00	0	7	14	18	20	28	32	35	37	39	43	45	
2	CP4	1,6	1,39	2,00	0	6	12	16	18	27	31	33	35	38	41	43	
3	CP10	1,9	1,56	2,00	0	5	10	13	17	24	28	30	33	35	38	40	
4	CP12	2,5	1,55	2,00	0	3	8	11	13	20	25	26	29	31	33	35	



Hình 4.1. Quá trình mất nước của hỗn hợp bê tông và bê tông sử dụng cát (C1, C2, C3, CV) theo thời gian, $M_h=30 \text{ m}^{-1}$



Hình 4.2. Quá trình co mềm của bê tông sử dụng cát (C1, C2, C3, CV) theo thời gian, $M_h=30 \text{ m}^{-1}$

Kết quả thí nghiệm cho thấy, dưới tác động của khí hậu hỗn hợp bê tông và bê tông sử dụng cát mịn (C1,C2,C3) cũng như cát thô (CV) có mô đun độ lớn khác nhau bị mất

nước đáng kể trong những giờ đầu. Sau 2h đầu hỗn hợp bê tông và bê tông có thể mất nước từ (13÷20) %, sau 4h có thể mất nước từ (25÷32) % và khoảng 4h đến 8h có thể mất nước từ (33÷43) % tổng lượng nước trộn ban đầu. Sau 8h, mức độ mất nước giảm đáng kể. Điều này có thể giải thích do không còn tác động của bức xạ mặt trời, sau khi mặt trời lặn và giảm nhiệt độ môi trường.

Mức độ mất nước của các hỗn hợp bê tông ở các thời điểm khác nhau đo được tăng theo chiều giảm mô đun độ lớn của cát, đó là do khi giảm mô đun độ lớn của cát thì tỷ diện tích bề mặt và lượng dùng nước của cát tăng, khiến lượng nước tự do trong hỗn hợp bê tông giảm.

Bảng 4.2. Kết quả thí nghiệm đo co mềm của bê tông sử dụng (cát mịn, cát thô)

TT	KH	M _{dl}	K _d	X/N	Biến dạng mm/m											
					0h	0,5h	1h	1,5h	2h	3h	4h	5h	6h	7h	8h	9h
1	CP8	1,2	1,33	2,00	0	-0,460	-0,632	-0,776	-1,280	-1,532	-1,742	-1,790	-1,792	-1,798	-1,802	-1,804
2	CP4	1,6	1,39	2,00	0	-0,452	-0,622	-0,764	-1,260	-1,508	-1,714	-1,762	-1,764	-1,770	-1,772	-1,774
3	CP10	1,9	1,56	2,00	0	-0,342	-0,510	-0,648	-1,136	-1,378	-1,580	-1,626	-1,630	-1,644	-1,648	-1,660
4	CP12	2,5	1,55	2,00	0	-0,258	-0,416	-0,568	-1,040	-1,230	-1,402	-1,516	-1,518	-1,524	-1,526	-1,540

Trong điều kiện đó, co mềm của bê tông sử dụng các loại cát mịn (C1,C2,C3), cát thô (CV) có mô đun độ lớn khác nhau có hướng phát triển mạnh trong vòng 4h đầu với giá trị lên đến (- 1,402 ÷ - 1,742) mm/m và giảm dần sau đó. Tổng giá trị co mềm của bê tông sau 9h có thể đạt (-1,660 ÷ -1,804) mm/m đối với bê tông sử dụng cát mịn, và đạt - 1,540 mm/m đối với bê tông sử dụng cát thô. Co mềm của bê tông sử dụng các loại cát có mô đun độ lớn khác nhau tăng về giá trị tuyệt đối theo chiều giảm mô đun độ lớn của cát. Điều này có thể giải thích trong điều kiện với cùng một tỷ lệ X/N và lượng dùng xi măng, cùng mô đun hờ $M_h=30 \text{ m}^{-1}$ và điều kiện thí nghiệm như nhau, thì cát thô khi phối hợp với đá dăm sẽ dẫn tới hỗn hợp cốt liệu có cấp phối liên tục, còn cát mịn có cấp phối gián đoạn, nên thành phần hạt của hỗn hợp cát thô phối hợp cốt liệu lớn (đá dăm) được sắp xếp chặt chẽ đặc chắc hơn so với cát mịn. Mức độ đặc chắc của hỗn hợp (cát có mô đun độ lớn khác nhau phối hợp đá dăm) sẽ giảm dần theo chiều giảm mô đun độ lớn của cát. Bên cạnh đó, khi giảm mô đun độ lớn của cát thì tỷ diện tích bề mặt và lượng dùng nước của cát tăng, và khi đó lượng nước tự do trong hỗn hợp bê tông giảm, dẫn tới quá trình mất nước của hỗn hợp bê tông và bê tông tăng, khiến độ co mềm của bê tông tăng.

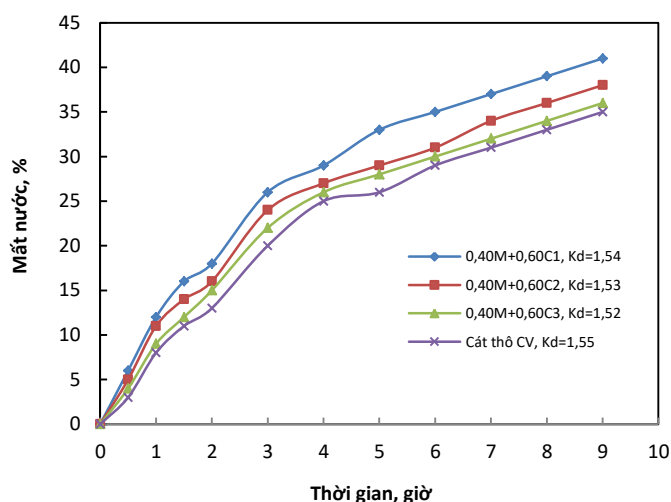
Có thể thấy rằng các yếu tố như mô đun độ lớn của cát có ảnh hưởng đáng kể đến quá trình mất nước, co mềm của hỗn hợp bê tông và bê tông. Quá trình mất nước, co mềm của hỗn hợp bê tông và bê tông sử dụng cát mịn lớn hơn cát thô. Do đó, cần phải có giải pháp thích hợp để giảm quá trình mất nước, co mềm của hỗn hợp bê tông và bê tông sử dụng cát mịn tương đương cát thô, nhằm hạn chế nứt cho bê tông cát mịn đáp ứng yêu cầu kỹ thuật làm mặt đường bê tông xi măng cho đường các cấp.

4.1.1.2. Mất nước và co mềm của bê tông sử dụng cát mịn phối hợp mặt đá vôi

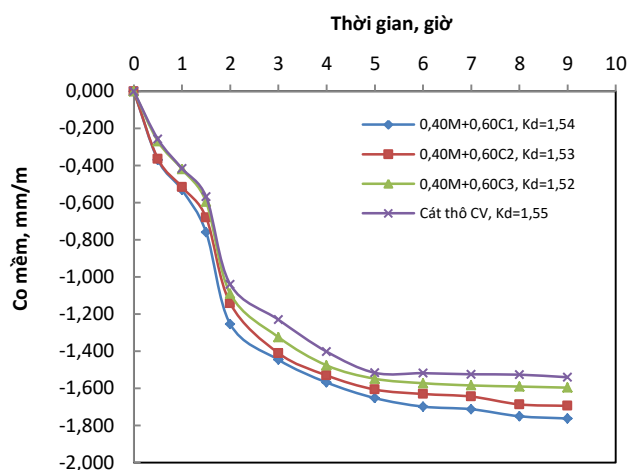
Để nghiên cứu ảnh hưởng của điều kiện khí hậu tới quá trình mất nước, co mềm của hỗn hợp bê tông và bê tông sử dụng cát mịn phối hợp mặt đá, đối với mặt đường bê tông xi măng. Luận án đã sử dụng các cấp phối bê tông đại diện CPM (2,4,6) và CP12 trong Bảng 3.2. Quá trình mất nước, co mềm của hỗn hợp bê tông và bê tông cũng được xác định trên mẫu bê tông có kích thước 100x100x400 mm với mô đun hồ $M_h=30 m^{-1}$, điều kiện thí nghiệm như nhau (mục 2.2 – phương pháp nghiên cứu). Kết quả thí nghiệm quá trình mất nước của hỗn hợp bê tông và bê tông, co mềm của bê tông được trình bày cụ thể trong Bảng (4.3, 4.4), Hình (4.3, 4.4).

Bảng 4.3. Kết quả thí nghiệm mất nước của hỗn hợp bê tông và bê tông sử dụng (cát mịn phối hợp mặt đá, cát thô)

TT	KH	M_{dl}	M_{dlhh}	K_d	X/N	Mất nước, %											
						0h	0,5h	1h	1,5h	2h	3h	4h	5h	6h	7h	8h	9h
1	CPM2	1,2	2,2	1,54	2,00	0	6	12	16	18	26	29	33	35	37	39	41
2	CPM4	1,6	2,4	1,53	2,00	0	5	11	14	16	24	27	29	31	34	36	38
3	CPM6	1,9	2,6	1,52	2,00	0	4	9	12	15	22	26	28	30	32	34	36
4	CP12	2,5	--	1,55	2,00	0	3	8	11	13	20	25	26	29	31	33	35



Hình 4.3. Quá trình mất nước của hỗn hợp bê tông và bê tông sử dụng (cát mịn phối hợp hạt đá, cát thô) theo thời gian, $M_h=30 \text{ m}^{-1}$



Hình 4.4. Quá trình co mêm của bê tông sử dụng (cát mịn phối hợp hạt đá, cát thô) theo thời gian, $M_h=30 \text{ m}^{-1}$

Kết quả thí nghiệm cho thấy, dưới tác động của khí hậu hỗn hợp bê tông và bê tông sử dụng (cát mịn phối hợp hạt đá, cát thô) có mô đun độ lớn khác nhau bị mất nước đáng kể trong những giờ đầu. Sau 2h đầu hỗn hợp bê tông có thể mất nước từ (13 ÷ 18) %, sau 4h có thể mất nước từ (25 ÷ 29) % và khoảng 4h đến 8h có thể mất nước từ (33 ÷ 39) % tổng lượng nước trộn ban đầu. Sau 8h, mức độ mất nước giảm đáng kể. Điều này có thể giải thích do không còn tác động của bức xạ mặt trời sau khi mặt trời lặn và giảm nhiệt độ môi trường.

Mức độ mất nước của các hỗn hợp bê tông ở các thời điểm khác nhau đo được tăng theo chiều giảm mô đun độ lớn của cốt liệu nhỏ (cát mịn phối hợp hạt đá, cát thô), đó là do khi giảm mô đun độ lớn của cốt liệu nhỏ thì tỷ diện tích bề mặt và lượng dùng nước của cốt liệu nhỏ tăng khiến lượng nước tự do trong hỗn hợp bê tông giảm.

Bảng 4.4. Kết quả thí nghiệm đo co mềm của bê tông sử dụng (cát mịn phối hợp mạt đá, cát thô)

TT	KH	M _{dl}	M _{dlh}	K _d	X/N	Biến dạng mm/m											
						0h	0,5h	1h	1,5h	2h	3h	4h	5h	6h	7h	8h	9h
1	CPM2	1,2	2,2	1,54	2,00	0	-0,370	-0,532	-0,760	-1,254	-1,446	-1,568	-1,652	-1,698	-1,712	-1,750	-1,762
2	CPM4	1,6	2,4	1,53	2,00	0	-0,364	-0,516	-0,680	-1,142	-1,410	-1,530	-1,606	-1,630	-1,644	-1,686	-1,694
3	CPM6	1,9	2,6	1,52	2,00	0	-0,270	-0,420	-0,596	-1,090	-1,324	-1,476	-1,548	-1,572	-1,584	-1,590	-1,596
4	CP12	2,5	--	1,55	2,00	0	-0,258	-0,416	-0,568	-1,040	-1,230	-1,402	-1,516	-1,518	-1,524	-1,526	-1,540

Trong điều kiện đó, co mềm của bê tông sử dụng (cát mịn phối hợp mạt đá, cát thô) có mô đun độ lớn khác nhau có hướng phát triển mạnh trong vòng 4h đầu với giá trị lên đến (- 1,402 ÷ - 1,568) mm/m và giảm dần sau đó. Tổng giá trị co mềm của bê tông sau 9h có thể đạt (- 1,596 ÷ - 1,762) mm/m đối với bê tông sử dụng cát mịn phối hợp mạt đá, và đạt - 1,540 mm/m đối với bê tông sử dụng cát thô. Với cùng tỷ lệ thay thế 40 % cát mịn bằng mạt đá thì co mềm của bê tông sử dụng (cát mịn phối hợp mạt đá, cát thô) có mô đun độ lớn khác nhau tăng về giá trị tuyệt đối theo chiều giảm mô đun độ lớn của (cát mịn phối hợp mạt đá, cát thô). Điều này có thể giải thích trong điều kiện cùng tỷ lệ phối hợp cát mịn với mạt đá (thay thế 40 % cát mịn), cùng một tỷ lệ X/N và lượng dùng xi măng, cùng mô đun hử $M_h=30m^{-1}$ và điều kiện thí nghiệm như nhau, thì cát có mô đun độ lớn càng cao khi phối hợp với mạt đá và cốt liệu lớn (đá dăm) sẽ được hỗn hợp cốt liệu có thành phần hạt sắp xếp chặt chẽ và độ đặc chắc càng tăng. Mức độ đặc chắc của hỗn hợp cốt liệu sẽ giảm dần theo chiều giảm mô đun độ lớn của (cát mịn phối hợp mạt đá, cát thô). Bên cạnh đó, khi giảm mô đun độ lớn của (cát mịn phối hợp mạt đá, cát thô) thì tỷ diện tích bề mặt và lượng dùng nước của (cát mịn phối hợp mạt đá, cát thô) tăng, và khi đó lượng nước tự do trong hỗn hợp bê tông giảm, dẫn tới quá trình mất nước của hỗn hợp bê tông và bê tông tăng, khiến độ co mềm của bê tông tăng.

Như vậy, có thể thấy rằng các yếu tố như mô đun độ lớn của (cát mịn, cát mịn phối hợp mặt đá, cát thô) có ảnh hưởng đáng kể đến quá trình mất nước, co mềm của hỗn hợp bê tông và bê tông. Quá trình mất nước, co mềm của hỗn hợp bê tông và bê tông sử dụng cát mịn lớn hơn cát thô. Tuy nhiên, khi phối hợp cát mịn với mặt đá theo tỷ lệ thay thế 40 % cát mịn bằng mặt đá thì quá trình mất nước, co mềm của hỗn hợp bê tông và bê tông được giảm đáng kể so với khi sử dụng riêng cát mịn, điều này được thể hiện ở kết quả mất nước của hỗn hợp bê tông và bê tông sau 2h đầu giảm từ (17 ÷ 20) % xuống còn (15 ÷ 18) %, sau 4h giảm từ (28 ÷ 32) % xuống còn (26 ÷ 29) % và khoảng 4h đến 8h giảm từ (38 ÷ 43) % xuống còn (34 ÷ 39) % tổng lượng nước trộn ban đầu. Co mềm của bê tông trong vòng 4h đầu có giá trị từ (-1,580 ÷ - 1,742) mm/m giảm còn (-1,476 ÷ - 1,568) mm/m và tổng giá trị co mềm của bê tông sau 9h giá trị từ (-1,660 ÷ - 1,804) mm/m giảm còn (-1,596 ÷ - 1,762) mm/m tương đương cát thô cùng mô đun độ lớn. Điều này có thể giải thích với cùng tỷ lệ mặt đá phối hợp cát mịn, cùng một tỷ lệ X/N và lượng dùng xi măng, cùng mô đun hỡ $M_h=30m^{-1}$ và điều kiện thí nghiệm như nhau, khi phối hợp đá dăm với (cát mịn và mặt đá) sẽ được hỗn hợp cốt liệu có cấp phối liên tục, thành phần hạt được sắp xếp chặt chẽ và có độ đặc chắc cao hơn so với khi sử dụng riêng cát mịn phối hợp đá dăm. Mức độ đặc chắc của hỗn hợp cốt liệu (cát mịn, mặt đá và đá dăm) sẽ giảm dần theo chiều giảm mô đun độ lớn của cát mịn. Mặt khác, khi sử dụng cát mịn phối hợp mặt đá thì tỷ diện tích bề mặt và lượng dùng nước của hỗn hợp (cát mịn và mặt đá) giảm so với cát mịn, khiến lượng nước tự do trong hỗn hợp bê tông sử dụng cát mịn phối hợp mặt đá cao hơn so với khi sử dụng riêng cát mịn, dẫn tới quá trình mất nước của hỗn hợp bê tông và bê tông sử dụng cát mịn phối hợp mặt đá sẽ nhỏ hơn so với khi sử dụng riêng cát mịn. Và khi đó co mềm của bê tông sử dụng (cát mịn phối hợp mặt đá) nhỏ hơn so với bê tông sử dụng cát mịn.

