NGHIÊN CỨU SỬ DỤNG METACAOLANH VIỆT NAM ĐỂ THAY THẾ MỘT PHẦN XI MĂNG TRONG SẢN XUẤT BÊ TÔNG

Chu Mạnh Quân[1], Trịnh Quang Minh[1], Vũ Quốc Vương[1].

Tóm tắt: *Bài báo này nghiên cứu sử dụng vật liệu Metacaolanh (MK) Việt Nam để sản xuất bê tông cho các công trình xây dựng và thủy lợi. Nội dung nghiên cứu gồm 2 phần: Phần thứ nhất là vật liệu MK làm giảm độ linh động của hỗn hợp bê tông. Phần thứ hai là vật liệu MK cải thiện cường độ nén, kéo khi ép chẻ và cải thiện độ chống thấm của bê tông.*

Từ khóa: Metacaolanh, độ chống thấm, cường độ chịu nén, cường độ ép chẻ của bê tông.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Quá trình sản xuất xi măng thải ra môi trường một hàm lượng CO_2 rất lớn. Nguyên liệu sản xuất xi măng là đá vôi $CaCO_3$. Khi nung 1 tấn đá vôi lượng CO_2 thải ra môi trường tương ứng là 440kg, theo phương trình:

$CaCO_3 = CaO + CO_2\uparrow$

Ngoài ra trong quá trình nung các ô xít canxi, ô xít nhôm, ô xít sắt, ô xít silic … phản ứng với nhau để tạo ra các khoáng của clanhke. Quá trình nung này đòi hỏi một lượng nhiệt độ lên tới 1400 - 1450°C, tiêu tốn một nhiệt năng rất lớn.

Như vậy có thể thấy rằng, để sản xuất 1 tấn xi măng, lượng khí thải CO_2 ra môi trường cũng xấp xỉ 1 tấn CO_2. Trong đó, ngành công nghiệp xây dựng đang ngày càng tiêu thụ một hàm lượng lớn xi măng. Cho đến năm 2009, có đến 2,8 tỉ tấn xi măng được sản xuất trên thế giới, lượng khí CO_2 thải ra môi trường chiếm 5% tổng lượng khí thải [8].

Có nhiều nghiên cứu về sử dụng MK ứng dụng trong việc sản xuất bê tông trên thế giới (11), (12), (13), (14), (15), (17), (18), (19). Những nghiên cứu đó chỉ ra rằng việc thay thế 1 phần xi măng trong bê tông không chỉ giúp cải thiện cường độ bê tông, mà còn làm giảm hệ số thấm của bê tông.

MK là một loại vật liệu puzolan, thân thiện với môi trường có thể sản xuất bằng cách nung Caolinit ở nhiệt độ từ 700°C - 800°C, sinh ra lượng khí CO_2 ít hơn 10 lần so với sản xuất xi măng [16].

Sử dụng vật liệu MK để sản xuất bê tông đã được sử dụng rộng rãi trên thế giới. MK là vật liệu khoáng hoạt tính có các tác dụng hóa lý, có khả năng len lỏi vào các lỗ rỗng trong bê tông và có thể kết hợp với vôi ($Ca(OH)_2$) để tạo ra chất kết dính cải thiện cường độ và độ chống thấm của bê tông.

Nhiều nghiên cứu đã chỉ ra rằng mác chống thấm của bê tông không chỉ phụ thuộc vào mác bê tông mà còn phụ thuộc vào thành phần cấp phối của bê tông. Để cải thiện mác chống thấm của bê tông mà sử dụng mác bê tông cao thì rất lãng phí và không cần thiết. Việc chế tạo ra loại bê tông có mác vừa phải, nhưng được cải thiện bằng MK là giải pháp kinh tế rất phù hợp.

