

**NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA VẬT LIỆU NANO SiO<sub>2</sub>  
ĐIỀU CHẾ TỪ TRO TRÁU ĐẾN KHẢ NĂNG  
CHỐNG THẤM ION CLO CỦA BÊ TÔNG XI MĂNG**

**Đặng Thị Thanh Lê<sup>1</sup>**

**Tóm tắt:** Nano-SiO<sub>2</sub> điều chế từ tro trấu (diện tích bề mặt 258,3 m<sup>2</sup>/g, kích thước hạt 10 đến 15 nm) làm tăng đã làm tăng khả năng chống thấm ion clo của bê tông. Khả năng chống thấm ion clo của các loại bê tông xi măng tăng theo hàm lượng nano SiO<sub>2</sub> sử dụng. Khi hàm lượng nano SiO<sub>2</sub> sử dụng là 2,5%, khả năng chống thấm ion clo của bê tông xi măng tốt nhất, giảm được 30,4% điện lượng (mác M<sub>60</sub>) và 26% điện lượng (mác M<sub>70</sub>) so với bê tông xi măng không sử dụng nano SiO<sub>2</sub>.

**Từ khóa:** nano SiO<sub>2</sub>, tro trấu, bê tông xi măng, thấm ion clo của bê tông.

### **1. GIỚI THIỆU**

Nano SiO<sub>2</sub> được sử dụng trong nhiều ngành công nghiệp như: nhựa, chế tạo sơn và chất phủ bề mặt, sản xuất hóa mỹ phẩm, công nghiệp hóa chất, công nghiệp cao su, phân bón và rất nhiều lĩnh vực khác. Hiện nay, các nhà khoa học trên thế giới đang nghiên cứu sử dụng nano SiO<sub>2</sub> làm phụ gia để tăng khả năng chống thấm của bê tông xi măng (Rishav Garg, et al. 2016 and M.J. Pellegrini-Cervantes, et al. 2013). Khả năng chống thấm ion clo của bê tông là một trong những yếu tố quan trọng để đánh giá độ bền của bê tông đặc biệt là trong môi trường chứa nhiều ion clo (nước biển). Khi ion clo thấm qua lớp bê tông bảo vệ chúng sẽ ăn mòn cốt thép gây trương nở thể tích dẫn đến nứt bê tông. Điều này sẽ làm giảm khả năng chịu lực của bê tông cốt thép, gây hư hỏng và giảm tuổi thọ của công trình. Vì vậy bê tông có khả năng chống thấm ion clo tốt sẽ đảm bảo độ bền lâu của công trình (Phạm Duy Hữu, 2010). Việt Nam là nước nông nghiệp có sản lượng lúa lớn, lượng vỏ trấu thải ra hàng năm rất nhiều. Giải pháp sử dụng nano SiO<sub>2</sub> điều chế từ tro trấu nhằm làm tăng chất lượng của bê tông xi măng sẽ mang lại hiệu quả

cao. Ảnh hưởng của hàm lượng nano SiO<sub>2</sub> điều chế từ tro trấu đến khả năng chống thấm ion clo của bê tông xi măng nhiều tro bay mác M<sub>40</sub> ở 28 ngày tuổi đã được nghiên cứu (Đặng Thị Thanh Lê, nnk. 2017). Trong bài báo này, chúng tôi nghiên cứu ảnh hưởng của hàm lượng nano SiO<sub>2</sub> điều chế từ tro trấu đến khả năng chống thấm ion clo của bê tông mác M<sub>60</sub> và M<sub>70</sub> ở 28 ngày tuổi.

### **2. THỰC NGHIỆM VÀ KẾT QUẢ**

#### **2.1. Vật liệu thí nghiệm**

Nano SiO<sub>2</sub> điều chế từ tro trấu ở dạng bột, màu trắng rất mịn; hàm lượng SiO<sub>2</sub> trên 99,9%; pH ~ 7; độ ẩm nhỏ hơn 0,5%; diện tích bề mặt riêng ~ 258,3 m<sup>2</sup>/gam, kích thước hạt 10 đến 15 nm (Đặng Thị Thanh Lê, nnk. 2017).

Xi măng PC40 của Bút Sơn với thành phần khoáng chất: C<sub>3</sub>S (3CaO.SiO<sub>2</sub>) 51,74%; C<sub>2</sub>S (2CaO.SiO<sub>2</sub>) 24,20%; C<sub>3</sub>A (3CaO.Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 8,16%; C<sub>4</sub>AF (4CaO.Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 10,35%. Các chỉ tiêu chất lượng của xi măng Bút Sơn PC40 được nhà sản xuất đưa ra phù hợp với tiêu chuẩn qui định yêu cầu kỹ thuật của xi măng TCVN 2682: 2009.