Do đó, muốn giảm quá trình mất nước, co mềm của hỗn hợp bê tông và bê tông cát mịn, để có thể hạn chế nứt cho bê tông cát mịn tương đương cát thô, đáp ứng yêu cầu kỹ thuật đối với mặt đường bê tông xi măng đường các cấp, thì việc phối hợp cát mịn

với mặt đá sử dụng trong bê tông có thể coi là một trong những giải pháp cần thiết được sử dụng.

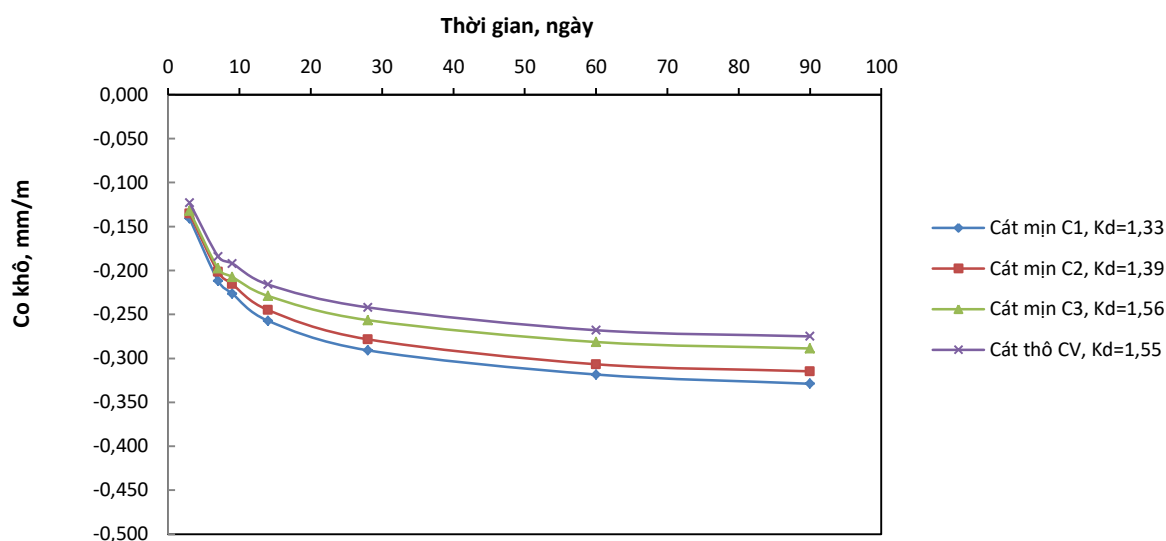
4.1.2. Co ngót của bê tông

4.1.2.1. Co ngót của bê tông sử dụng cát mịn

Co ngót là biến dạng của bê tông khi không chịu tác động của ngoại lực, đó là một trong những đặc tính biến dạng quan trọng ảnh hưởng lớn tới việc sử dụng bê tông. Cơ chế co ngót của bê tông gồm co do mất nước (ứng suất phát sinh trong mao quản khi mất nước), co do thủy hóa (suy giảm thể tích sản phẩm thủy hóa so với thể tích xi măng và nước ban đầu) và co nội tại (do nước trong mao quản và gel tham gia thủy hóa xi măng trong điều kiện không đủ lượng nước tự do). Tùy theo điều kiện cụ thể, hiện tượng co của bê tông quan sát được có thể là tổng hợp của các nguyên nhân nói trên [9]. Co ngót bê tông là một quá trình liên tục phụ thuộc không những vào bản chất của bê tông mà còn vào điều kiện môi trường bên ngoài. Quá trình này diễn ra từ khi bê tông còn trong quá trình đông kết cho đến khi đã đạt cường độ và được đưa vào sử dụng. Tuy nhiên, do hạn chế của các phương pháp thí nghiệm nên việc theo dõi liên tục quá trình co bê tông là khó thực hiện. Các phương pháp tiêu chuẩn thường tiến hành đo khi bê tông đã đạt cường độ sau một quá trình bảo dưỡng. Trong thực tế, các kết cấu bê tông cốt thép có thể được tháo khuôn chỉ sau 1 ngày. Khi đó, với diện tích bề mặt hở lớn, quá trình bay hơi nước diễn ra mạnh sẽ thúc đẩy co ngót phát triển. Do đó, trong phạm vi luận án việc bảo dưỡng đo co được thay đổi đôi chút so với tiêu chuẩn. Luận án đã tiến hành xác định độ co của các cấp phối bê tông đại diện CP (8,4,10,12) trong Bảng 3.1, theo phương pháp đo co (mục 2.2 - phương pháp nghiên cứu). Kết quả thí nghiệm co ngót của bê tông được trình bày cụ thể tại Bảng 4.5 và Hình 4.5.

Bảng 4.5. Kết quả thí nghiệm đo co của bê tông sử dụng (cát mịn, cát thô)

TT	KH	M _{dl}	K _d	X/N	Biến dạng mm/m							
					1 ngày	3 ngày	7 ngày	9 ngày	14 ngày	28 ngày	60 ngày	90 ngày
1	CP8	1,2	1,33	2,00	0	-0,141	-0,212	-0,226	-0,257	-0,291	-0,318	-0,329
2	CP4	1,6	1,39	2,00	0	-0,136	-0,202	-0,216	-0,245	-0,278	-0,307	-0,315
3	CP10	1,9	1,56	2,00	0	-0,132	-0,198	-0,207	-0,229	-0,257	-0,281	-0,289
4	CP12	2,5	1,55	2,00	0	-0,123	-0,184	-0,192	-0,216	-0,242	-0,268	-0,275



Hình 4.5. Co khô của bê tông sử dụng cát (C1, C2, C3, CV) theo thời gian

Kết quả thí nghiệm thấy trong cùng điều kiện thí nghiệm, các mẫu bê tông sử dụng các loại cát có mô đun độ lớn khác nhau có xu hướng co mạnh trong khoảng thời gian 28 ngày đầu, mức độ co của bê tông giảm dần trong những ngày tiếp theo. Sau 90 ngày giá trị độ co đạt tới (-0,289 ÷ -0,329) mm/m đối với bê tông sử dụng cát mịn (C1,C2,C3), đạt - 0,275 mm/m đối với bê tông sử dụng cát thô (CV). Điều này có thể giải thích với cùng một tỷ lệ X/N và lượng dùng xi măng, điều kiện thí nghiệm như nhau, thì cát thô khi phối hợp với đá dăm sẽ dẫn tới hỗn hợp cốt liệu có cấp phối liên tục còn cát mịn có cấp phối gián đoạn, nên thành phần hạt của hỗn hợp cát thô phối hợp đá dăm được sắp xếp đặc chắc hơn so với cát mịn, mức độ đặc chắc của hỗn hợp cốt liệu (cát phối hợp đá dăm) giảm dần theo chiều giảm mô đun độ lớn của cát. Để xác định mức độ co điều kiện thực tế, trong thí nghiệm đã bố trí mẫu được lưu giữ trong điều kiện phòng thí nghiệm ngay sau khi tháo khuôn chứ không trải qua giai đoạn dưỡng hộ 28 ngày như trình bày trong tiêu chuẩn ASTM C157/C157M-08 [57]. Mặc dù vậy, tiến trình đo co của bê tông vẫn tuân thủ theo quy luật chung. Khi đó, giá trị co này của bê tông sẽ sát với thực tế hơn và có thể được dùng ước tính mức độ co của bê tông dùng cho mặt đường bê tông xi măng.

Kết quả thí nghiệm cũng cho thấy, giá trị co có xu hướng giảm dần về giá trị tuyệt đối theo chiều tăng của mô đun độ lớn của cát. Đối với bê tông sử dụng cát mịn mức độ co lớn hơn so với bê tông sử dụng cát thô.

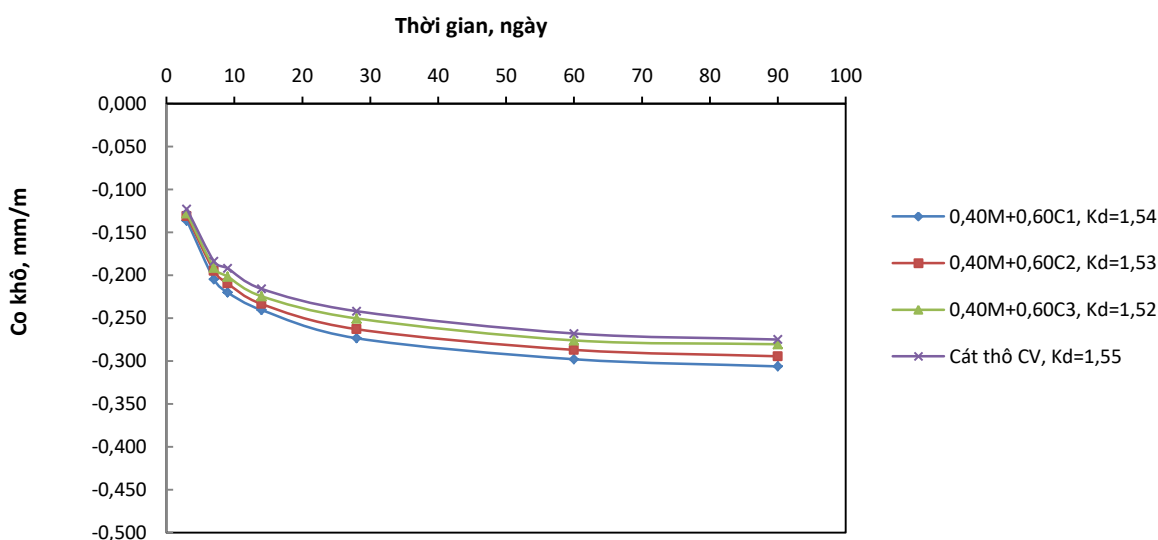
Có thể thấy rằng các yếu tố như mô đun độ lớn của cát có ảnh hưởng đáng kể đến biến dạng và khả năng chống nứt của bê tông, giá trị co của bê tông sử dụng cát mịn lớn hơn cát thô. Muốn giảm giá trị co, mức độ co của bê tông sử dụng cát mịn tương đương cát thô, nhằm hạn chế nứt cho bê tông sử dụng cát mịn đáp ứng được yêu cầu kỹ thuật đối với mặt đường bê tông xi măng cho đường các cấp, thì cần có giải pháp thích hợp để hạn chế co ngót cho bê tông khi sử dụng cát mịn.

4.1.2.2. Co ngót của bê tông sử dụng cát mịn phối hợp mật đá vôi

Để nghiên cứu tính chất co ngót của bê tông sử dụng cát mịn phối hợp mật đá. Luận án đã tiến hành xác định độ co của các cấp phối bê tông đại diện CPM (2,4,6) và CP12 trong Bảng 3.2, theo phương pháp đo co (mục 2.2 - phương pháp nghiên cứu). Kết quả thí nghiệm co ngót của bê tông được trình bày cụ thể tại Bảng 4.6 và Hình 4.6.

Bảng 4.6. Kết quả thí nghiệm đo co của bê tông sử dụng (cát mịn phối hợp mật đá, cát thô)

TT	KH	M _{dl}	M _{dlhh}	K _d	X/N	Biến dạng mm/m							
						1 ngày	3 ngày	7 ngày	9 ngày	14 ngày	28 ngày	60 ngày	90 ngày
1	CPM2	1,2	2,2	1,54	2,00	0	-0,136	-0,205	-0,220	-0,241	-0,274	-0,298	-0,306
2	CPM4	1,6	2,4	1,53	2,00	0	-0,131	-0,195	-0,210	-0,234	-0,263	-0,287	-0,295
3	CPM6	1,9	2,6	1,52	2,00	0	-0,128	-0,191	-0,202	-0,225	-0,250	-0,276	-0,281
4	CP12	2,5	--	1,55	2,00	0	-0,123	-0,184	-0,192	-0,216	-0,242	-0,268	-0,275



Hình 4.6. Co khô của bê tông sử dụng (cát mịn phối hợp mật đá, cát thô) theo thời gian

Kết quả thí nghiệm đo co cho thấy trong cùng điều kiện thí nghiệm, các mẫu bê tông sử dụng các loại cốt liệu nhỏ (cát mịn phối hợp mặt đá, cát thô) có mô đun độ lớn khác nhau có xu hướng co mạnh trong khoảng thời gian 28 ngày đầu, mức độ co của bê tông giảm dần trong những ngày tiếp theo. Sau 90 ngày giá trị độ co đạt tới từ (- 0,281 ÷ - 0,306) mm/m đối với bê tông sử dụng cát mịn phối hợp mặt đá, đạt - 0,275 mm/m đối với bê tông sử dụng cát thô (CV) và nhỏ hơn so với bê tông sử dụng riêng cát mịn. Điều này có thể giải thích với cùng một tỷ lệ mặt đá phối hợp cát mịn, cùng tỷ lệ X/N và lượng dùng xi măng, điều kiện thí nghiệm như nhau, thì khi phối hợp cát mịn và mặt đá với cốt liệu lớn (đá dăm) sẽ dẫn tới hỗn hợp cốt liệu có cấp phối liên tục, nên hỗn hợp cốt liệu (cát mịn và mặt đá phối hợp đá dăm) có thành phần hạt được sắp xếp chặt chẽ đặc chắc hơn so với hỗn hợp cốt liệu (cát mịn phối hợp đá dăm). Mức độ đặc chắc của hỗn hợp cốt liệu (cát mịn và mặt đá phối hợp đá dăm) giảm dần theo chiều giảm mô đun độ lớn của hỗn hợp (cát mịn và mặt đá). Để xác định mức độ co điều kiện thực tế, trong thí nghiệm cũng đã bố trí mẫu được lưu giữ trong điều kiện phòng thí nghiệm ngay sau khi tháo khuôn chứ không trải qua giai đoạn dưỡng hộ 28 ngày như trình bày trong tiêu chuẩn ASTM C157/C157M-08 [57]. Tuy nhiên, tiến trình đo co của bê tông vẫn tuân thủ theo quy luật chung. Khi đó, giá trị co này của bê tông sử dụng (cát mịn phối hợp mặt đá, cát thô) sẽ sát với thực tế hơn và có thể được dùng ước tính mức độ co của bê tông dùng cho mặt đường bê tông xi măng.