Ở Việt Nam, với trữ lượng Caolanh vào khoảng 900 triệu tấn, có thể dùng một phần làm nguyên liệu sản xuất MK. Nhưng việc nghiên cứu sử dụng MK ở nước ta lại hạn chế và chỉ nghiên cứu về cường độ bê tông, mà chưa nghiên cứu về mác chống thấm của bê tông. Bài báo này nghiên cứu về mác bê tông và đặc biệt nghiên cứu cả mác chống thấm khi sử dụng vật liệu MK để thay thế một phần xi măng trong bê tông.

II. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP THÍ NGHIỆM

2.1. Vật liệu

2.1.1. Metacaolanh Việt Nam

Vật liệu MK sử dụng trong nghiên cứu được lấy ở Viện khoa học công nghệ xây dựng

[1] *Trường Đại học Thuỷ lợi*

(IBST), được chế tạo từ Caolanh Phú Thọ, có thành phần hóa học và tính chất hóa lý được nêu trong *bảng 1* và *bảng 2*.

Bảng 1: Thành phần hóa học của Metacaolanh Việt Nam

Thành phần hóa học của Metacaolanh	% Theo khối lượng
SiO_2	53,22
Al_2O_3	41,63
Fe_2O_3	0,8
CaO	0,42
MgO	0,15
K_2O	0,82
TiO_2	1,48
Na_2O	0,11
L.O.I	1,37

Bảng 2: Tính chất hóa lý của Metacaolanh Việt Nam

Tính chất hóa lý	Kết quả thí nghiệm
Tỷ trọng (g/cm^3)	2,6
Diện tích bề mặt (cm^2/g)	4326
Độ hút vôi $Ca(OH)_2$/puzolan (mg/g)	300,17
Độ hoạt tính 7 ngày	103,4
Độ hoạt tính 28 ngày	99,05

Bảng 2 *cho thấy loại MK này có diện tích bề mặt thấp hơn nhiều so với các loại MK truyền thống, do đó độ hút vôi thấp hơn khoảng 3 lần so với các loại MK khác trên thế giới. Độ hút vôi của các loại MK này chỉ tương đương với các loại xỉ lò cao thông thường [10]. Thành phần Al_2O_3 và SiO_2 hoạt tính của MK tương tác với $Ca(OH)_2$ sinh ra khi xi măng thủy hóa và tạo ra các hợp chất biến cứng và có cường độ.*

Xi măng

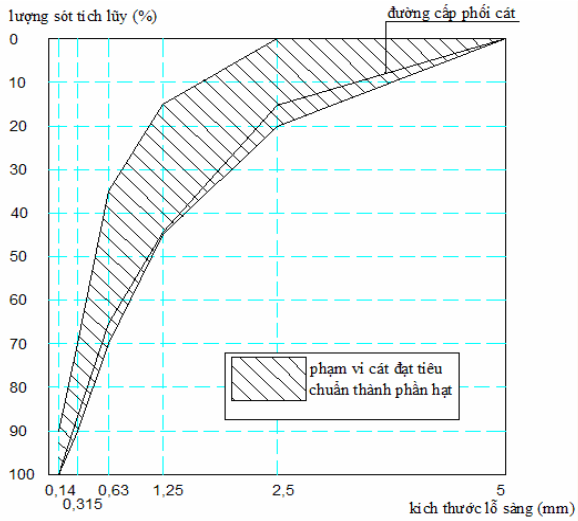
Trong nghiên cứu này sử dụng 2 loại xi măng: PCB30 và PC40, được sản xuất theo tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 6260:2009 và TCVN 6282:2009, nhằm mục đích đánh giá ảnh hưởng của thành phần MK trong chất kết dính đến các tính chất chủ yếu của hỗn hợp bê tông và bê tông.