Cốt liệu lớn được sử dụng là đá dăm Kim Bảng (Hà Nam) có khối lượng riêng 2,65 g/cm<sup>3</sup>; khối lượng thể tích 1,65 g/cm<sup>3</sup>; độ ẩm 0,6 %; D<sub>max</sub> = 19 mm. Cốt liệu nhỏ được sử dụng là cát Sông Lô có

---

<sup>1</sup> Bộ môn Kỹ thuật Hóa học, Đại học Thủy lợi.

khối lượng riêng 2,66 g/cm<sup>3</sup>; khối lượng thể tích 1,47 g/cm<sup>3</sup>. Hai loại cốt liệu dùng trong nghiên cứu đều đạt yêu cầu kỹ thuật cốt liệu cho bê tông và vữa theo tiêu chuẩn TCVN 7570: 2006.

Nước sử dụng để chế tạo và bảo dưỡng bê tông là nước sạch, đáp ứng tiêu chuẩn TCVN 4506:2012.

Phụ gia siêu dẻo dùng loại Visconcrete - V3000 - 20M của hãng Sika, đáp ứng tiêu chuẩn qui định phụ gia hóa học cho bê tông theo TCVN 8826:2011.

## 2.2. Thành phần chế tạo bê tông

Thành phần bê tông gốc với cường độ chịu nén 60 MPa và 70 MPa được thiết kế sơ bộ theo tiêu chuẩn ACI 211.4R - 08 (Mỹ). Có 2 loại bê tông được dùng để nghiên cứu tương ứng với mác bê tông 60 MPa và 70 MPa. Với mỗi loại tiến hành đúc mẫu với hàm lượng nano SiO<sub>2</sub> là 0%, 1%, 2% và 2,5% theo khối lượng xi măng ban đầu. Thành phần các vật liệu trong hỗn hợp bê tông được đưa ra ở bảng 1 và bảng 2.

**Bảng 1. Thành phần cấp phối bê tông 60MPa sử dụng nano SiO<sub>2</sub> (tính cho 1m<sup>3</sup> bê tông)**

Loại bê tông		Nano SiO <sub>2</sub> (kg)	Xi măng (kg)	Cát (kg)	Đá (kg)	Nước (lit)	Phụ gia (lit)	Nước/Xi
% nano SiO <sub>2</sub>	Kí hiệu							
0,0	60NS0	0,00	476,00	782	1133	142,8	4,76	0,3
1,0	60NS1	4,76	471,24	782	1133	142,8	4,76	0,3
2,0	60NS2	9,52	466,48	782	1133	142,8	4,76	0,3
2,5	60NS2.5	11,90	464,10	782	1133	142,8	4,76	0,3

**Bảng 2. Thành phần cấp phối bê tông 70MPa sử dụng nano SiO<sub>2</sub> (tính cho 1m<sup>3</sup> bê tông)**

Loại bê tông		Nano SiO <sub>2</sub> (kg)	Xi măng (kg)	Cát (kg)	Đá (kg)	Nước (lit)	Phụ gia (lit)	Nước/Xi
% nano SiO <sub>2</sub>	Kí hiệu							
0,0	70NS0	0,00	530,00	737	1133	142,8	6,36	0,3
1,0	70NS1	5,30	524,70	737	1133	142,8	6,36	0,3
2,0	70NS2	10,60	519,40	737	1133	142,8	6,36	0,3
2,5	70NS2.5	13,25	516,75	737	1133	142,8	6,36	0,3

## 2.3. Trộn và đúc mẫu bê tông

Việc lấy mẫu hỗn hợp bê tông, trộn, đúc, bảo dưỡng và chọn kích thước để làm mẫu thử được tiến hành theo tiêu chuẩn ASTM C192. Độ thấm ion clo của bê tông ở 28 ngày tuổi được xác định theo tiêu chuẩn ASTM C1202 hay tiêu chuẩn TCVN 9337, 2012.

Bê tông được trộn trong máy trộn cưỡng bức ở nhiệt độ phòng là 30°C. Nano SiO<sub>2</sub> được trộn đều vào trong nước bằng máy trộn vữa tốc độ cao, sau đó đổ vào trong pha khô (đá, cát, xi măng) đã được trộn đều và tiến hành trộn trong vòng 1 phút. Tiếp theo thêm phụ gia siêu dẻo vào và trộn trong vòng từ 1-2 phút đến khi hỗn hợp bê tông đồng đều. Sau đó tiến hành đúc mẫu hình

trụ kích thước 100x200 mm để xác định độ thấm ion clo.