Kết quả thí nghiệm cũng cho thấy, giá trị co có xu hướng giảm dần về giá trị tuyệt đối với chiều tăng của mô đun độ lớn của cát cũng như mô đun độ lớn của (cát mịn phối hợp mặt đá) và giá trị co của bê tông sử dụng cát mịn phối hợp mặt đá nhỏ hơn so với bê tông sử dụng cát mịn. Chênh lệch giá trị co, mức độ co của bê tông sử dụng cát mịn phối hợp mặt đá và bê tông sử dụng cát thô là không đáng kể. Đây là có thể coi là ưu điểm của việc sử dụng bổ sung mặt đá phối hợp cát mịn so với sử dụng riêng cát mịn dùng cho bê tông làm mặt đường bê tông xi măng.

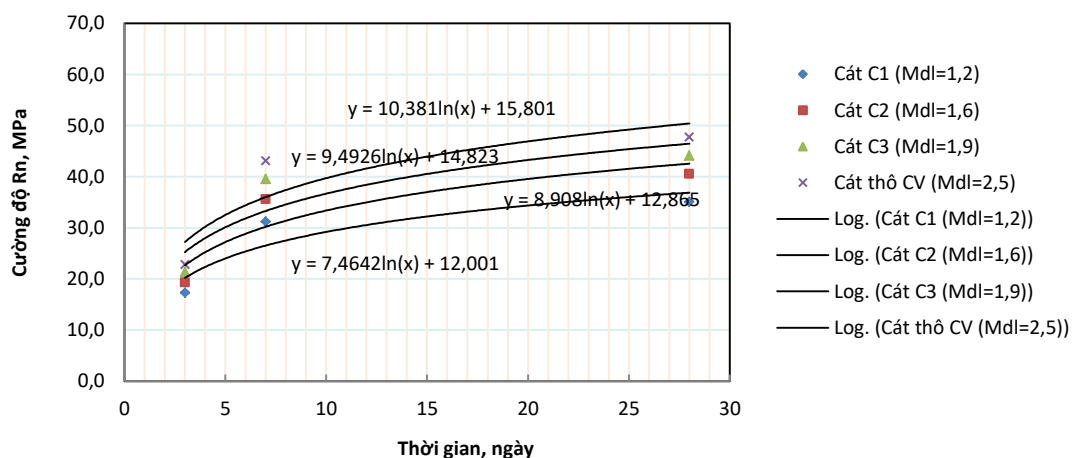
Như vậy, có thể thấy rằng các yếu tố như mô đun độ lớn của (cát mịn, cát mịn phối hợp mặt đá, cát thô), có ảnh hưởng đáng kể đến biến dạng, khả năng chống nứt của bê tông. Giá trị co của bê tông sử dụng cát mịn lớn hơn so với cát thô. Tuy nhiên, khi sử

dùng cát mịn phối hợp mặt đá (tỷ lệ thay thế 40 % cát mịn) đã giảm đáng kể giá trị co ngót của bê tông cát mịn, cụ thể là đã giảm độ co sau 90 ngày về giá trị tuyệt đối từ $(0,289 \div 0,329)$ mm/m xuống còn $(0,281 \div 0,306)$ mm/m tương đương cát thô cùng mô đun độ lớn. Do đó, muốn giảm giá trị co, mức độ co của bê tông từ đó có thể giảm khả năng nứt của bê tông cát mịn tương đương cát thô, đáp ứng được yêu cầu kỹ thuật đối với mặt đường bê tông xi măng cho đường các cấp, thì việc sử dụng cát mịn phối hợp mặt đá dùng trong bê tông cát mịn cũng có thể coi là một trong những giải pháp cần thiết được áp dụng.

4.1.3. Sự phát triển cường độ của bê tông theo thời gian

4.1.3.1. Sự phát triển cường độ chịu nén của bê tông sử dụng cát mịn theo thời gian

Đánh giá sự phát triển cường độ chịu nén của bê tông sử dụng cát mịn theo thời gian, luận án đã sử dụng một số cấp phối đại diện như C7 ($K_d=1,16$); CP3 ($K_d=1,23$); CP9 ($K_d=1,39$) và CP11 ($K_d=1,38$) trong Bảng 3.1. Biểu đồ phát triển cường độ chịu nén của bê tông theo thời gian của các cấp phối đại diện được trình bày trên Hình 4.7.

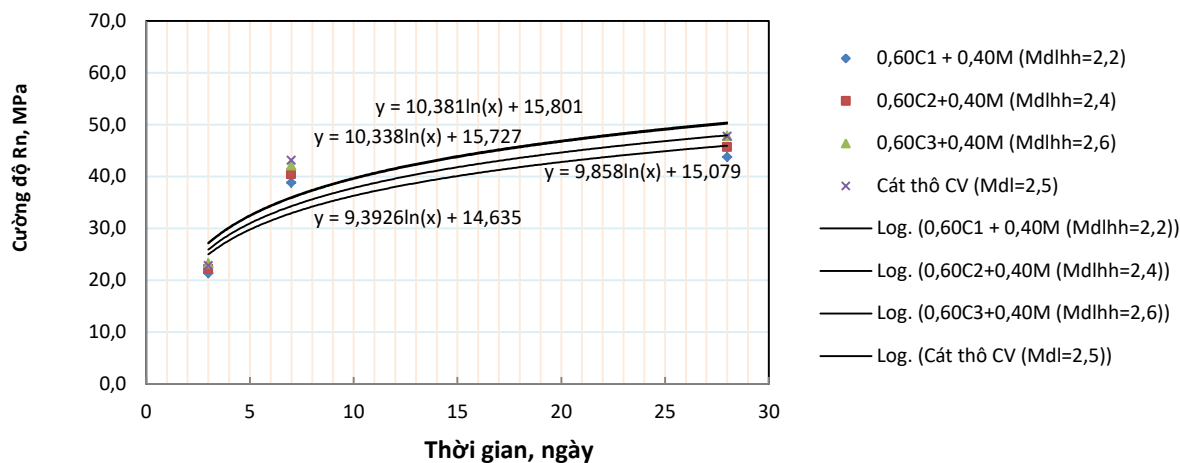


Hình 4.7. Phát triển cường độ chịu nén của bê tông sử dụng (cát mịn, cát thô) theo thời gian

4.1.3.2. Sự phát triển cường độ chịu nén của bê tông sử dụng cát mịn phối hợp mặt đá vôi theo thời gian

Đánh giá sự phát triển cường độ chịu nén của bê tông sử dụng cát mịn phối hợp mặt đá theo thời gian, luận án đã sử dụng một số cấp phối đại diện như CPM1 ($K_d=1,38$); CPM3 ($K_d=1,37$); CPM5 ($K_d=1,37$) và CP11 ($K_d=1,38$) trong Bảng 3.2. Biểu đồ phát

triển cường độ chịu nén của bê tông theo thời gian của các cấp phối đại diện được trình bày trên Hình 4.8.



Hình 4.8. Phát triển cường độ chịu nén của bê tông sử dụng (cát mịn phối hợp mật đá, cát thô) theo thời gian

➤ Trên cơ sở kết quả thí nghiệm, luận án đã xây dựng đường tương quan giữa cường độ chịu nén và tuổi mẫu của bê tông theo phương pháp bình phương nhỏ nhất. Đánh giá thống kê cho thấy tương quan dạng hàm logarit mô tả tốt các kết quả thí nghiệm. Sự phát triển cường độ chịu nén của bê tông sử dụng (cát mịn, cát mịn phối hợp mật đá, cát thô) có mô đun độ lớn khác nhau đều tuân theo quy luật chung.

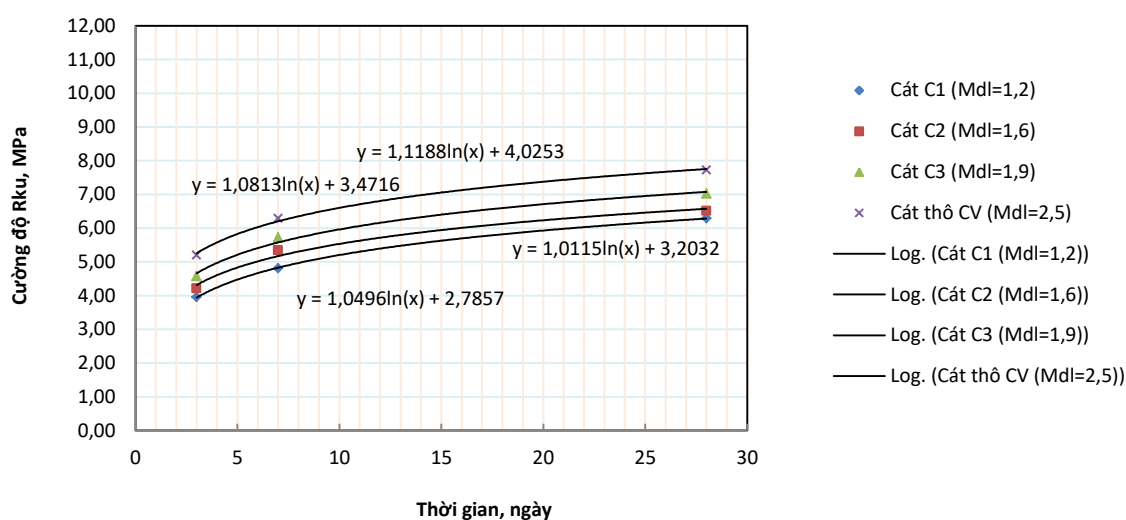
Mức độ phát triển cường độ chịu nén theo thời gian của các mẫu bê tông có thể được đánh giá thông qua hệ số của phương trình hồi quy. Khi giảm mô đun độ lớn của cát thì hệ số của phương trình có xu hướng giảm. Điều này cho thấy với các cấp phối sử dụng (cát mịn, cát mịn phối hợp mật đá, cát thô) có mô đun độ lớn cao hơn thì mức phát triển cường độ chịu nén cao hơn. Tuy nhiên, cần lưu ý rằng, các cấp phối sử dụng (cát mịn, cát mịn phối hợp mật đá, cát thô) có mô đun độ lớn cao hơn thì có giá trị tuyệt đối về cường độ chịu nén lớn hơn.

Kết quả nghiên cứu trên (Hình 4.8) cũng cho thấy khi bổ sung mật đá phối hợp cát mịn (theo tỷ lệ thay thế 40 % cát mịn bằng mật đá) thì hệ số của phương trình đã được tăng lên so với khi sử dụng riêng cát mịn (Hình 4.7). Điều này đồng nghĩa với cường độ chịu nén của bê tông sử dụng (cát mịn phối hợp mật đá) được nâng cao hơn so với

bê tông sử dụng riêng cát mịn và tương đương với bê tông sử dụng cát thô cùng mô đun độ lớn.

4.1.3.3. Sự phát triển cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông sử dụng cát mịn theo thời gian

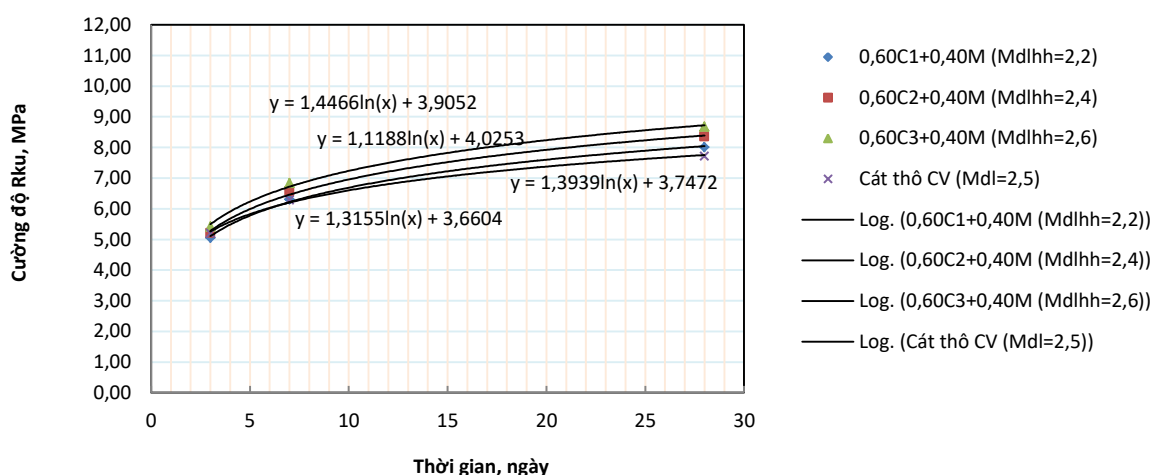
Đánh giá sự phát triển cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông sử dụng cát mịn theo thời gian, luận án đã sử dụng một số cấp phối đại diện như CP8 ($K_d=1,33$); CP4 ($K_d=1,39$); CP10 ($K_d=1,56$) và CP12 ($K_d=1,55$) trong Bảng 3.1. Biểu đồ phát triển cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông theo thời gian của các cấp phối đại diện được trình bày trên Hình 4.9.



Hình 4.9. Phát triển cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông sử dụng (cát mịn, cát thô) theo thời gian

4.1.3.4. Sự phát triển cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông sử dụng cát mịn phối hợp mạt đá vôi theo thời gian

Đánh giá sự phát triển cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông sử dụng cát mịn phối hợp mạt đá vôi theo thời gian, luận án đã sử dụng một số cấp phối đại diện như CPM2 ($K_d=1,54$); CPM4 ($K_d=1,53$); CPM6 ($K_d=1,52$) và CP12 ($K_d=1,55$) trong Bảng 3.2. Biểu đồ phát triển cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông theo thời gian của các cấp phối đại diện được trình bày trên Hình 4.10.



Hình 4.10. Phát triển cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông sử dụng (cát mịn phối hợp mật đá, cát thô) theo thời gian

➤ Trên cơ sở kết quả thí nghiệm, luận án đã xây dựng đường tương quan giữa cường độ chịu kéo khi uốn và tuổi mẫu của bê tông theo phương pháp bình phương nhỏ nhất. Đánh giá thống kê cho thấy tương quan dạng hàm logarit mô tả tốt các kết quả thí nghiệm. Sự phát triển cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông sử dụng (cát mịn, cát mịn phối hợp mật đá, cát thô) có mô đun độ lớn khác nhau đều tuân theo quy luật chung.

Mức độ phát triển cường độ chịu kéo khi uốn theo thời gian của các mẫu bê tông có thể được đánh giá thông qua hệ số của phương trình hồi quy. Khi giảm mô đun độ lớn của cát thì hệ số của phương trình có xu hướng giảm. Điều này cho thấy với các cấp phối sử dụng (cát mịn, cát mịn phối hợp mật đá, cát thô) có mô đun độ lớn cao hơn thì mức phát triển cường độ chịu kéo khi uốn cao hơn. Tuy nhiên, cần lưu ý rằng, các cấp phối sử dụng (cát mịn, cát mịn phối hợp mật đá, cát thô) có mô đun độ lớn cao hơn thì có giá trị tuyệt đối về cường độ chịu kéo khi uốn lớn hơn.

Kết quả nghiên cứu trên (Hình 4.10) cũng cho thấy khi bổ sung mật đá phối hợp cát mịn (theo tỷ lệ thay thế 40 % cát mịn bằng mật đá) thì hệ số của phương trình đã được tăng lên so với khi sử dụng riêng cát mịn (Hình 4.9). Điều này đồng nghĩa với cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông sử dụng (cát mịn phối hợp mật đá) được nâng cao hơn so với bê tông sử dụng riêng cát mịn và tương đương với bê tông sử dụng cát thô cùng mô đun độ lớn.