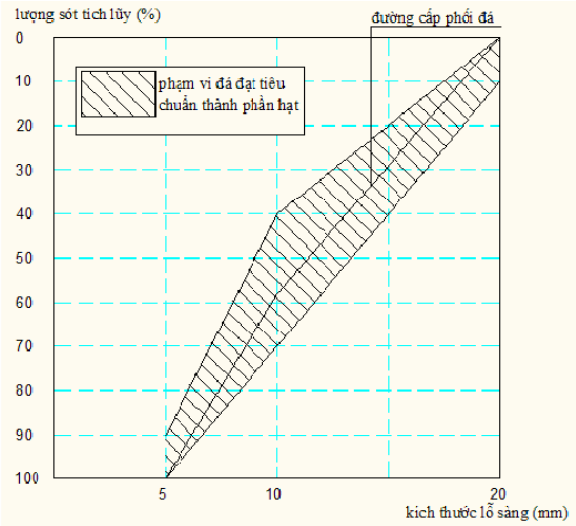
Cát

Cát sử dụng là cát sông Lô, đường kính hạt lớn nhất 2,5 mm, với đường cấp phối như *hình 1*.

Đá

Đá sử dụng là đá vôi ở Sài Sơn, đường kính hạt lớn nhất 20 mm, với đường cấp phối như *hình 2*.





Hình 1:Biểu đồ đường cấp phối cát Hình 2: Biểu đồ đường cấp phối đá

Phụ gia

MK có diện tích bề mặt lớn hơn xi măng, nên lượng yêu cầu nước nhiều hơn xi măng; do đó khi sử dụng trong bê tông, MK sẽ làm giảm độ linh động của bê tông. Để khắc phục điều này bê tông cần sử dụng thêm phụ gia siêu dẻo.

Phụ gia sử dụng trong cấp phối trộn mẫu bê tông là phụ gia Vmart-PC01; đó là loại phụ gia đặc biệt siêu dẻo, làm chậm đông kết hỗn hợp bê tông, làm giảm lượng nước dùng đến 40%, giúp cho bê tông có tính công tác tốt, …

2.2. Phương pháp thí nghiệm

2.2.1. Thí nghiệm xác định độ sụt của hỗn hợp bê tông

Sau khi trộn hỗn hợp bê tông, tiến hành thí nghiệm độ sụt theo TCVN 3105:2007 (1).

2.2.2. Thí nghiệm xác định cường độ nén của bê tông

Mẫu bê tông hình trụ có kích thước 300x150mm sau khi đúc xong được bảo dưỡng trong khuôn 1 ngày đêm, sau đó mẫu được tháo ra và bảo dưỡng trong bể nước cho tới khi vớt mẫu lên thí nghiệm. Thí nghiệm xác định cường độ chịu nén theo tiêu chuẩn TVCN 3118-2007 (3).

***2.2.3.* Thí nghiệm xác định cường độ chịu kéo bằng phương pháp ép chẻ (kéo gián tiếp) của bê tông**

Thí nghiệm xác định cường độ chịu kéo bằng phương pháp ép chẻ theo tiêu chuẩn TVCN 8862-2011 (6), cũng dùng mẫu trụ nêu trên.

Công thức xác định cường độ ép chẻ của mẫu bê tông:

$$R_{kc} = \frac{2P}{\pi.H.D}$$

Trong đó:

R_{kc} : Cường độ kéo khi ép chẻ, Mpa

P: Tải trọng khi phá hủy mẫu hình trụ, N

H: Chiều cao của mẫu hình trụ (chiều dài đường sinh), mm

D: Đường kính đáy mẫu hình trụ, mm

2.2.4. Thí nghiệm xác định độ chống thấm của bê tông

Mẫu bê tông để thí nghiệm xác định mác chống thấm có kích thước 150x150 mm. Sau khi tháo khuôn, mẫu được bảo dưỡng trong bể nước 27 ngày, thì vớt mẫu lên thí nghiệm. Thí nghiệm xác định độ chống thấm theo tiêu chuẩn TVCN 3116:2007 (2).

Kết quả nghiên cứu thí nghiệm và thảo luận

Độ sụt của hỗn hợp bê tông

Cấp phối bê tông cơ sở (cấp phối đối chứng) dùng trong nghiên cứu được trình bày ở *bảng 3*.