Các mẫu bê tông sau khi đúc được phủ lớp vải trên bề mặt để tránh mất nước trong vòng 24 giờ, sau đó tháo khuôn và đưa vào bể bảo dưỡng cho đến khi tiến hành các thí nghiệm tiếp theo.

## 2.4. Xác định khả năng thấm ion clo của bê tông

Khả năng chống thấm ion clo của bê tông là một trong những yếu tố quan trọng để đánh giá độ bền của bê tông đặc biệt là trong môi trường chứa nhiều ion clo. Bê tông có khả năng chống thấm ion clo tốt sẽ đáp ứng được độ bền lâu của công trình (Phạm Duy Hữu, 2010).

Khả năng thấm ion clo của bê tông ở 28 ngày

tuổi được đo trên máy thấm nhanh ion clo A PROOVE'it của hãng GERMANN, Đức. Mỗi loại bê tông tiến hành thí nghiệm 3 mẫu, mỗi mẫu bê tông có đường kính 100 mm chiều dày 50 mm. Các mẫu này được cắt ra từ mẫu trụ 100x200 mm và đã loại bỏ phía trên và dưới mẫu mỗi đầu là 10 mm. Các mẫu thí nghiệm thấm ion clo được sơn chống thấm, hút chân không và ngâm trong nước như điều kiện trong tiêu chuẩn TCVN 9337, 2012. Các thí nghiệm được tiến hành tại Phòng Thí nghiệm Vật liệu Xây dựng, Trường Đại học Giao thông Vận tải. Thí nghiệm được tiến hành theo nguyên tắc áp dòng điện

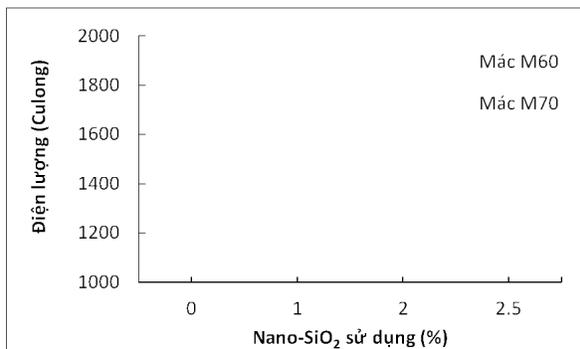
một chiều điện thế 60V vào hai mặt của mẫu thử, một mặt tiếp xúc với dung dịch natri clorua 3% nối với cực âm, mặt kia tiếp xúc với dung dịch natri hydroxit nối với cực dương. Khả năng thấm ion clo qua bê tông được xác định thông qua giá trị tổng điện lượng truyền qua mẫu thử trong thời gian 6h, được chia thành các mức: cao, trung bình, thấp, rất thấp, không thấm (TCVN 9337, 2012).

Kết quả thí nghiệm thấm nhanh ion clo của các loại bê tông ở 28 ngày tuổi được trình bày trong bảng 3. Biểu đồ kết quả thí nghiệm thấm nhanh ion clo được thể hiện ở hình 1.

**Bảng 3. Kết quả thí nghiệm thấm nhanh ion clo**

Nano SiO <sub>2</sub> (%)	Kết quả đo điện lượng (cu lông)							
	Mức M <sub>60</sub>				Mức M <sub>70</sub>			
	Mẫu 1	Mẫu 2	Mẫu 3	TB	Mẫu 1	Mẫu 2	Mẫu 3	TB
0.0	1871.8	1975.2	2025.8	<b>1957.6</b>	1785.8	1687.7	1600.1	<b>1690.5</b>
1.0	1740.3	1699.5	1736.2	<b>1725.3</b>	1381.8	1492.1	1558.4	<b>1477.4</b>
2.0	1532.6	1546.1	1588.8	<b>1555.8</b>	1305.7	1237.0	1350.3	<b>1297.7</b>
2.5	1400.5	1308.4	1381.3	<b>1363.4</b>	1186.5	1265.8	1300.6	<b>1251.0</b>

Kết quả thí nghiệm ở bảng 3 cho thấy các loại bê tông được thử nghiệm đều cho điện lượng đi qua ở mức thấp (1000 - 2000 cu lông) (TCVN 9337, 2012). Quan sát hình 1 có thể thấy số điện lượng đếm được tỉ lệ nghịch với hàm lượng nano SiO<sub>2</sub> sử dụng. Như vậy nano SiO<sub>2</sub> đã làm giảm sự khuếch tán của ion clo trong bê tông, do vậy đã làm tăng mức độ chống thấm ion clo của bê tông.