4.1.4. Độ chống thấm nước của bê tông

4.1.4.1. Độ chống thấm nước của bê tông sử dụng cát mịn

Quá trình ăn mòn cốt thép liên quan trực tiếp đến các tác nhân ăn mòn tiếp xúc với bề mặt cốt thép và gây ra các phản ứng hóa học, điện hóa trên bề mặt. Các tác nhân ăn mòn có thể ở dạng khí hoặc dạng lỏng. Với dạng lỏng, các tác nhân xâm thực hòa tan trong nước và thâm nhập vào bê tông đến bề mặt cốt thép trong đó. Từ góc độ này, khả năng bảo vệ của bê tông đối với cốt thép có thể được đánh giá thông qua khả năng ngăn cản sự xâm nhập của các tác nhân ăn mòn mà chủ yếu ở đây là độ chống thấm nước. Trong phạm vi luận án, đã tiến hành thí nghiệm xác định độ chống thấm nước của bê tông sử dụng các loại cát có mô đun độ lớn khác nhau thông qua các cấp phối bê tông đại diện CP (8,4,10,12) trong Bảng 3.1, theo tiêu chuẩn TCVN 3116 : 1993 ở mục phương pháp nghiên cứu. Kết quả thí nghiệm được trình bày tại Bảng 4.7.

Bảng 4.7. Kết quả thí nghiệm độ chống thấm nước của bê tông sử dụng (cát mịn, cát thô)

TT	KH	M_{dl}	K_d	Độ chống thấm nước
1	CP8	1,2	1,33	B8
2	CP4	1,6	1,39	B8
3	CP10	1,9	1,56	B10
4	CP12	2,5	1,55	B12

Kết quả thí nghiệm cho thấy, độ chống thấm nước của các cấp phối bê tông sử dụng cát mịn trong nghiên cứu đạt B8 đến B10 nhỏ hơn so với khi sử dụng cát thô B12, đó là do xét trong điều kiện nghiên cứu của luận án, khi tăng mô đun độ lớn của cát thì lượng cát trong cấp phối thí nghiệm được tăng lên, mặc dù lượng hạt nhỏ hơn 0,315 mm có giảm nhưng không đáng kể dẫn tới độ chống thấm nước của bê tông tăng. Có thể thấy rằng, độ chống thấm nước thực tế của các mẫu bê tông sử dụng cát mịn đạt được ở giá trị tỷ lệ X/N lớn hơn so với tỷ lệ X/N tối thiểu được khuyến cáo trong tài liệu [3], [33]. Điều này có thể giải thích là do khi sử dụng cát mịn, hàm lượng hạt nhỏ hơn 0,315 mm trong bê tông gia tăng, nên có tác dụng tăng độ chống thấm nước của bê tông.

Kết quả nghiên cứu cho thấy bê tông sử dụng cát mịn làm mặt đường bê tông xi măng có thể bảo vệ cốt thép trong môi trường nước xâm thực như bê tông sử dụng cát thô thông thường, mặc dù độ chống thấm nước của bê tông sử dụng cát mịn nhỏ hơn bê tông sử dụng cát thô.

4.1.4.2. Độ chống thấm của bê tông sử dụng cát mịn phối hợp mặt đá vôi

Để nghiên cứu tính chất chống thấm nước của bê tông sử dụng hỗn hợp cát mịn phối hợp mặt đá. Luận án đã tiến hành thí nghiệm xác định độ chống thấm nước của bê tông theo các cấp phối bê tông đại diện CPM (2,4,6) và CP12 trong Bảng 3.2. Theo tiêu chuẩn TCVN 3116 : 1993 ở mục phương pháp nghiên cứu. Kết quả thí nghiệm được trình bày tại Bảng 4.8.

Bảng 4.8. Kết quả thí nghiệm độ chống thấm nước của bê tông sử dụng (cát mịn phối hợp mặt đá, cát thô)

TT	KH	M_{dl}	M_{dlhh}	K_d	Độ chống thấm nước
1	CPM2	1,2	2,2	1,54	B10
2	CPM4	1,6	2,4	1,53	B10
3	CPM6	1,9	2,6	1,52	B12
4	CP12	2,5	--	1,55	B12

Kết quả thí nghiệm cho thấy độ chống thấm nước của các cấp phối bê tông sử dụng cát mịn phối hợp mặt đá, trong nghiên cứu đạt được B10 đến B12 cao hơn so với khi sử dụng riêng cát mịn. Đó là do xét trong điều kiện nghiên cứu của luận án, khi bổ sung mặt đá vôi phối hợp cát mịn thì mô đun độ lớn và lượng hỗn hợp (cát mịn phối hợp mặt đá) trong các cấp phối thí nghiệm được tăng lên, mặc dù lượng hạt nhỏ hơn 0,315 mm có giảm nhưng không đáng kể, đồng thời thành phần hạt của hỗn hợp cát mịn phối hợp mặt đá và cốt liệu lớn (đá dăm) sẽ được sắp xếp chặt chẽ đặc chắc hơn so với khi sử dụng riêng cát mịn, dẫn tới độ chống thấm nước của bê tông tăng. Có thể thấy rằng, độ chống thấm nước thực tế của các mẫu bê tông sử dụng cát mịn phối hợp mặt đá đạt được ở giá trị tỷ lệ X/N lớn hơn so với tỷ lệ X/N tối thiểu được khuyến cáo trong tài liệu [3], [33]. Điều này có thể giải thích là do khi sử dụng hỗn hợp mặt đá phối hợp cát mịn, hàm lượng hạt (< 0,315) mm trong bê tông tuy có giảm so với sử dụng riêng cát mịn nhưng không đáng kể, nên vẫn có tác dụng tăng độ chống thấm nước của bê tông.

Như vậy, có thể thấy rằng sử dụng mặt đá phối hợp cát mịn (theo tỷ lệ thay thế 40 % cát mịn bằng mặt đá) có thể tăng độ chống thấm nước của bê tông cát mịn tương đương cát thô cùng mô đun độ lớn. Bê tông sử dụng cát mịn phối hợp mặt đá làm mặt đường bê tông xi măng có thể bảo vệ cốt thép trong môi trường nước xâm thực tương đương bê tông sử dụng cát thô thông thường.

4.1.5. Mô đun đàn hồi của bê tông

4.1.5.1. Mô đun đàn hồi của bê tông sử dụng cát mịn

Dưới tác dụng của ngoại lực, cũng như các vật liệu khác, bê tông bị biến dạng cho đến khi bị phá hoại. Mô đun đàn hồi cho biết mức độ ứng suất cần thiết để gây nên một đơn vị biến dạng tương đối. Theo mức độ gia tăng tải trọng tác dụng, bê tông biến dạng theo quan hệ không tuyến tính. Mức độ biến dạng giảm dần khi gia tăng tải trọng. Như vậy, mô đun đàn hồi của vật liệu có giá trị thay đổi trong quá trình gia tải.

Luận án đã xác định mô đun đàn hồi của bê tông sử dụng cát mịn có mô đun độ lớn khác nhau thông qua các cấp phối bê tông đại diện CP (8,4,10,12) trong Bảng 3.1, theo tiêu chuẩn ASTM C469-10 ở mục phương pháp nghiên cứu. Kết quả thí nghiệm được trình bày tại Bảng 4.9.

Bảng 4.9. Kết quả thí nghiệm mô đun đàn hồi của bê tông sử dụng (cát mịn, cát thô)

TT	KH	M _{dl}	K _d	R _{ku28} MPa	R _{n28} MPa	Mô đun đàn hồi, GPa
1	CP8	1,2	1,33	6,29	34,0	27,4
2	CP4	1,6	1,39	6,51	38,9	31,2
3	CP10	1,9	1,56	7,02	43,2	32,5
4	CP12	2,5	1,55	7,72	46,6	35,4

Kết quả thí nghiệm cho thấy, bê tông sử dụng (cát mịn, cát thô) với cường độ chịu nén ở tuổi 28 ngày đạt giá trị từ 34,0 MPa đến 46,6 MPa, cường độ chịu kéo khi uốn ở tuổi 28 ngày đạt giá trị từ 6,29 MPa đến 7,72 MPa, thì mô đun đàn hồi của bê tông có giá trị trong khoảng từ 27,4 GPa đến 35,4 GPa. Mô đun đàn hồi của bê tông có xu hướng tăng theo chiều tăng của cường độ chịu nén, theo chiều tăng mô đun độ lớn của cát. Tỷ lệ mô đun đàn hồi trên cường độ chịu nén của bê tông sử dụng cát mịn và bê tông sử

dụng cát thô không có sự khác biệt nhiều, do đó các giá trị tra Bảng theo [35] hiện đang áp dụng có thể áp dụng được với bê tông sử dụng cát mịn.

Từ kết quả nghiên cứu và phân tích trên, cho thấy mô đun đàn hồi của bê tông sử dụng cát mịn nhỏ hơn so với mô đun đàn hồi của bê tông sử dụng cát thô. Để có thể sử dụng cát mịn trong bê tông làm mặt đường tương đương khi sử dụng cát thô, cần phải có giải pháp thích hợp nâng cao mô đun đàn hồi của bê tông sử dụng cát mịn tương đương bê tông sử dụng cát thô, từ đó bê tông sử dụng cát mịn mới có thể đáp ứng được yêu cầu kỹ thuật đối với mặt đường bê tông xi măng cho đường các cấp.

4.1.5.2. Mô đun đàn hồi của bê tông sử dụng cát mịn phối hợp mặt đá vôi

Để nghiên cứu mô đun đàn hồi của bê tông sử dụng hỗn hợp cát mịn phối hợp mặt đá. Luận án đã sử dụng các cấp phối bê tông đại diện CPM (2,4,6) và CP12 trong Bảng 3.2, theo tiêu chuẩn ASTM C469-10 ở mục phương pháp nghiên cứu. Kết quả thí nghiệm được trình bày tại Bảng 4.10.

Bảng 4.10. Kết quả thí nghiệm mô đun đàn hồi của bê tông sử dụng (cát mịn phối hợp mặt đá, cát thô)

TT	KH	M_{dl}	M_{dlhh}	K_d	R_{ku28} , MPa	R_{n28} , MPa	Mô đun đàn hồi, GPa
1	CPM2	1,2	2,2	1,54	8,01	42,8	32,4
2	CPM4	1,6	2,4	1,53	8,35	44,5	33,2
3	CPM6	1,9	2,6	1,52	8,68	46,3	35,6
4	CP12	2,5	--	1,55	7,72	46,6	35,4

Kết quả thí nghiệm cho thấy bê tông sử dụng (cát mịn phối hợp mặt đá, cát thô) với cường độ chịu nén ở độ tuổi 28 ngày đạt giá trị từ 42,8 MPa đến 46,6 MPa, cường độ chịu kéo khi uốn ở độ tuổi 28 ngày đạt giá trị từ 7,72 MPa đến 8,68 MPa, thì mô đun đàn hồi có giá trị trong khoảng từ 32,4 GPa đến 35,6 GPa. Mô đun đàn hồi của bê tông có xu hướng tăng theo chiều tăng của cường độ chịu nén, theo chiều tăng mô đun độ lớn của (cát mịn phối hợp mặt đá, cát thô). Tỷ lệ mô đun đàn hồi trên cường độ chịu nén của bê tông sử dụng cát mịn phối hợp mặt đá và bê tông sử dụng cát thô không có sự khác biệt nhiều, do đó các giá trị tra Bảng theo [35], hiện đang áp dụng có thể áp dụng được với bê tông sử dụng cát mịn phối hợp mặt đá. Mô đun đàn hồi của bê tông sử dụng cát mịn phối hợp mặt đá (theo tỷ lệ thay thế 40 % cát mịn bằng mặt đá) có giá

trị tương đương cát thô cùng mô đun độ lớn và có giá trị cao hơn so với khi sử dụng riêng cát mịn.

Như vậy, kết quả nghiên cứu cho thấy khi sử dụng cát mịn phối hợp mặt đá (theo tỷ lệ thay thế 40 % cát mịn bằng mặt đá) thì giá trị mô đun đàn hồi của bê tông được nâng cao hơn so với khi sử dụng riêng cát mịn và tương đương khi sử dụng cát thô cùng mô đun độ lớn. Do đó, việc sử dụng mặt đá phối hợp cát mịn có thể coi là một trong những giải pháp có thể nâng cao được mô đun đàn hồi của bê tông cát mịn tương đương cát thô, đáp ứng được yêu cầu kỹ thuật đối với mặt đường bê tông xi măng cho đường các cấp.

4.2. Một số biện pháp công nghệ nâng cao khả năng chống nứt cho bê tông cát mịn đối với mặt đường bê tông xi măng trong giai đoạn đầu đóng rắn

Trên cơ sở kết quả nghiên cứu và phân tích đã được trình bày trong luận án, có thể đề xuất một số biện pháp công nghệ để nâng cao khả năng chống nứt cho bê tông cát mịn đối với mặt đường bê tông xi măng trong giai đoạn đầu đóng rắn cụ thể như sau:

- Sử dụng cát mịn (có mô đun độ lớn nhỏ hơn 2) kết hợp với mặt đá vôi (có mô đun độ lớn bằng 3,6), xi măng (PC40, PCB40), phụ gia siêu dẻo và hệ số dư vữa hợp lý có thể giảm được quá trình mất nước, giảm được co ngót cho hỗn hợp bê tông và bê tông, từ đó nâng cao được khả năng chống nứt cho bê tông.
- Bảo dưỡng bê tông là một khâu quan trọng để đảm bảo chất lượng của mặt đường bê tông xi măng. Trong quá trình bê tông xi măng đóng rắn cần đảm bảo các vấn đề: không cho xe và người đi lại làm hư hỏng mặt đường; hạn chế bê tông bị co ngót đột ngột dưới tác động của nắng và gió; không cho mưa làm xói hỏng bê tông; hạn chế lượng nước từ hỗn hợp bê tông bay hơi ra môi trường trong giai đoạn đầu đóng rắn.
- Các biện pháp bảo dưỡng bê tông: tưới nước hàng ngày (có thể tưới bằng thủ công hoặc dùng xe phun nước); sử dụng cát rải lên trên mặt đường và tưới nước; làm nhà lều di động; phun một lớp màng mỏng vật liệu không thấm nước lên trên bề mặt của bê tông mặt đường (lớp này có thể nhũ tương, nhựa lỏng...).

Kết luận Chương 4:

Trên cơ sở kết quả nghiên cứu một số tính chất của bê tông cát mịn, có thể đưa ra một số kết luận sau:

- Bỏ sung mặt đá thô hóa cát mịn thì quá trình mất nước của hỗn hợp bê tông và bê tông, co mềm của bê tông được giảm đáng kể so với khi sử dụng riêng cát mịn. Hỗn hợp bê tông và bê tông mất nước lớn nhất sau 2 h đầu có giá trị từ (17÷20) % giảm còn (15÷18) %, sau 4h từ (28÷32) % giảm còn (26÷29) % và khoảng 4h đến 8h từ (38÷43) % giảm còn (34÷39) % tổng lượng nước trộn ban đầu. Co mềm của bê tông trong vòng 4 h đầu có giá trị từ (-1,580 ÷ - 1,742) mm/m giảm còn (-1,476 ÷ - 1,568) mm/m và tổng giá trị co ngót của bê tông sau 9 h có giá trị từ (-1,660 ÷ - 1,804) mm/m giảm còn (-1,596 ÷ - 1,762) mm/m tương đương cát thô cùng mô đun độ lớn.
- Khi sử dụng mặt đá phối hợp cát mịn dùng trong bê tông, đã giảm đáng kể giá trị co ngót của bê tông so với khi sử dụng riêng cát mịn, đó là đã giảm độ co của bê tông sau 90 ngày về giá trị tuyệt đối từ (0,289 ÷ 0,329) mm/m xuống còn (0,281 ÷ 0,306) mm/m tương đương cát thô cùng mô đun độ lớn.
- Khi sử dụng mặt đá phối hợp cát mịn dùng trong bê tông, đã nâng cao được độ chống thấm nước của bê tông cát mịn từ (B8 ÷ B10) lên đến (B10÷B12) và đồng thời nâng cao được mô đun đàn hồi của bê tông cát mịn từ (27,4÷32,5) GPa lên đến (32,4 ÷ 35,6) GPa, tương đương khi sử dụng cát thô cùng mô đun độ lớn.
- Do bê tông sử dụng cốt liệu nhỏ là cát mịn (không phối hợp mặt đá) có độ mất nước, co mềm, co khô lớn hơn bê tông sử dụng (cát thô hoặc cát mịn phối hợp mặt đá), nên khi thi công loại bê tông này cho mặt đường bê tông xi măng cần đặc biệt tăng cường bảo dưỡng và che phủ để hạn chế nứt co cho bê tông trong thời gian khoảng (7 ÷ 10) ngày đầu sau khi đổ.