Bảng 3: Cấp phối bê tông đối chứng

Thành phần	Chất kết dính (kg/m^3)	Cát (kg/m^3)	Đá (kg/m^3)	Nước ($lít/m^3$)	Phụ gia
Khối lượng	400	750	1100	166	~1,0%

Chất kết dính sử dụng là hỗn hợp xi măng và MK, lượng phụ gia siêu dẻo được điều chỉnh trong khoảng 1% - 1,5% để đảm bảo độ sụt yêu cầu của hỗn hợp bê tông như trong *bảng 4* và *bảng 5*.

Bảng 4: Thành phần chất kết dính trong cấp phối bê tông

Chất kết dính	0% MK	10% MK	20% MK	30% MK
Xi măng (kg/m^3)	400	360	320	280
Metacaolanh (kg/m^3)	0	40	80	120

Bảng 5: Kết quả thí nghiệm độ sụt hỗn hợp bê tông (dùng xi măng PCB30)

Metacaolanh	Phụ gia	Độ sụt (cm)
0% MK	1,0%	12
10% MK	1,0%	7
10% MK	1,2%	13
20% MK	1,2%	7
20% MK	1,5%	12,5
30% MK	1,5%	11,5

Thí nghiệm độ sụt hỗn hợp bê tông chỉ ra rằng việc xuất hiện vật liệu MK trong bê tông làm giảm độ linh động của hỗn hợp bê tông và càng tăng hàm lượng MK, độ linh động càng giảm. Điều đó có thể được giải thích như sau: vật liệu MK sử dụng trong nghiên cứu có diện tích bề mặt ($4326cm^2/g$) lớn hơn diện tích bề mặt của xi măng (khoảng $3500cm^2/g$), nên độ tiêu thụ nước của MK nhiều hơn so với xi măng.

Từ các loại bê tông đã kiểm tra độ sụt, đúc

các tổ 3 mẫu hình trụ cho từng loại bê tông có kích thước 150x300 mm theo TCVN 3105:2007 để thí nghiệm các chỉ tiêu cường độ chịu nén, cường độ chịu kéo khi bửa (cường độ ép chẻ) và độ chống thấm (mác chống thấm W) của bê tông.

Cường độ chịu nén của bê tông

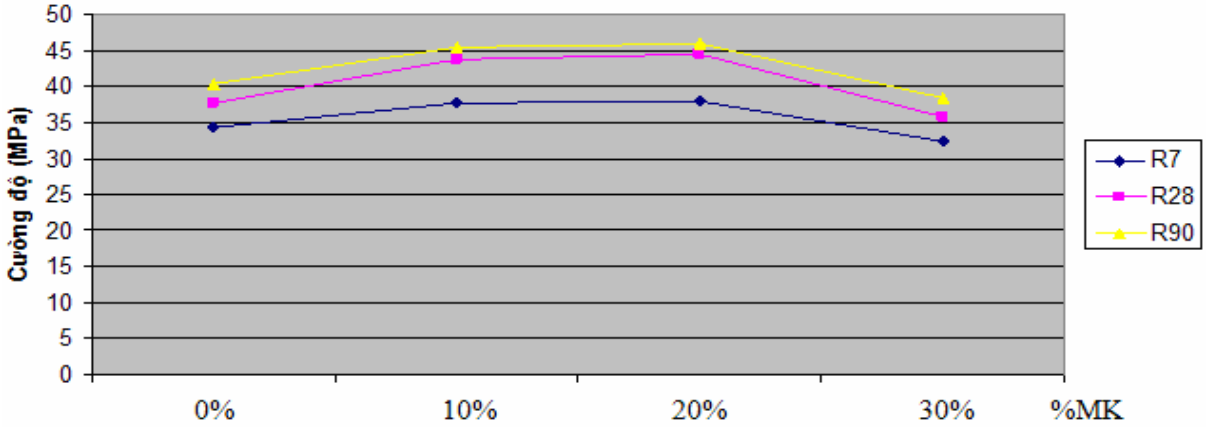
Các mẫu bê tông sau khi bảo dưỡng được thí nghiệm nén ở các ngày tuổi: 7, 28 và 90 ngày tuổi

- Kết quả thí nghiệm của các mẫu bê tông sử dụng xi măng PCB30 được nêu trong bảng 6.