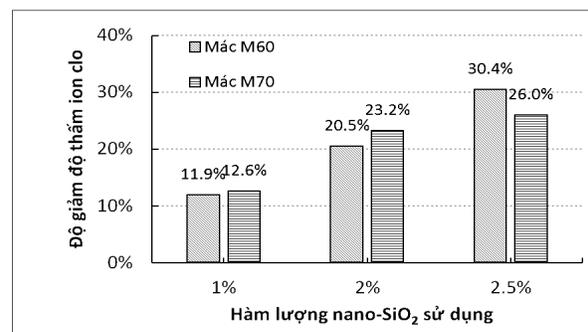


Hình 1. Biểu đồ kết quả thí nghiệm thấm nhanh ion clo

Độ giảm độ thấm ion clo của các loại bê tông có sử dụng nano SiO<sub>2</sub> so với bê tông không sử dụng nano SiO<sub>2</sub> được đưa ra ở bảng 4 và hình 2.

**Bảng 4. Độ giảm độ thấm ion clo của các loại bê tông có sử dụng nano SiO<sub>2</sub> (so với bê tông không sử dụng nano SiO<sub>2</sub>)**

Nano SiO <sub>2</sub> (%)	Độ giảm độ thấm ion clo (%)	
	Bê tông mức M <sub>60</sub>	Bê tông mức M <sub>70</sub>
1.0	11.9	12.6
2.0	20.5	23.2
2.5	30.4	26.0



Hình 2. Biểu đồ độ giảm độ thấm ion clo của các loại bê tông

Các kết quả trên đã cho thấy nano SiO<sub>2</sub> điều chế từ tro trấu có tác dụng làm giảm khả năng thấm ion clo. Bê tông mác M<sub>60</sub> khi sử dụng 2,5% nano SiO<sub>2</sub> đã giảm được 30,4% điện lượng đếm được so với bê tông không sử dụng nano SiO<sub>2</sub>. Bê tông mác M<sub>70</sub> khi sử dụng 2,5% nano SiO<sub>2</sub> đã giảm được 26% điện lượng đếm được so với bê tông không sử dụng nano SiO<sub>2</sub>. Điều này giúp làm tăng độ bền của bê tông khi ứng dụng làm các kết cấu trong môi trường xâm thực ion clo. Kết quả này tương tự kết quả ở công trình (Đặng Thị Thanh Lê, nnk. 2017) khi nghiên cứu ảnh hưởng của nano SiO<sub>2</sub> điều chế từ tro trấu đến khả năng chống thấm ion clo của bê tông xi măng nhiều tro bay mác M<sub>40</sub> ở 28 ngày tuổi.

Theo các tài liệu (T. Ji 2005 and B.H. Green 2006), nano SiO<sub>2</sub> có kích thước rất nhỏ (nhỏ hơn kích thước xi măng khoảng 100 lần) nên có thể lấp đầy các lỗ trống trong bê tông xi măng, giúp cho bê tông xi măng chặt hơn; nano SiO<sub>2</sub> tham gia vào phản ứng puzolan tạo ra C-S-H với độ rắn cao hơn; nano SiO<sub>2</sub> đóng vai trò như các tâm tạo nhân cho phép hình thành các cụm C-S-H, thúc đẩy hơn sự hydrat hóa. Như vậy nano SiO<sub>2</sub> đã lấp đầy các lỗ trống trong bê tông xi măng, giúp cho bê tông xi măng chặt hơn, và

tạo ra C-S-H bền vững với độ rắn cao hơn, làm cho khối bê tông đặc chắc hơn, do vậy đã làm giảm sự khuếch tán của ion clo và làm tăng khả năng chống thấm ion clo của bê tông.

### 3. KẾT LUẬN

Đã khảo sát ảnh hưởng của vật liệu nano SiO<sub>2</sub> điều chế từ tro trấu đến khả năng chống thấm ion clo của bê tông xi măng mác M<sub>60</sub> và M<sub>70</sub>. Kết quả cho thấy:

Việc sử dụng nano SiO<sub>2</sub> điều chế từ tro trấu trong bê tông xi măng đã làm tăng khả năng chống thấm ion clo của bê tông mác M<sub>60</sub> và M<sub>70</sub>. Khả năng chống thấm ion clo của các loại bê tông xi măng tăng theo hàm lượng nano SiO<sub>2</sub> sử dụng.