Chương 5: ỨNG DỤNG THỰC TẾ VÀ ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ KINH TẾ

5.1. Một số ứng dụng kết quả nghiên cứu

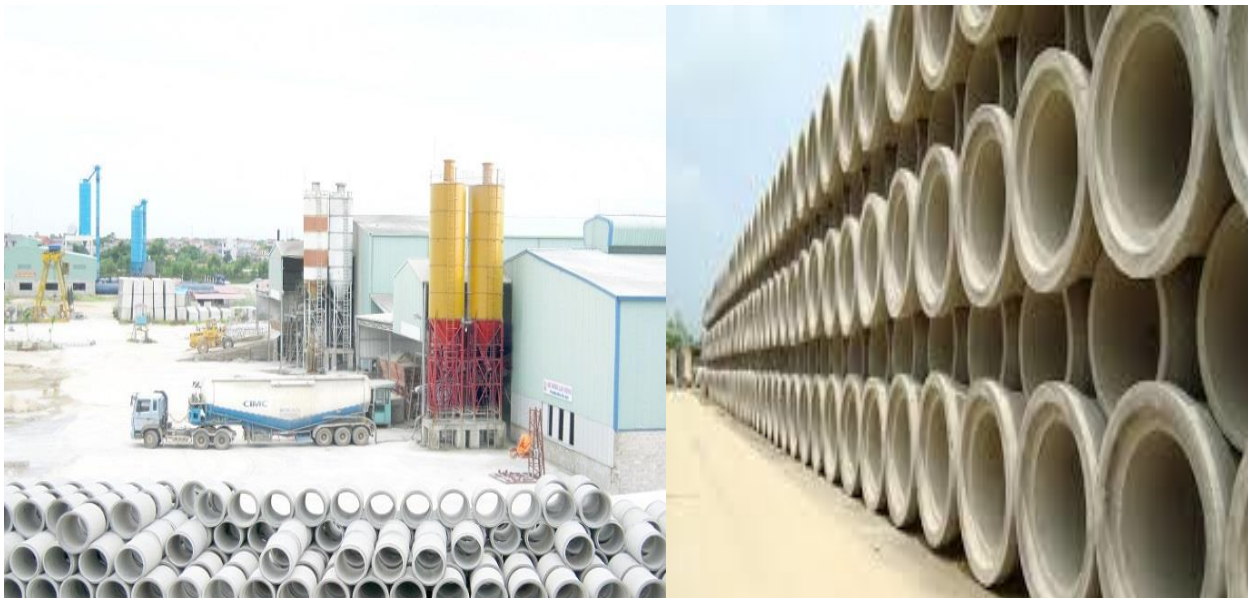
Trên cơ sở kết quả nghiên cứu, luận án đã sử dụng vật liệu và cấp phối đại diện CP8 (Bảng 3.1), CPM1 (Bảng 3.2) ứng dụng trong thực tế để làm các công trình sân bãi chứa, đường giao thông trong và ngoài của hai Nhà máy sản xuất công thuộc Công ty Cổ phần Vật liệu Xây dựng Sông Đáy, được trình bày cụ thể như sau:

- ❖ **Nhà máy 1:** có địa chỉ tại xã Phú Nghĩa, huyện Chương Mỹ, Hà nội, đã sử dụng cấp phối CP8 làm sân bãi và đường giao thông trong và ngoài nhà máy. Thành phần bê tông được trình bày tại Bảng 5.1.

Bảng 5.1. Thành phần bê tông nghiên cứu ứng dụng cho Nhà máy 1

KH	Lượng dùng vật liệu, kg/m ³					Thông số cấp phối		
	XM	Nước	Cát	Đá	PG	M _{dl}	K _d	X/N
CP8	344	172	647	1237	3,44	1,2	1,33	2,00

• Ghi chú: Thành phần cấp phối cho 1m³ bê tông với cốt liệu ở trạng thái khô hoàn toàn



Hình 5.1. Nhà máy 1 – Công ty Cổ phần Vật liệu Xây dựng Sông Đáy

- ❖ **Nhà máy 2:** có địa chỉ tại xã Hà Mãn, huyện Thuận Thành, tỉnh Bắc Ninh, đã sử dụng cấp phối CPM1 làm sân bãi và đường giao thông trong và ngoài nhà máy. Thành phần bê tông được trình bày tại Bảng 5.2.

Bảng 5.2. Thành phần bê tông nghiên cứu ứng dụng cho Nhà máy 2

KH	Lượng dùng vật liệu, kg/m ³						Thông số cấp phối				
	Xi măng	Nước	Mạt đá	Cát	Đá	Phụ gia	M _{cl} của cát	M _{cl} của hỗn hợp CLN	Tỷ lệ hạt đá trong hỗn hợp CLN	K _d	X/N
CPM1	348	174	280	420	1214	3,48	1,2	2,2	0,40	1,38	2,00

• Ghi chú: Thành phần cấp phối cho 1m³ bê tông với cốt liệu ở trạng thái khô hoàn toàn



Hình 5.2. Nhà máy 2 – Công ty Cổ phần Vật liệu Xây dựng Sông Đáy

Cả hai nhà máy trên đều trực thuộc Công ty Cổ phần Vật liệu Xây dựng Sông Đáy, có trụ sở 103 Thái Thịnh – Hà Nội. Sân bãi chứa và đường giao thông trong và ngoài hai Nhà máy là nơi chứa và vận chuyển vật liệu xây dựng, các sản phẩm sản xuất như: cống tròn, cống hộp, hố ga, bó vỉa, đế cống... và các thiết bị máy móc phục vụ sản xuất của hai Nhà máy. Thời gian thi công sân bãi, đường giao thông của Nhà máy 1 từ tháng 05 năm 2015 kết thúc trong tháng 11 năm 2015, của Nhà máy 2 từ tháng 06 năm 2015 kết thúc trong tháng 12 năm 2015. Sau khi sân bãi, đường giao thông của cả hai Nhà máy thi công xong và đưa vào sử dụng, mặc dù hàng ngày lưu lượng xe ô tô ra vào hai Nhà máy để vận chuyển vật liệu xây dựng, thiết bị phục vụ sản xuất cũng như vận chuyển các sản phẩm sản xuất như cống tròn, cống hộp, hố ga, nắp hố ga, bó vỉa, đế cống... đến các công trường bằng các loại xe tải trọng lớn tần suất vận chuyển cao. Tuy nhiên, đến nay khu vực sân bãi chứa sản phẩm cống tròn, cống hộp, hố ga, nắp hố ga, bó vỉa, đế cống, thiết bị sản xuất, vật liệu xây dựng... cũng như đường giao thông trong và ngoài hai Nhà máy đều cho thấy bê tông không xảy ra hiện tượng nứt vỡ, không xuất hiện dấu hiệu bị mài mòn trên bề mặt của bê tông.

Sau ứng dụng cấp phối CP8, CPM1 tại công trình sân bãi, đường giao thông trong và ngoài hai Nhà máy. Luận án đã tiến hành kiểm tra đánh giá chất lượng các công trình trên bằng cách:

- a) Khoan lấy mẫu bê tông để kiểm tra chiều dày kết cấu lớp bê tông, cường độ chịu kéo khi bẻ, cường độ chịu nén và độ mài mòn của bê tông.
- b) Kiểm tra độ bằng phẳng, độ nhám, mô đun đàn hồi (bằng cần Benkelman) của mặt đường bê tông xi măng và sân bãi chứa của hai Nhà máy.

Kết quả và quá trình kiểm tra được trình bày tại Bảng (5.3, 5.4) và Hình (5.12, 5.13).

Bảng 5.3. Kết quả thí nghiệm của các công trình ứng dụng thực tế

T	Công trình	Chiều dày lớp bê tông, cm	Cường độ chịu kéo khi bẻ, MPa	Cường độ chịu nén, MPa	Độ mài mòn, g/cm²
1	Sân bãi Nhà máy 1	26,2	4,85	34,2	0,44
	Đường giao thông Nhà máy 1	26,5	4,95	34,7	0,42
2	Sân bãi Nhà máy 2	26,7	5,95	43,5	0,26
	Đường giao thông Nhà máy 2	26,9	6,05	43,8	0,23



Hình 5.3. Khoan mẫu bê tông công trình đường giao thông, sân bãi của Nhà máy 1 và Nhà máy 2 để kiểm tra các chỉ tiêu cơ lý, chiều dày kết cấu bê tông



Hình 5.4. Kiểm tra độ bằng phẳng, độ nhám và mô đun đàn hồi mặt đường bê tông xi măng và sân bãi của Nhà máy 1 và Nhà máy 2

Bảng 5.4. Kết quả thí nghiệm mô đun đàn hồi, độ nhám, độ bằng phẳng của các công trình ứng dụng thực tế

TT	Công trình	Mô đun đàn hồi, GPa	Độ nhám (H_{th}), mm	Độ bằng phẳng
1	Sân bãi Nhà máy 1	27,2	0,75	Rất tốt
	Đường giao thông Nhà máy 1	27,6	0,78	Rất tốt
2	Sân bãi Nhà máy 2	32,3	0,82	Rất tốt
	Đường giao thông Nhà máy 2	32,8	0,86	Rất tốt

Kết quả kiểm tra thực tế khi ứng dụng bê tông trong nghiên cứu tại các công trình sân bãi, đường giao thông trong và ngoài của hai nhà máy (Nhà máy 1, Nhà máy 2), cho thấy rằng: bê tông sử dụng cát mịn đáp ứng được yêu cầu kỹ thuật đối với mặt đường bê tông xi măng đường cấp IV trở xuống và sân bãi. Bê tông sử dụng cát mịn phối hợp mặt đá theo tỷ lệ thay thế 40 % cát mịn bằng mặt đá, hoàn toàn có thể đáp ứng yêu cầu kỹ thuật đối với mặt đường bê tông xi măng tới đường cấp I.

5.2. Đánh giá hiệu quả kinh tế

Để đánh giá hiệu quả kinh tế của việc sử dụng cát mịn, cát mịn phối hợp mặt đá với so với cát thô trong bê tông, luận án đã sử dụng một số cấp phối đại diện CP10 ($R_{n28} = 43,2$ MPa); CP12 ($R_{n28} = 46,6$ MPa); CPM6 ($R_{n28} = 46,3$ MPa) có thể coi là cùng mức cường độ chịu nén. Khi đó giá thành và hiệu quả kinh tế được thể hiện trong Bảng (5.5, 5.6):

Bảng 5.5. Thành phần bê tông đánh giá hiệu quả kinh tế

TT	KH	Lượng dùng vật liệu, kg/m^3						Thông số cấp phối				
		Xi măng	Nước	Mặt đá	Cát	Đá	Phụ gia	M_{dl} của cát	M_{dl} của hỗn hợp CLN	Tỷ lệ mặt đá trong hh CLN	K_d	X/N
1	CP10	344	172	--	754	1130	3,44	1,9	--	--	1,56	2,00
2	CPM6	349	174	311	466	1147	3,49	1,9	2,6	0,40	1,52	2,00
3	CP12	345	172	--	759	1134	3,45	2,5	--	--	1,55	2,00

Bảng 5.6. So sánh đơn giá tính cho 1m³ bê tông ứng dụng thực tế

KH	Vật liệu sử dụng	Đơn vị	Khối lượng	Đơn giá đã bao gồm VAT, đồng	Thành tiền, đồng
CP12	Xi măng PCB40	tấn	0,345	910.000	313.950
	Cát thô (M _{dl} >2)	m ³	0,3	350.000	105.000
	Đá vôi (D _{max} =20mm)	m ³	0,4	220.000	88.000
	Phụ gia RDHP	lít	3,3	15.500	51.150
	Tổng (A1)				
CPM6	Xi măng PCB40	tấn	0,349	910.000	317.590
	Cát mịn (M _{dl} < 2)	m ³	0,2	88.000	17.600
	Mạt đá	m ³	0,1	110.000	11.000
	Đá vôi (D _{max} =20mm)	m ³	0,4	220.000	88.000
	Phụ gia RDHP	lít	3,4	15.500	52.700
Tổng (A2)					486.890
CP10	Xi măng PCB40	tấn	0,344	910.000	313.040
	Cát mịn (M _{dl} < 2)	m ³	0,3	88.000	26.400
	Đá vôi (D _{max} =20mm)	m ³	0,4	220.000	88.000
	Phụ gia RDHP	lít	3,3	15.500	51.150
	Tổng (A3)				
HQA1.2	(A1-A2)*100/A1 = 12,76 %				
HQA1.3	(A1-A3)*100/A1 = 14,25 %				
<ul style="list-style-type: none"> • Ghi chú: Đơn giá trên được tính tại thời điểm tháng 12 năm 2018 					

Kết quả tính toán tại Bảng 5.6, cho thấy việc sử dụng cát mịn, cát mịn phối hợp hạt đá vôi trong bê tông đã đem lại hiệu quả kinh tế đáng kể. Vì đã giảm được giá thành của bê tông khoảng 14 % (khi sử dụng cát mịn) và khoảng 13 % (khi sử dụng cát mịn phối hợp hạt đá vôi theo tỷ lệ thay thế 40 % cát mịn bằng hạt đá) so với khi sử dụng cát thô. Điều này rất có ý nghĩa về mặt kinh tế - kỹ thuật đối với bê tông làm đường nói chung và mặt đường bê tông xi măng nói riêng.

Như vậy có thể thấy rằng việc sử dụng cát mịn, cát mịn phối hợp hạt đá trong bê tông có thể giảm được giá thành xây dựng, mở rộng thêm nguồn cốt liệu nhỏ, giải quyết được tình trạng khan hiếm cát xây dựng hiện nay cũng như về lâu dài và đem lại hiệu quả kinh tế cao, đặc biệt là đối với những vùng miền không có cát tự nhiên nhưng lại có trữ lượng cát mịn, hạt đá thải lớn.

Kết luận Chương 5:

Trên cơ sở kết quả nghiên cứu ứng dụng thực tế và đánh giá hiệu quả kinh tế của bê tông cát mịn, có thể đưa ra một số kết luận sau:

- ❖ Kết quả kiểm tra sau (3 ÷ 4) năm ứng dụng thực tế tại các công trình, cho thấy cường độ chịu kéo khi uốn, độ mài mòn và một số tính chất khác như: cường độ chịu nén, độ nhám, độ bằng phẳng, chiều dày kết cấu, mô đun đàn hồi, cường độ chịu kéo khi bẻ của bê tông tại các công trình đường giao thông và sân bãi đều đáp ứng yêu cầu kỹ thuật đối với mặt đường bê tông xi măng đường cấp IV trở xuống, sân bãi (cho bê tông sử dụng cát mịn) và đáp ứng được yêu cầu kỹ thuật đối với mặt đường bê tông xi măng tới đường cấp I (cho bê tông sử dụng cát mịn phối hợp mặt đá).
- ❖ Giá thành của bê tông sử dụng cát mịn, bê tông sử dụng cát mịn phối hợp mặt đá và các vật liệu sử dụng trong nghiên cứu có thể giảm trên 10 % so với bê tông sử dụng cát thô, đem lại hiệu quả về mặt kinh tế - kỹ thuật đáng kể.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

I. KẾT LUẬN

Dựa trên các kết quả nghiên cứu đạt được trong luận án, có thể đưa ra một số kết luận sau:

1) Bê tông cát mịn, theo kết quả nghiên cứu trên thế giới và tại Việt Nam, có nhược điểm là yêu cầu lượng dùng nước lớn, hỗn hợp bê tông dễ tách vữa, bê tông bị co mềm, co khô lớn, vì vậy chúng ít được dùng cho bê tông cường độ chịu nén vượt quá 30 MPa. Để khai thác sử dụng nguồn tài nguyên dồi dào này của Việt Nam cho các công trình đường bê tông xi măng cần phải có các giải pháp kỹ thuật phù hợp. Sử dụng phụ gia siêu dẻo gốc polycarboxylate và phối hợp cát mịn với hạt đá làm cốt liệu nhỏ cho bê tông là hai giải pháp chính được nghiên cứu áp dụng trong đề tài luận án này.