Bảng 6: Kết quả thí nghiệm cường độ chịu nén của mẫu bê tông (sử dụng xi măng PCB30)

Cường độ nén (Mpa)	0% MK	10% MK	20% MK	30% MK
R7	34,4±0,39	37,6±0,39	38,0±0	32,4±0,39
R28	37,8±0,39	43,7±0,39	44,4±0,39	35,8±0,39
R90	40,3±0,39	45,3±0,39	45,9±0,39	38,5±0,39

Kết quả ở *bảng 6* được thể hiện qua biểu đồ ở *hình 3*:



Hình 3: Biểu đồ thể hiện cường độ chịu nén của mẫu bê tông (sử dụng xi măng PCB30)

Dựa vào *bảng 6* và *hình 3* thấy được cường độ nén của các mẫu bê tông ở các ngày tuổi R7, R28, R90 có kết quả như sau: R(20%MK) > R(10%MK) > R(0%MK) > R(30%MK)

Kết quả này có thể được giải thích như sau:

Kết quả thí nghiệm cho thấy cường độ chịu nén của mẫu bê tông có 20% MK là cao nhất vì hàm lượng MK trong chất kết dính của bê tông là 20% làm cho hỗn hợp bê tông đó ở trạng thái đặc chắc nhất. Với mẫu bê tông có 10% MK, thì lượng MK chưa đủ để làm cho các lỗ rỗng giảm tối đa, chính vì vậy nó chưa làm cho bê tông đó ở trạng thái đặc chắc như mẫu bê tông có 20% MK, khiến cho mẫu bê tông có 10% MK có cường độ nén thấp hơn mẫu bê tông có 20% MK. Kết quả này phù hợp với các nghiên cứu của Khatib và Wild (1996).

Với trường hợp mẫu bê tông không có MK, cường độ nén thấp hơn hẳn so với mẫu bê tông có 10%, 20% MK, điều này cũng có thể được lý giải do thể tích lỗ rỗng trong mẫu bê tông không có MK là lớn hơn so với mẫu bê tông có 10%, 20% MK, dẫn đến cường độ của nó thấp hơn.

Mặt khác MK là vật liệu puzolan có khả năng phản ứng với vôi ($Ca(OH)_2$) tạo thành chất kết dính. Nên cần có một lượng MK hợp lý (20%) để tiêu thụ đủ $Ca(OH)_2$; khi đó bê tông sẽ có được cường độ cao nhất.

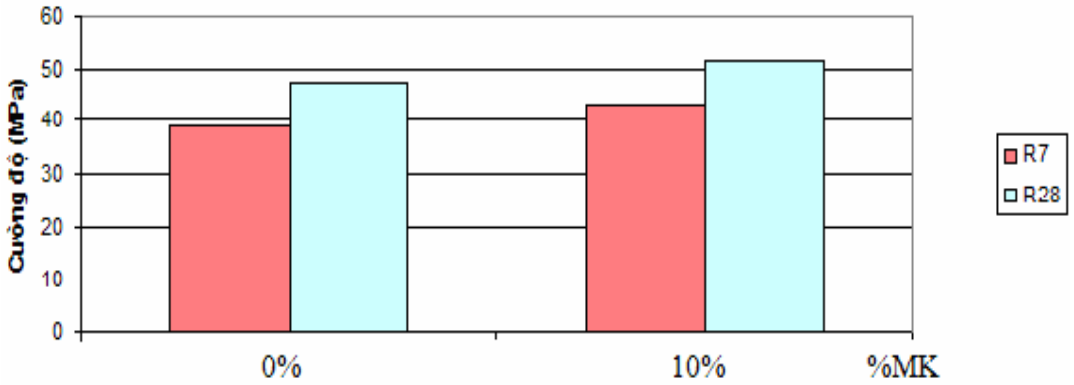
Cũng tương tự như vậy có thể giải thích cho trường hợp 30% MK trong chất kết dính, cường độ chịu nén giảm xuống so với bê tông có 20% MK, vì lượng $Ca(OH)_2$ trong bê tông không đủ để phản ứng với MK. Chúng làm cho thể tích lỗ rỗng trong bê tông lớn hơn so với bê tông có 20% MK.