Khi hàm lượng nano SiO<sub>2</sub> sử dụng là 2,5%, khả năng chống thấm ion clo của bê tông xi măng tốt nhất, giảm được 30,4% điện lượng (mác M<sub>60</sub>) và 26% điện lượng (mác M<sub>70</sub>) so với bê tông xi măng không sử dụng nano SiO<sub>2</sub>.

Như vậy, nano SiO<sub>2</sub> điều chế từ tro trấu khi cho vào bê tông xi măng đã làm tăng khả năng chống thấm ion clo của bê tông, góp phần hạn chế sự ăn mòn. Từ những kết quả trên chúng tôi cho rằng, vật liệu nano SiO<sub>2</sub> điều chế từ tro trấu có triển vọng nghiên cứu ứng dụng của chúng trong ngành vật liệu xây dựng.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Phạm Duy Hữu (2010). *Công nghệ bê tông và kết cấu bê tông*, Nhà xuất bản Giao thông Vận tải, Hà Nội.
- Đặng Thị Thanh Lê, Vương Đặng Lê Mai, Vũ Việt Cường, Hoàng Anh Tuấn (2017). *Nghiên cứu ảnh hưởng của vật liệu nano SiO<sub>2</sub> điều chế từ tro trấu đến khả năng chống thấm ion clo của bê tông xi măng nhiều tro bay*. Tạp chí Hóa học, **55(3)**: 298-302.
- TCVN 9337:2012. *Bê tông nặng - Xác định độ thấm ion clo bằng phương pháp đo điện lượng*.
- ACI 211.4R-08 (2008). *Guide for Selecting Proportions for High-Strength Concrete Using Portland Cement and Other Cementitious Materials*. American Concrete Institute, Farmington Hills, MI 48331 U.S.A.
- ASTM C192 (2006). *Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory*. American Concrete Institute, Farmington Hills, MI 48331 U.S.A
- ASTM C1202 (2012). *Standard test method for electrical indication of concrete's ability to resist chloride ion penetration*.
- Rishav Garg, Manjeet Bansal, and Yogesh Aggarwal (2016). *Strength, Rapid Chloride Penetration and Microstructure Study of Cement Mortar Incorporating Micro and Nano Silica*. Int. J. Electrochem. Sci., **11**, 3697 - 3713.

- B.H. Green (2006). *Development of a high-density cementitious rock-machng grout using nano-particles*. Proceedings of ACI Session on Nanotechnology of Concrete: Recent Developments and Future Perspectives, November 7, Denver, USA, pp 119-130.
- T. Ji (2005). *Preliminary study on the water permeability and microstructure of concrete incorporating nano-SiO<sub>2</sub>*. Cement and Concrete Research **35**, pp 1943-1947.
- M.J. Pellegrini-Cervantes, F. Almeraya-Calderon, F.J. Baldenebro-Lopez, R.E. Nuñez Jaquez, G. Fajardo-San-Miguel, J.G. Chacón-Nava, C.P. BarriosDurstewitz, A. Martinez-Villafañe (2013). *Chloride Penetration in mortars with replacements of rice husk Ash and nano-SiO<sub>2</sub>*. IOSR Journal of Engineering (IOSRJEN). **Vol. 3**, Issue 12, PP 24-30.

**Abstract:**

**STUDY THE EFFECT OF NANO SiO<sub>2</sub> PREPARED FROM RICE HUSK ASH  
ON THE CHLORIDE RESISTANCE OF CEMENT CONCRETE**

*Nano-SiO<sub>2</sub> prepared from rice husk ash (large specific surface area 258.3 m<sup>2</sup>/g, particle size 10 to 15 nm) increased the chloride resistance of cement concrete. The ability to resist chloride penetration increases with the content of nano-SiO<sub>2</sub> used. When nano-SiO<sub>2</sub> content used is 2.5%, the chloride ion-resistance ability of concrete is the best, 30.4% reduction of charge passed for grade M<sub>60</sub> and 26% reduction for grade M<sub>70</sub> compared to concrete not using nano-SiO<sub>2</sub>.*

**Keywords:** nano-SiO<sub>2</sub>, rice husk ash, cement concretes, chloride resistance of concrete.

---

*Ngày nhận bài:* 10/8/2017

*Ngày chấp nhận đăng:* 08/9/2017