2) Luận án đã chứng tỏ rằng, bê tông sử dụng cốt liệu nhỏ là cát mịn ($M_{dl} = 1,2 \div 1,9$) kết hợp với 40 % hạt đá ($M_{dl}=3,6$), với xi măng (PC40, PCB40), phụ gia siêu dẻo gốc polycarboxylate và cốt liệu lớn thông thường, có thể đạt cường độ chịu kéo khi uốn trên 5,0 MPa, độ mài mòn ($0,2 \div 0,3$) g/cm², tương đương như bê tông cát thô ($M_{dl} = 2,5$) và có thể dùng để làm mặt đường bê tông xi măng cho đường cấp I.

3) Kết quả luận án cũng đã làm rõ, bê tông sử dụng cốt liệu nhỏ là cát mịn ($M_{dl} = 1,2 \div 1,9$) nhưng không kết hợp hạt đá, với xi măng (PC40, PCB40), phụ gia siêu dẻo gốc polycarboxylate, cốt liệu lớn thông thường, mặc dù đạt cường độ chịu kéo khi uốn trên 5,0 MPa, nhưng độ mài mòn chỉ đạt ($0,31 \div 0,45$) g/cm², nên chỉ thích hợp để áp dụng cho mặt đường bê tông xi măng tới đường cấp IV trở xuống hoặc sân bãi.

4) Luận án đã thiết lập được một số quan hệ phục vụ cho việc thiết kế thành phần bê tông sử dụng cốt liệu nhỏ là cát mịn ($M_{dl}= 1,2 \div 1,9$), cát mịn phối hợp hạt đá ($M_{dl} = 2,2 \div 2,6$), với phụ gia giảm nước và trong miền cường độ chịu kéo khi uốn R_{ku} ($4,0 \div 7,0$) MPa, cụ thể như sau:

- Tương quan lượng nước trộn - độ sụt và tính chất của hỗn hợp bê tông;
- Hệ số dư vữa hợp lý cho bê tông (K_{dv} - hệ số dư vữa ưu tiên);
- Tương quan về cường độ chịu nén của bê tông (R_b^n) với cường độ chịu nén của xi măng (R_x^n) và tỷ lệ N/X theo công thức Bolomey – Skramtaev;

- Tương quan về cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông (R_b^{ku}) với cường độ chịu kéo khi uốn của xi măng (R_x^{ku}) và tỷ lệ N/X theo công thức của Y.M.Bazenov;
- Quan hệ cường độ chịu nén và cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông ($R_n - R_{ku}$);
- Tương quan về độ mài mòn, đạt giá trị $(0,31 \div 0,45) \text{ g/cm}^2$ khi dùng cốt liệu nhỏ là cát mịn và đạt giá trị $(0,18 \div 0,28) \text{ g/cm}^2$ khi dùng cốt liệu nhỏ là cát mịn phối hợp mặt đá hoặc cát thô.

5) Các tính chất của bê tông sử dụng cốt liệu nhỏ là cát mịn ($M_{dl} = 1,2 \div 1,9$), cát mịn phối hợp mặt đá, khi dùng phụ gia siêu dẻo gốc polycarboxylate như quá trình mất nước, co mềm, co khô, sự phát triển cường độ theo thời gian, độ chống thấm nước, mô đun đàn hồi cho thấy rằng: bê tông sử dụng cát mịn không phối hợp mặt đá có nhược điểm quá trình mất nước, co mềm, co khô lớn nên khi thi công bê tông này trong điều kiện mặt hở rộng như bê tông đường, cần phải có các biện pháp bảo dưỡng, che chắn thích hợp để hạn chế nứt cho bê tông. Bê tông sử dụng cát mịn phối hợp mặt đá có sự phát triển cường độ theo thời gian, độ chống thấm nước và mô đun đàn hồi được cao hơn so với bê tông sử dụng riêng cát mịn.

6) Kết quả ứng dụng thực tế các cấp phối bê tông trong luận án với cốt liệu nhỏ là (cát mịn, cát mịn phối hợp mặt đá) trên 2 công trình thực tế cho thấy, các biện pháp công nghệ thi công, các tính chất bê tông đạt được phù hợp với kết quả luận án.

Giá thành bê tông sử dụng cát mịn, cát mịn phối hợp mặt đá và phụ gia siêu dẻo gốc polycarboxylate trong điều kiện cụ thể có thể giảm trên 10 % so với khi sử dụng cát thô. Điều này cho phép tận dụng được nguồn vật liệu tại chỗ như cát mịn, phế thải mặt đá để làm đường bê tông xi măng, góp phần giải quyết tình trạng khan hiếm cát hợp chuẩn và đem lại hiệu quả kinh tế đáng kể cho xây dựng hiện nay.

II. KIẾN NGHỊ

Trên cơ sở các kết quả đã đạt được, để tiếp tục phát triển hướng nghiên cứu sử dụng cát mịn trong thực tế, luận án đề xuất một số kiến nghị, cụ thể:

1. Nghiên cứu sâu hơn về ảnh hưởng của phụ gia giảm nước gốc polycarboxylate đến độ bền uốn của bê tông cát mịn.

2. Nghiên cứu thêm các tính chất cơ ngót, biến dạng và khả năng liên kết của lớp bê tông cát mịn với lớp mặt đường bê tông Asphalt.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Bùi Danh Đại, “*Phụ gia khoáng hoạt tính cao cho bê tông chất lượng cao*”, Bài giảng dành cho Cao học Vật liệu Xây dựng, Trường Đại học Xây dựng, Hà Nội, 2010.
2. Chỉ dẫn kỹ thuật tạm thời về sử dụng cát mịn, cát nhỏ trong bê tông và bê tông thủy công, 1974, Viện Nghiên cứu Khoa học Thủy Lợi – Bộ Thủy Lợi. P. 25.
3. Chỉ dẫn kỹ thuật chọn thành phần bê tông các loại, 2000, Nhà xuất bản Xây dựng: Hà Nội. p. 57.
4. Dương Đức Tín, “Nghiên cứu sử dụng cát mịn làm bê tông thủy công”, *Báo cáo đề tài cấp Bộ, B2-1-2, Bộ Thủy lợi, 1972.*
5. Dương Đức Tín, “Báo cáo kết quả nghiên cứu và sử dụng cát mịn làm bê tông”, *Báo cáo đề tài cấp Bộ, B2-1-3, Bộ thủy lợi, 1975.*
6. Hoàng Minh Đức, “Nghiên cứu sử dụng cát đen Sông Hồng trong sản xuất bê tông mác 40 trên địa bàn Hà Nội ”, *Báo cáo đề tài cấp Thành phố mã số 01C-04/08-2013-2, Hà Nội , 2012.*
7. Hoàng Minh Đức (2016), Nghiên cứu sử dụng cát đen sông Hồng trong chế tạo bê tông cho các công trình xây dựng trên địa bàn Hà Nội, *Tạp chí Xây dựng, số 4.*
8. <http://www.baomoi.com/Giai-phap-nao-khai-thac-cat-ben-vung-o-DBSCL/79/6820910.epl>
9. IU. M. BAZENOV, Bach Dinh Thien, Tran Ngoc Tinh, “Công nghệ bê tông”, Nhà xuất bản xây dựng, Hà nội, 2011.
10. Lê Văn Bách, *Nghiên cứu sử dụng cát biển Bình Thuận và Vũng Tàu để làm bê tông xi măng trong xây dựng đường ô tô. Luận án tiến sĩ kỹ thuật, 2006, Trường ĐH Giao Thông Vận Tải. P. 175.*
11. Lê Văn Quang, “Nghiên cứu sử dụng cát mịn vùng Đồng bằng Sông Cửu Long để chế tạo bê tông và vữa xây dựng”, *Báo cáo tổng kết đề tài cấp Bộ, TC-12, Bộ Xây dựng, 2013.*
12. Lê Văn Quang, *Nghiên cứu sử dụng cát mịn vùng đồng bằng sông Cửu Long để chế tạo bê tông. Luận văn Thạc Sĩ kỹ thuật, 2013, Trường ĐH Bách Khoa*

TP.HCM,p. 113.

13. Ngô Văn Toàn, “*Nghiên cứu sử dụng cát mịn và hỗn hợp phụ gia khoáng tro trấu - xỉ lò cao để chế tạo bê tông cường độ cao*”, Luận văn thạc sỹ kỹ thuật - Đại học Xây dựng, 2010.
14. Nguyễn Mạnh Kiêm và các ctv (1979), *Nghiên cứu sử dụng cát mịn để làm bê tông và vữa. Báo cáo tổng kết đề tài NCKH, Viện Khoa học Kỹ thuật Xây dựng.*
15. Nguyễn Mạnh Kiêm, “*Bê tông cát mịn*”, *Báo cáo đề tài cấp Bộ, Viện Khoa học Công nghệ xây dựng, 1976.*
16. Nguyễn Mạnh Kiêm, Dương Đức Tín, “*Sử dụng cát mịn làm bê tông và vữa xây dựng*”, *Báo cáo đề tài cấp Nhà nước, 1979.*
17. Nguyễn Mạnh Kiêm, “*Sự làm việc đồng thời hỗn hợp vữa và cốt liệu lớn trong bê tông*”, *Báo cáo tổng kết đề tài RD-94-02. Hà Nội 12/1997.*
18. Nguyễn Quang Chiêu, “*Mặt đường bê tông xi măng*”, Nhà xuất bản giao thông vận tải, Hà nội, 2010.
19. Nguyễn Quang Chiêu, “*Thiết kế và Xây dựng mặt đường Sân bay*”, NXB Xây dựng, Hà Nội, 2005.
20. Nguyễn Tấn Quý, Nguyễn Thiện Ruê, “*Công nghệ bê tông xi măng tập I và tập II*”, NXB Giáo Dục, Hà Nội, 2007.
21. Nguyễn Thanh Sang, “*Nghiên cứu thành phần, tính chất cơ học và khả năng ứng dụng bê tông cát để xây dựng đường ô tô ở Việt Nam*”, Luận án tiến sỹ kỹ thuật - Đại học Giao thông Vận tải, 2010.
22. Nguyễn Tiến Đích và các ctv., *Bảo dưỡng bê tông trong điều kiện khí hậu nóng ẩm Việt Nam. Báo cáo tổng kết đề tài NCKH.*, 1985, Viện KHKT Xây dựng.
23. Nguyễn Tiến Đích và các cộng tác viên, “*Bảo dưỡng bê tông trong điều kiện khí hậu nóng ẩm Việt Nam*”, *Báo cáo tổng kết đề tài 26.03.04.11. Hà Nội 1985, 187 trang.*
24. Nguyễn Tiến Đích và các cộng tác viên, “*Đặc điểm công nghệ bê tông bơm trong điều kiện khí hậu nóng ẩm Việt Nam*”, *Báo cáo tổng kết đề tài R20-9720. Hà Nội 11/1999.*

25. Nguyễn Quang Cung và các cộng tác viên, “Nghiên cứu cát nhân tạo sử dụng trong bê tông và vữa xây dựng”, *Báo cáo tổng kết đề tài. Hà Nội 9/2001*.
26. Nguyễn Đức Thắng, Nguyễn Tiến Đích, *Đặc điểm đóng rắn của bê tông bơm trong điều kiện khí hậu nóng ẩm Việt Nam*. Tạp chí Khoa học công nghệ Xây dựng, 2000. No.2.
27. Nguyễn Việt Trung, Nguyễn Ngọc Long, “*Giáo trình Bê tông cốt sợi thép*”, Nhà xuất bản Xây dựng, Hà nội, 2005.
28. Phạm Hữu Hanh, “Nghiên cứu sử dụng cát đen Sông Hồng chế tạo bê tông cường độ thấp”, *Tạp chí xây dựng – Bộ Xây dựng, Hà nội, 09/2006*.
29. Phạm Huy Khang, “*Công nghệ thi công mặt đường bê tông xi măng*”, Nhà xuất bản xây dựng, Hà nội, 2010.
30. Phan Quang Minh, Ngô Thế Phong, Nguyễn Đình Công, “*Kết cấu bê tông cốt thép, phần cấu kiện cơ bản*”, Nhà xuất bản Khoa học và kỹ thuật, Hà nội, 2006.
31. Phùng Văn Lự, “*Vật liệu và sản phẩm trong xây dựng*”, Nhà xuất bản xây dựng, Hà nội, 2002.
32. Phùng Văn Lự, Phạm Duy Hữu, Phan Khắc Trí, “*Vật liệu xây dựng*”, NXB Giáo Dục, Hà Nội, 2006.
33. Quyết định số 778/1998/QĐ-BXD, Chỉ dẫn kỹ thuật chọn thành phần bê tông các loại.
34. Quyết định số 1951/QĐ-BGTVT ngày 17 tháng 8 năm 2012, Quy định tạm thời về kỹ thuật thi công và nghiệm thu mặt đường bê tông xi măng trong xây dựng công trình giao thông.
35. Quyết định số 3230/QĐ-BGTVT, ngày 14 tháng 12 năm 2012, “Quy định tạm thời về thiết kế mặt đường bê tông xi măng thông thường có khe nối trong xây dựng công trình giao thông”.
36. TCVN 6227: 1996, Cát tiêu chuẩn ISO để xác định cường độ của xi măng.
37. TCVN 6260: 2009, Xi măng Pooc Lăng hỗn hợp – Yêu cầu kỹ thuật.
38. TCVN 7570: 2006 Cốt liệu cho bê tông và vữa - Yêu cầu kỹ thuật.
39. TCVN 8826: 2011, Phụ gia hóa học cho bê tông.

40. TCVN 8865: 2011, Mặt đường ô tô – Phương pháp đo và đánh giá xác định độ bằng phẳng theo chỉ số độ gồ ghề quốc tế IRI.
41. TCVN 9113 : 2012, Ống bê tông cốt thép thoát nước.
42. TCVN 9116 : 2012, Công hộp bê tông cốt thép.
43. TCVN 9204: 2012, Vữa xi măng khô trộn sẵn không co.
44. TCVN 9340: 2012, Hỗn hợp bê tông trộn sẵn – Yêu cầu cơ bản đánh giá chất lượng và nghiệm thu.
45. TCXD 127: 1985, Cát mịn để làm bê tông và vữa xây dựng – Hướng dẫn sử dụng.
46. Thông tư số 12/2013/TT-BGTVT, Quy định về sử dụng kết cấu mặt đường bê tông xi măng trong đầu tư xây dựng công trình giao thông.
47. 22TCN 223-95, Áo đường cứng đường ô tô – Tiêu chuẩn thiết kế.
48. AASHTO M 6 - 93 Fine Aggregate for portland cement concrete.
49. ACI–Manual of concrete practice Part-1, 221.R-89-Guide for use of normal weight aggregate in concrete (1990).
50. Agrawal Prashant, Y.P. Gupta, Bal Suryakanta, *Effect of Fineness of sand on the Cost and Properties of Concrete*. New Building Materials and Construction World (NBM&CW), October 2007.
51. A. Guettala, B. Mezghiche, R. Chebili, *Strength comparisons between rolled sand concrete and dune sand concrete*, in *Concrete Durability and Repair Technology Conference*, Ravindra K. Dhir, Michael John McCarthy, Editors. 1999, Thomas Telford: University of Dundee, Scotland, UK. p. 55-62.
52. A.Mardani-Aghabaglou, H.Hosseinnezhad, O.C.Boyaci, Ö.Ariöz, I.Ö. Yaman, K.Ramyar, “Abrasion Resistance and Transport properties of road Concrete”, 12th International Symposium on Concrete Road 2014, September 23-26, 2014, Prague, Czech Republic, ID 171.
53. A. Omoregie, O.E. Alutu (2006): *The influence of fine aggregate combinations on particle size distribution, grading parameters, and compressive strength of sandcrete blocks*, Canadian Journal of Civil Engineering Volume 33, Number 10, pp. 1271-1278(8).