- Kết quả thí nghiệm bê tông sử dụng xi măng PC40 như trong bảng 7.

Bảng 7: Kết quả thí nghiệm cường độ chịu nén của mẫu bê tông (sử dụng xi măng PC40)

Cường độ nén (Mpa)	0% MK	10% MK
R7	38,9±0,39	43,0±0,39
R28	47,3±0,39	51,4±0,39

Kết quả ở *bảng 7* được thể hiện trên biểu đồ so sánh ở *hình 4*:



Hình 4: Biểu đồ thể hiện cường độ chịu nén của mẫu bê tông (sử dụng xi măng PC40)

Bảng 7 và *hình 4* cho thấy cường độ nén của các mẫu có 10% MK cao hơn so với cường độ nén của mẫu có 0% MK. Việc sử dụng loại xi măng PC40 để khẳng định lại sự xuất hiện của MK ảnh hưởng đến cường độ nén của bê tông. Có thể thấy được khi sử dụng xi măng PC40 để trộn bê tông sẽ cho cường độ cao hơn so với bê tông sử dụng xi măng PCB30 là do xi măng PC40 mác cao hơn mác xi măng PCB30, nên khi trộn bê tông sử dụng xi măng PC40 được bê tông có cường chộ chịu nén cao hơn cường độ bê tông dùng xi măng PCB30 với cùng cấp phối.

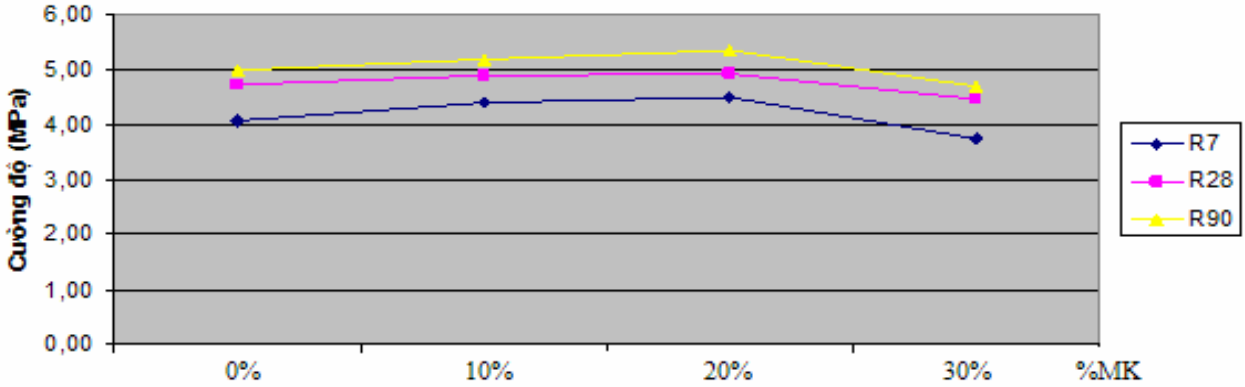
Cường độ chịu kéo khi ép chẻ của bê tông

Các mẫu bê tông hình trụ 150x300 mm sau khi bảo dưỡng được thí nghiệm ép chẻ ở các ngày tuổi: 7, 28 và 90 ngày tuổi. Kết quả thí nghiệm được trình bày trong bảng 8.