54. A.S. Al-Harthy, M. Abdel Halim, R. Taha, K. S. Al-Jabri, *The properties of concrete made with fine dune sand*. Construction and Building Materials, 2007. 21(8): p. 1803- 1808.
55. ASTM C33-03, Standard Specification for Concrete Aggregates.
56. ASTM C76M-05, Standard specification for reinforced concrete culvert, storm drain, and sewer pipe.
57. ASTM C157/157M-08, Standard Test Method for Length Change of Hardened Hydraulic-Cement Mortar and Concrete.
58. ASTM C494/C494M-99a, Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete.
59. Bao Hong Jin, Jian Xia Song, Hai Feng Liu, *Engineering Characteristics of Concrete Made of Desert Sand from Maowusu Sandy Land*. Applied Mechanics and Materials, 2012. 174- 177:p. 604-607.
60. C.D. Atis and O.N. Celik, "Relation between abrasion resistance and flexural strength of high volume fly ash concrete", Materials and structures, Vol.35, May 2002, pp 257-260.
61. Cengiz Duran Atis', Okan Karahan, Kamuran Ari', Ozlem Celik Sola, and Cahit Bilim, "Relation between Strength Properties (Flexural and Compressive) and Abrasion Resistance of Fiber (Steel and Polypropylene) – Reinforced Fly Ash Concrete", Journal of materials in civil engineering, Vol 21, No.8, August 1, 2009m pp.402-408.
62. D. D. Bui, J. Hu, P. Stroeven, *Particle size effect on the strength of rice husk ash blended gap-graded Portland cement concrete*. Cement and Concrete Composites, 2005. 27(3): p. 357-366.
63. Dong Van An, "Gap-graded concrete with an excess of fine sand", Report 21.10.93.1.05, Faculty of Civil Engineering, Delft University of Technology, 1993.
64. Dong Van An, "Optimization of Gap-graded concrete using very fine sand", Report 25.2.94.2.09, Faculty of Civil Engineering, Delft University of Technology, 1994.

65. Elkem ASA Materials, “Elkem Microsilica for Superior Concrete”,
www.concrete.elkem.com
66. El-Sayed Sedek Abu Seif, *Assessing the engineering properties of concrete made with fine dune sands. an experimental study*. Arabian Journal of Geosciences, 2013. 6(3): p. 857-863.
67. Fu Jia Luo, Li He, Zhu Pan, Wen Hui Duan, Xiao Ling Zhao, Frank Collins, *Effect of very fine particles on workability and strength of concrete made with dune sand*. Construction and Building Materials, 2013. 47(0): p. 131-137.
68. Giaccio.G; Rocco.C; Violoni.D; Zappitelli.J and Zerbino.R High Strength Concrete incorporating different coarse aggregates, ACI Materials Journal Vol 89, No 3, May – June 1992, pp 242 – 246.
69. Guoxue Zhang, Jianxia Song, Jiansen Yang, Xiyuan Liu, *Performance of mortar and concrete made with fine aggregate of desert sand*. Building and Environment, 2006. 41(11): p. 1478-1481.
70. J. -K. Kim, C. -S. Lee, C. -K. Park and S. -H. Eo (1997): *The fracture characteristics of crushed limestone sand concrete*, Cement and Concrete Research, Volume 27, Issue 11, pp. 1719-1729.
71. J.K.Kim – The fracture characteristics of crushed lime stone sand concrete – Cement and concrete research. Vol 27 No 11 page 1719-1729 (1997).
72. Kennedy, H.L. “Revised application of fineness modulus in concrete proportioning”, Proc. ACI, Vol. 36, 1940, pp.597-613.
73. Kosmatka S.H., Kerkhoff B., Panarese W.C., Design and control of concrete mixtures. EB001 14th Edition 2003, Illinois, USA: Portland Cement Association. 358.
74. Li, Shu-t’ien and Ramakrishnan, V., “Gap-graded concrete optimum mixture proportioning”, ACI SP-46, Detroit, 1974, pp. 65-72.
75. László Gáspár, Zsolt Bencze, “Theory and practice of cement concrete pavements in Hungary”, Journal of the Croatian Association of Civil Engineers (GRAĐEVINAR), Vol. 67 (2015), No.1.pp.43-50.

76. Mehta, P. K., *Concrete: Structure, Properties, and Materials*, Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1986, pp. 450.
77. Mehta, P. K. and Monteiro, P. J. M., *Concrete – Structure, Properties and Materials*, Prentice Hall, 2nd edn., 1993.
78. Neville, A.M., *Properties of concrete*, Longman, Harlow, 1995, 844 pp.
79. O.E. Gjrv, Abrasion resistance of high-strength concrete pavements, *ACI Mater. J.* 6 (1990) 45-48.
80. Orhan Karpuz, Muhammet Vefa Akpınar, Metin Mutlu Aydin, “Effects of fine aggregate abrasion resistance and its fineness module on wear resistance of Portland cement concrete pavements”, *Revista de la construcción*, Vol.16, No.1, 2017, pp.126-132.
81. Perumalsamy N.Balaguru, Surendra P.Shah, “*Fiber – Reinforced Cement Composite*”, Civil Engineering, McGRW-HILL INTERNATIONAL, 1992.
82. Pietersen, H. S., *Reactivity of fly ash and slag in cement*, *PhD. Thesis*, Delft University of Technology, 1993.
83. Rabih Fakih (2009), “High-Performance Concrete on Palm Jumeirah”, *Proceedings of the ACI/VCA International symposium on recent advances in concrete technology and sustainability issues in Hanoi*.
84. Shalon R. Ravina D., *Plastic shrinkage and cracking*. *ACI Journal*, 1968. V.65(No.4): p. 282-291.
85. Tahir Celik and Khaled Marar-Turkey (1996): *Effect of crushed stone dust on some properties of concrete*. *Cement and Concrete Research*, Vol. 26, No. 7, pp. 1121-1130.
86. Tarun R. Naik, Shiw S. Singh and Mohammad M. Hossain, Abrasion resistance of concrete as influenced by inclusion of flay ash, *Cement and Concrete Research*, Vol. 24, No. 2, pp. 303-312, 1994.
87. Technical University of Szczecin, al. Piastów 50, 70-311 Szczecin, Poland, Abrasion resistance of high-strength concrete in hydraulic structures, Elżbieta Horszczaruk, *Wear* 259 (2005) 62-69.

88. V.L. Bonavetti and E.F. Irassar- Argentina (1994): *The effect of stone dust content in sand. Cement and Concrete Research*, Vol. 24, No. 3, pp. 580-590.
89. Walraven J.C (2002), "From Design of Structures to Design of Materials", *Innovations and Developments in Concrete Materials and Construction: Proceedings of the International Conference Held at the University of Dundee, Scotland, UK on 9-11 Sept. London*, p. 805-818.
90. Балсеиов Ю.М. Технология бетона.-М., "Высшая Школа". 1978. 133-139.
91. Баженов Ю.М., *Технология бетона*. 2002, Москва: Изд. АСВ. 500с.
92. Bazenov Y.M *Technologia betona*, Мaхсova - 1987.
93. Бугаева Н.К., Дерюгин Л.М., *Опыт использования песков различной крупности для бетонов Саяно-Шушенской ГЭС*. Гидротехническое строительство, 1986. 4: p. 7-9.
94. Миронов С. А., Малинский Е.Н., *Основы технологии бетона в условиях сухого жаркого климата*1985, М: Стройиздат. 317.
95. Методические рекомендации по применению мелких и очень мелких песков в бетоне для строительства цементобетонных покрытий автомобильных дорог и аэродромов, 1984, Союздорнии: Москва.
96. Методические рекомендации по применению малощебеночных бетонов на мелких песках для строительства цементобетонных покрытий автомобильных дорог и аэродромов, 1987, Союздорнии: Москва.
97. Лермит Р., *Изменение объема бетона. Труды IV Международного конгресса по химии цемента.*, 1964: Стройиздат. p. 470-471.
98. Ицкович С.М., Чумаков Л.Д., Баженов Ю.М., *Технология заполнителей бетона*. 1991, Москва: Высшая Школа. 272.
99. Осипов А.Д., *Влияние гранулометрического состава песка на свойства мелкозернистого бетона*. Гидротехническое строительство, 1975. 2: p. 7-9.
100. ГОСТ 8736 - 93 Песок для строителных работ - Технические условия.
101. ГОСТ 26633 - 91 Бетонные тяжелые и мелкозернистые - Технические условия.

102. *Технические указания по применению мелкозернистых песков в гидротехническом бетоне*, 1957, Госэнергоиздат: Москва.
103. Чистов Ю.Д., *Неавтоклавные бетоны плотной и ячеистой структуры на основе мелких песков. Дисс. на соиск. уч. степ. д.т.н.*, 1995, МИСИ: Москва. р. 411.

PHỤ LỤC

**PHỤ LỤC 1: KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM XÁC ĐỊNH THÀNH PHẦN HẠT KHI PHỐI
TRỘN CÁC TỶ LỆ MẠT ĐÁ KHÁC NHAU VỚI CÁT MỊN**

PHỤ LỤC 2: GIẤY XÁC NHẬN ỨNG DỤNG THỰC TẾ TRONG NGHIÊN CỨU

PHỤ LỤC 1

KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM XÁC ĐỊNH THÀNH PHẦN HẠT KHI PHỐI TRỘN CÁC TỶ LỆ MẠT ĐÁ KHÁC NHAU VỚI CÁT MỊN

1. Thành phần hạt của cát mịn, cát thô và mặt đá

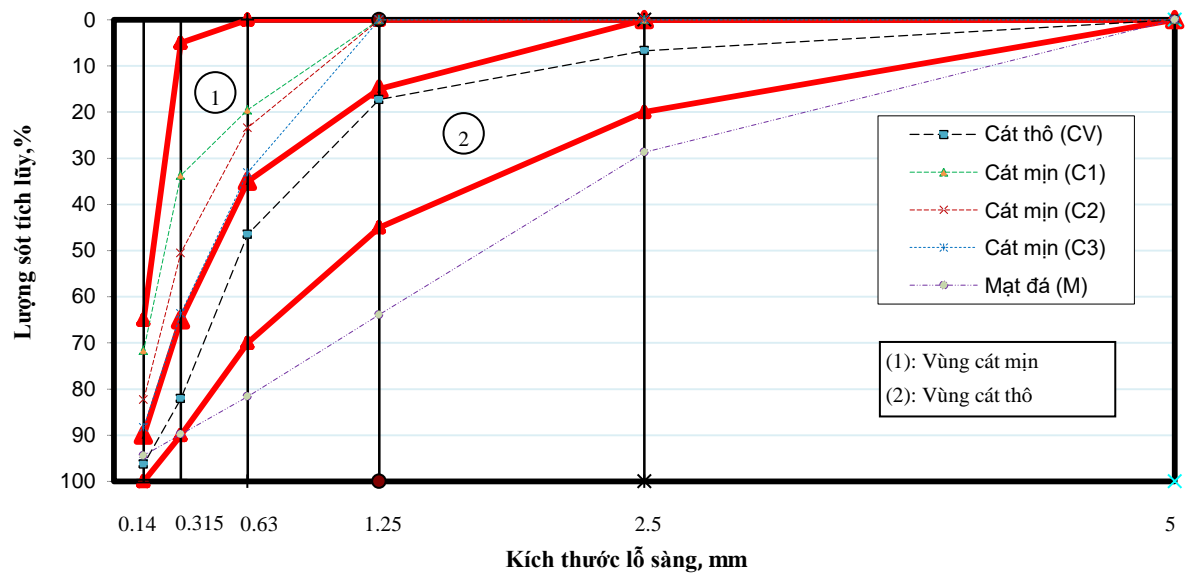
Trong nghiên cứu của luận án đã sử dụng cát mịn C1 ($M_{dl}=1,2$); C2 ($M_{dl}=1,6$); C3 ($M_{dl}=1,9$) khai thác ở Sông Hồng (Hà Nội); cát thô CV ($M_{dl}=2,5$) Sông Lô và mặt đá vôi (M) Hà Nam. Thành phần hạt của cát mịn, cát thô và mặt đá được trình bày trong Bảng 1 và Hình 1.

Bảng 1. Kết quả thí nghiệm thành phần hạt của cát mịn, cát thô và mặt đá

Kích thước lỗ sàng, mm	Lượng sót tích lũy trên sàng, % khối lượng				
	C1	C2	C3	CV	M
5	0	0	0	0	0
2,5	0	0	0	6,7	28,7
1,25	0	0	0	17,3	63,9
0,63	19,5	23,4	33,1	46,5	81,6
0,315	33,7	50,5	63,6	82,1	89,8
0,14	71,6	82,3	88,3	96,3	94,4

Bảng 2. Yêu cầu kỹ thuật thành phần hạt của cát (TCVN 7570 : 2006)

Kích thước lỗ sàng, mm	Lượng sót tích lũy trên sàng, % khối lượng	
	Cát thô	Cát mịn
5	--	--
2,5	Từ 0 đến 20	0
1,25	Từ 15 đến 45	Từ 0 đến 15
0,63	Từ 35 đến 70	Từ 0 đến 35
0,315	Từ 65 đến 90	Từ 5 đến 65
0,14	Từ 90 đến 100	Từ 65 đến 90
Hàm lượng lọt qua sàng 0,14, không lớn hơn	10	35



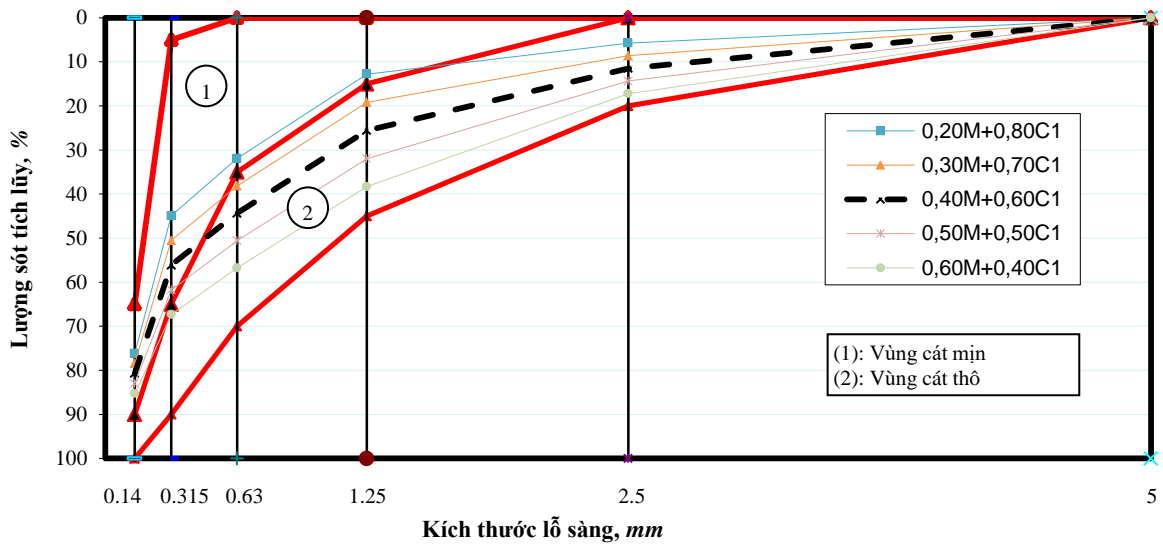
Hình 1. Biểu đồ thành phần hạt của cát mịn, cát thô và mạt đá

2. Thành phần hạt của cát mịn phối trộn mạt đá

Để xác định tỷ lệ phối trộn thích hợp giữa cát mịn và mạt đá sử dụng trong nghiên cứu của luận án, đã tiến hành phối trộn cát mịn (C1, C2, C3) với mạt đá (M) theo các tỷ lệ thay thế cát mịn bằng mạt đá như sau: 20 %; 30 %; 40 %; 50 %; 60 %. Kết quả thí nghiệm được trình bày tại Bảng (3,4,5) và Hình (2,3,4).

Bảng 3. Thành phần hạt của hỗn hợp cát mịn (C1) phối trộn mạt đá (M)

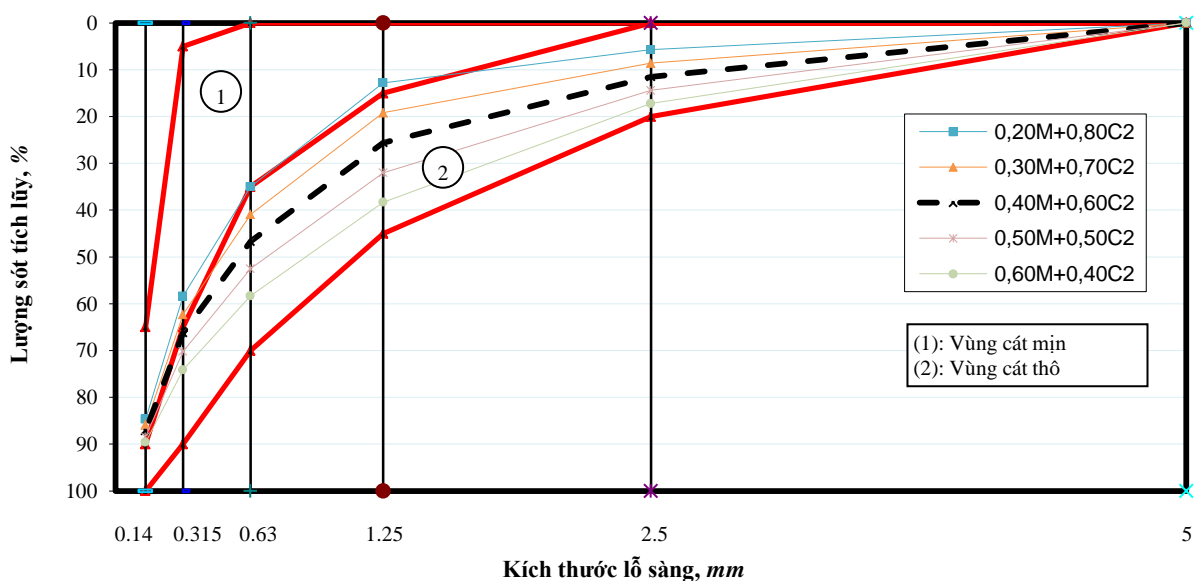
Kích thước lỗ sàng, mm	Lượng sót tích lũy trên sàng, % khối lượng				
	0,20M+0,80C1	0,30M+0,70C1	0,40M+0,60C1	0,50M+0,50C1	0,60M+0,40C1
5	0	0	0	0	0
2,5	5,7	8,6	11,5	14,4	17,2
1,25	12,8	19,2	25,6	32,0	38,3
0,63	31,9	38,1	44,3	50,6	56,8
0,315	44,9	50,5	56,1	61,8	67,4
0,14	76,2	78,4	80,7	83,0	85,3



Hình 2. Biểu đồ thành phần hạt của cát mịn (C1) phối trộn mật đá (M)

Bảng 4. Thành phần hạt của hỗn hợp cát mịn (C2) phối trộn mật đá (M)

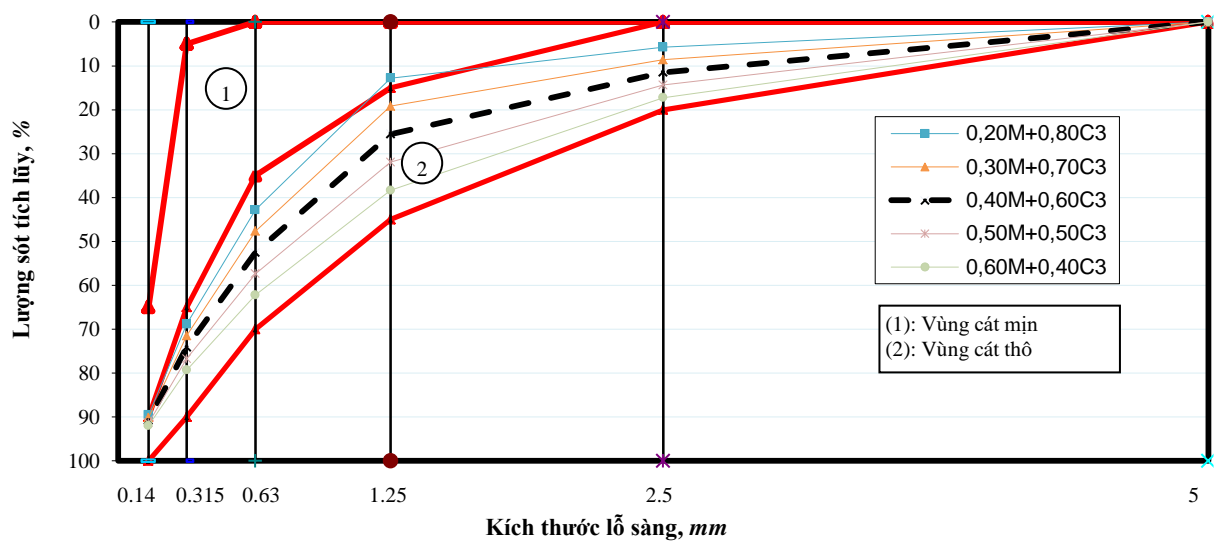
Kích thước lỗ sàng, mm	Lượng sót tích lũy trên sàng, % khối lượng				
	0,20M+0,80C2	0,30M+0,70C2	0,40M+0,60C2	0,50M+0,50C2	0,60M+0,40C2
5	0	0	0	0	0
2,5	5,7	8,6	11,5	14,4	17,2
1,25	12,8	19,2	25,6	32,0	38,3
0,63	35,0	40,9	46,7	52,5	58,3
0,315	58,4	62,3	66,2	70,2	74,1
0,14	84,7	85,9	87,1	88,4	89,6



Hình 3. Biểu đồ thành phần hạt của cát mịn (C2) phối trộn mật đá (M)

Bảng 5. Thành phần hạt của hỗn hợp cát mịn (C3) phối trộn mạt đá (M)

Kích thước lỗ sàng, mm	Lượng sót tích lũy trên sàng, % khối lượng				
	0,20M+0,80C3	0,30M+0,70C3	0,40M+0,60C3	0,50M+0,50C3	0,60M+0,40C3
5	0	0	0	0	0
2,5	5,7	8,6	11,5	14,4	17,2
1,25	12,8	19,2	25,6	32,0	38,3
0,63	42,8	47,7	52,5	57,4	62,2
0,315	68,8	71,5	74,1	76,7	79,3
0,14	89,5	90,1	90,7	91,4	92,0



Hình 4. Biểu đồ thành phần hạt của cát mịn (C3) phối trộn mạt đá (M)

Kết quả thí nghiệm cho thấy, phối trộn mạt đá với cát mịn (theo tỷ lệ thay thế 40 % cát mịn bằng mạt đá) có thể coi là tỷ lệ thích hợp, mặc dù tỷ lệ này chưa phải là tỷ lệ phối trộn tối ưu giữa cát mịn (C1,C2,C3) với mạt đá. Tỷ lệ phối trộn này, cũng phù hợp với tỷ lệ thông dụng thường được sử dụng phổ biến trong thực tiễn hiện nay.

➤ Vì vậy, luận án đã chọn và chấp nhận mạt đá phối trộn cát mịn theo tỷ lệ thay thế 40 % cát mịn bằng mạt đá, dùng để nghiên cứu các tính chất của hỗn hợp bê tông và bê tông sử dụng cát mịn phối hợp mạt đá.

PHỤ LỤC 2

GIẤY XÁC NHẬN ỨNG DỤNG THỰC TẾ TRONG NGHIÊN CỨU

GIẤY XÁC NHẬN

Trên cơ sở kết quả nghiên cứu, luận án đã sử dụng cấp phối đại diện CP8 để làm công trình sân bãi chứa và công trình đường giao thông trong và ngoài Nhà máy 1 thuộc Công ty Cổ phần VLXD Sông Đáy do Công ty Cổ phần VLXD Sông Đáy làm Chủ đầu tư và trực tiếp thi công. Công trình sân bãi chứa và công trình đường giao thông trong và ngoài Nhà máy 1 địa chỉ: Thôn Phú Vinh – Xã Phú Nghĩa – Huyện Chương Mỹ - Thành phố Hà Nội, là nơi chứa và vận chuyển vật liệu xây dựng, thiết bị phục vụ sản xuất, các sản phẩm sản xuất bao gồm các loại cống tròn, cống hộp, hố ga, bó vỉa, đế cống ... của Nhà máy 1 cung cấp cho các công trình ở Việt Nam. Vật liệu và cấp phối sử dụng cho hai công trình trên cụ thể như sau:

- Vật liệu: Xi măng PCB40 Nghi Sơn; Đá vôi ($D_{max}=20mm$); Mỏ đá Hà Nam; Cát mịn: Sông Hồng ($M_{dl}=1,2$); Phụ gia: Daltonmat-RDHP; Nước máy.
- Cấp phối sử dụng:

KH	Lượng dùng vật liệu, kg/m^3					Thông số cấp phối		
	XM	Nước	Cát	Đá	PG	M_{dl}	K_d	X/N
CP8	344	172	647	1237	3,44	1,2	1,33	2,00
* Ghi chú: Thành phần cấp phối cho $1m^3$ bê tông với cốt liệu ở trạng thái khô hoàn toàn								

Thời gian thi công công trình sân bãi chứa và công trình đường giao thông trong và ngoài Nhà máy 1, bắt đầu từ tháng 5 năm 2015 kết thúc trong tháng 11 năm 2015. Mặc dù hàng ngày lưu lượng xe lưu thông ra vào Nhà máy 1 thuộc Công ty Cổ phần VLXD Sông Đáy để vận chuyển thiết bị, vật liệu xây dựng phục vụ sản xuất, đồng thời vận chuyển các sản phẩm sản xuất bao gồm các loại cống tròn, cống hộp, hố ga, bó vỉa, đế cống ... với các loại xe tải trọng lớn lưu lượng và tần suất vận chuyển cao, nhưng đến nay khu vực công trình sân bãi chứa và vận chuyển vật liệu xây dựng, thiết bị phục vụ sản xuất, các sản phẩm sản xuất bao gồm các loại cống tròn, cống hộp, hố ga, bó vỉa, đế cống ... cũng như công trình đường giao thông trong và ngoài Nhà máy 1, bê tông không xảy ra hiện tượng nứt vỡ, không xuất hiện dấu hiệu bị mài mòn trên bề mặt bê tông. Giá thành $1m^3$ bê tông sử dụng cát mịn giảm khoảng 13 % đến 20 % so với bê tông sử dụng cát thô.

Hà Nội, ngày 20 tháng 12 năm 2018

CÔNG TY CỔ PHẦN VLXD SÔNG ĐÁY



TỔNG GIÁM ĐỐC
Trần Việt Cảnh

GIẤY XÁC NHẬN

Trên cơ sở kết quả nghiên cứu, luận án đã sử dụng cấp phối đại diện CPM1 để làm công trình sân bãi chứa và công trình đường giao thông trong và ngoài Nhà máy 2 thuộc Công ty Cổ phần VLXD Sông Đáy do Công ty Cổ phần VLXD Sông Đáy làm Chủ đầu tư và trực tiếp thi công, công trình sân bãi chứa và công trình đường giao thông trong và ngoài Nhà máy 2 địa chỉ: Cụm Công Nghiệp Hà Mãn – Trí Quả, Xã Hà Mãn, Huyện Thuận Thành, Tỉnh Bắc Ninh, là nơi chứa và vận chuyển vật liệu xây dựng, thiết bị phục vụ sản xuất, các sản phẩm sản xuất bao gồm các loại cống tròn, cống hộp, hố ga, bó vỉa, đế cống ... của Nhà máy 2 cung cấp cho các công trình ở Việt Nam. Vật liệu và cấp phối sử dụng cho hai công trình trên cụ thể như sau:

- Vật liệu: Xi măng PCB40 Nghi Sơn; Đá vôi ($D_{max}=20mm$): Mỏ đá Hà Nam; Cát mịn: Sông Hồng ($M_{dl}=1,2$); Mạt đá vôi ($<5mm$): Hà Nam; Phụ gia: Daltonmat-RDHP; Nước máy.
- Cấp phối sử dụng:

KH	Lượng dùng vật liệu, kg/m^3						Thông số cấp phối				
	Xi măng	Nước	Mạt đá	Cát	Đá	Phụ gia	M_{dl} của cát	M_{dl} của hỗn hợp CLN	Tỷ lệ mạt đá trong hh CLN	K_d	X/N
CPM1	348	174	280	420	1214	3,48	1,2	2,2	0,40	1,38	2,00

❖ Ghi chú: Thành phần cấp phối cho $1m^3$ bê tông với cốt liệu ở trạng thái khô hoàn toàn

Thời gian thi công công trình sân bãi chứa và công trình đường giao thông trong và ngoài Nhà máy 2, bắt đầu từ tháng 6 năm 2015 kết thúc trong tháng 12 năm 2015. Mặc dù hàng ngày lưu lượng xe lưu thông ra vào Nhà máy 2 thuộc Công ty Cổ phần VLXD Sông Đáy để vận chuyển thiết bị, vật liệu xây dựng phục vụ sản xuất, đồng thời vận chuyển sản phẩm sản xuất bao gồm các loại cống tròn, cống hộp, hố ga, bó vỉa, đế cống ... với các loại xe tải trọng lớn lưu lượng và tần suất vận chuyển cao, nhưng đến nay khu vực công trình sân bãi chứa và vận chuyển vật liệu xây dựng, thiết bị phục vụ sản xuất, các sản phẩm sản xuất bao gồm các loại cống tròn, cống hộp, hố ga, bó vỉa, đế cống ... cũng như công trình đường giao thông trong và ngoài Nhà máy 2 thuộc Công ty Cổ phần VLXD Sông Đáy, bê tông không xảy ra hiện tượng nứt vỡ, không xuất hiện dấu hiệu bị mài mòn trên bề mặt bê tông. Giá thành $1m^3$ bê tông sử dụng hỗn hợp mạt đá vôi phối hợp với cát mịn theo tỷ lệ thay thế 40 % cát mịn bằng mạt đá vôi giảm khoảng 13 % đến 20 % so với bê tông sử dụng cát thô.

Hà Nội, ngày 20 tháng 12 năm 2018

CÔNG TY CỔ PHẦN VLXD SÔNG ĐÁY



Trần Việt Cảnh