Bảng 8: Kết quả thí nghiệm cường độ ép chẻ của các tổ mẫu bê tông

Cường độ ép chẻ (Mpa)	0% MK	10% MK	20% MK	30% MK
R7	4,06±0,11	4,39±0,12	4,50±0,04	3,75±0,12
R28	4,72±0,15	4,88±0,07	4,93±0,04	4,46±0,12
R90	5,00±0,04	5,19±0,04	5,33±0,04	4,69±0,08

Kết quả ở *bảng 8* được thể hiện qua biểu đồ ở *hình 5*:



Hình 5: Biểu đồ thể hiện cường độ ép chẻ mẫu bê tông

Kết quả thí nghiệm cường độ kéo khi ép chẻ cũng cho thấy ảnh hưởng của vật liệu MK đến chất lượng bê tông. Khi trộn với tỷ lệ MK là 20%, cường độ chịu kéo của bê tông là lớn nhất. Điều này cũng được giải thích như kết quả cường độ chịu nén của bê tông ở *mục 3.2*

Độ chống thấm của bê tông

Các tổ mẫu bê tông sau khi bảo dưỡng được thí nghiệm thấm ở 28 ngày tuổi. Kết quả thí nghiệm được trình bày ở bảng 9:

Bảng 9: Kết quả thí nghiệm độ chống thấm (W)

Mác chống thấm (at)	0% MK	10% MK	20% MK	30% MK
Xi măng PCB30	12	16	16	16
Xi măng PC40	14	18	-	-

Với bê tông sử dụng xi măng PCB30: Kết quả thí nghiệm đã chỉ ra rằng khi lượng MK trong bê tông là 10%, 20% chất kết dính, thì hỗn hợp bê tông có độ chống thấm cao hơn so với mẫu không có MK. Nguyên nhân vì vật liệu MK có kích thước hạt nhỏ hơn so với kích thước hạt xi măng, do đó nó có thể lấp vào các lỗ rỗng bên trong bê tông, đồng thời với lượng MK hợp lý trong hỗn hợp bê tông sẽ đủ để phản ứng hết với $Ca(OH)_2$ sẽ tạo độ đặc chắc nhất cho bê tông và nó làm cho bê tông có độ chống thấm cao nhất. Ngược lại, nếu trong hỗn hợp bê tông có quá nhiều MK hay quá ít MK, thì sẽ không đủ $Ca(OH)_2$ để phản ứng với MK và thừa $Ca(OH)_2$ đều tạo nên lỗ rỗng trong bê tông khiến cho bê tông không có độ chống thấm cao.

Với các mẫu bê tông sử dụng xi măng PC40: Kết quả thí nghiệm thấm chỉ ra rằng sự có mặt của 10% MK trong chất kết dính đã cải thiện đáng kể độ chống thấm của bê tông. Điều này càng khẳng định việc sử dụng vật liệu MK để sản xuất bê tông có độ chống thấm cao là phù hợp.

Trên thực tế bê tông có mác 35 - 40 Mpa thường có độ chống thấm vào khoảng 10-12 at (7). Sự có mặt của vật liệu MK trong bê tông đã cải thiện được độ chống thấm của bê tông đạt tới mác W18.

3. KẾT LUẬN

Như vậy từ các kết quả thí nghiệm cường độ nén, cường độ kéo khi ép chẻ, độ chống thấm của các mẫu bê tông thấy rằng vật liệu MK đã tạo ra cho bê tông có nhiều tính năng vượt trội hơn bê tông đối chứng không pha MK, cụ thể là: Cải thiện cường độ chịu nén, cường độ chịu kéo gián tiếp (cường dộ ép chẻ) và mác chống thấm.

Việc lựa chọn tỉ lệ MK trong chất kết dính là rất quan trọng và nó ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng bê tông sau này. Theo kết quả nghiên cứu, nên chọn tỉ lệ phần trăm vật liệu MK trong chất kết dính của bê tông là 10% - 20% để được sản phẩm bê tông có chất lượng tốt. Tuy nhiên đây chưa phải là loại MK có độ hút vôi cao. Nên dùng MK khác có độ hút vôi (độ hoạt tính) cao hơn, hay diện tích bề mặt lớn hơn thì có thể đạt được hiệu quả cao hơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. TCVN 3105:2007 Phương pháp thử độ sụt bê tông – Yêu cầu kỹ thuật
2. TCVN 3116:2007 Phương pháp xác định độ chống thấm - Bê tông nặng
3. TCVN 3118:2007 Phương pháp xác định cường độ chịu nén của bê tông nặng
4. TCVN 6260:2009 Xi măng pooc lăng hỗn hợp - Yêu cầu kỹ thuật
5. TCVN 6282:2009 Xi măng pooc lăng - Yêu cầu kỹ thuật
6. TCVN 8862:2011 Quy trình thí nghiệm xác định cường độ kéo khi ép chẻ của vật liệu hạt liên kết bằng các chất kết dính.
7. Công ty CP tư vấn Sông Đà – Trung Tâm thí nghiệm Xây dựng Sông Đà (LAS-XD07), Kết quả thí nghiệm xác định độ chống thấm của bê tông nền tầng hầm công trình "Tổ hợp chung cư cao tầng Nam XaLa". Hà Nội, tháng 08 năm 2012.
8. http://ashui.com/mag/vatlieu-thietbi/vat-lieu-xay-dung/2610-xi-mang-novacem-se-thay-the-xi-

mang-portland.html
9. Trần Quốc Tế (2006), Nghiên cứu hoàn thiện công nghệ sản xuất Metacaolanh, Báo cáo tổng kết khoa học và công nghệ, Bộ xây dựng – Viện vật liệu xây dựng.
10. Andriolo F.R., Sgaraboza B.C.,Proceedings of the 7th International Conference of AAR,Ed. Grattan-Bellow, p. 66-70, 1985.
11. Badogiannis E., Tsivilis S., Papadakis V.G., Chaniotakis E. The effects of metakaolin on concrete properties, Proceedings of Dundee Conference, 2002, pp.81-89.
12. Cyr M., Trinh M., Husson B., Casaux-Ginestet G., Design of MK-cement grouts intended for soil nailing, Elsevier Editorial System(tm) for Construction & Building Materials, 41(2013) 857-867.
13. Imrich Kusnir, Mineral resources of Vietnam, Acta Montanistica Slovaca Roenik 5(2000), 2, 165-172.
14. Robit P., Cyr M., Husson B., Casaux-G., Trinh M., Coulis de faible émission carbone à base de métakaolin, Congrès national de géotechnique et de géologie de l'ingénieur, JNGG 4-5-6 juillet 2012, Bordeaux, France.
15. Sabir B.B., S. Wild and J. Bai, Metakaolin and calcined clays as pozzolans for concrete: a review, Cement and Concrete Composites, 2001, vol.23, issue 6, pp. 441-454.
16. San Nicolas R., Approche performantielle des bétons avec métakaolins obtenus par calnination flash, Thèse de Doctorat, Université de Toulouse, 2011
17. [17] Trinh M., Cyr M., Husson B., Casaux-G., Robit P., Use of metakaolin in grout seal applications, 2nd International Seminar INVACO - Innovation & Valorisation in Civil Engineering & Construction Materials & Construction Materials, Rabat (Morocco), November 23-25, 2011.
18. Wild S., Khatib J.-M, Jones A., Relative strength, pozzolanic activity and cement hydration in superplasticized metakaolin concrete, Cement and Concrete Research, 1996, vol.26, pp.1537-1544;
19. Wild S., Khatib J.M., Portlandite consumption in metakaolin cement pastes and mortars, cement and concrete research, 1997, vol. 27, n°1, pp.137-146.

Abstract

RESEARCH ON USING METAKAOLIN OF VIETNAM TO REPLACE A PART OF CEMENT IN CONCRETE PRODUCTION

This article introduces research on using Metakaolin material (MK) of Vietnam to produce concrete for hydraulic construction work. The research results indicate that MK material reduces the mobility (slump) of fresh concrete, but improves considerably the compressive strength, splitting tensile strength, and the watertighness of concrete.

Keywords: Metakaolin, watertighness, compressive strength, splitting tensile strength.

Người phản biện: **GS.TS. Nguyễn Thúc Tuyên**

BBT nhận bài: 20/5/2014
Phản biện xong: 10/6/2014