

## **Ảnh hưởng của tro trấu tới tính chất ma sát và cường độ của bê tông**

Trần Thu Hiền<sup>a,b</sup>, Phan Thanh Hải<sup>b</sup>, Huỳnh Quốc Minh Đức<sup>b</sup>

<sup>a</sup>: Viện nghiên cứu và phát triển công nghệ cao, Đại học Duy Tân, 3 Quang Trung, Đà Nẵng

<sup>b</sup>: Khoa Xây dựng, Đại học Duy Tân, 3 Quang Trung, Đà Nẵng

### **Tóm tắt**

Khả năng sử dụng tro trấu thay thế một phần xi măng Portland trong bê tông được nghiên cứu và trình bày trong bài báo. Tro trấu được thu gom từ các bếp đun hộ gia đình trên địa bàn tỉnh Quảng Nam. Xi măng trong bê tông được thay thế lần lượt bởi 5 và 15% tro trấu. Cường độ nén của bê tông được theo dõi ở 7, 28 và 56 ngày. Khi sử dụng tro trấu thay thế xi măng, để đảm bảo khả năng công tác của bê tông mà không thay đổi hàm lượng nước, cần sử dụng thêm phụ gia hóa dẻo. Nhu cầu sử dụng phụ gia hóa dẻo tăng cùng hàm lượng tro trấu thay thế. Ngoài ra, với các mẫu bê tông thực hiện trong nghiên cứu này, thông số ma sát được cải thiện khi tăng hàm lượng tro trấu cùng phụ gia sử dụng. Cường độ nén của các mẫu bê tông tăng theo thời gian, đặc biệt với mẫu chứa 15% tro. Tất cả các bê tông chứa tro trấu có cường độ nén giảm so với mẫu chuẩn. Tuy nhiên, mẫu chứa 5% tro trấu vẫn đạt mác bê tông 40.

### **Abstract**

This paper presents the utilization potential of rice husk ash (RHA) as a supplementary cementing material in concrete. RHA was collected from household stoves in the province of Quang Nam. The Portland cement content in concrete is replaced with two different ratios, including 5% and 15%. Compressive strength of concrete is monitored at 7, 28 and 56 days. When using rice husk ash as a cement replacement material, to ensure the workability of concrete without changing the water content, the use of plasticizer is necessary. The required plasticizer increases with RHA content. In increasing RHA and plasticizer content, the friction parameters of concrete are improved. The compressive strength of all the concrete samples increases with time, especially the samples containing 15% ash. Concrete containing RHA has lower compressive strength than the standard sample. However, samples containing 5% rice husk ash has reached concrete grade 40.

**Từ khóa:** xi măng Portland, tro trấu, bê tông, cường độ, ma sát.

**Cles:** Portland cement, rice husk ash, concrete, strength, friction

## 1. Mở đầu

Nhu cầu xi măng trên thế giới không ngừng tăng trong nhiều thập kỷ qua và được dự báo còn tiếp tục tăng trong những thập kỷ sắp tới, đặc biệt ở những nước đang phát triển. Theo thống kê năm 2002, nhu cầu sử dụng xi măng trên thế giới là  $1.6 \cdot 10^9$  t/năm (Mehta 2002). Ngành sản xuất xi măng tiêu thụ rất nhiều năng lượng và phát thải lượng lớn khí CO<sub>2</sub>. Để sản xuất 1 tấn xi măng, trong điều kiện tốt nhất cần khoảng 3 GJ năng lượng. Và cứ 1 kg xi măng sản xuất sẽ thải ra khoảng 0.8-1 kg khí CO<sub>2</sub>. Khí CO<sub>2</sub> phát thải có nguồn gốc từ phản ứng phân hủy đá vôi, từ nhiên liệu được dùng, từ việc vận chuyển xi măng giữa nơi sản xuất và tiêu dùng, ... Một cách tổng thể, lượng khí cacbonic do ngành xi măng thải ra chiếm từ 5 – 7% tổng lượng khí thải toàn cầu từ tất cả mọi lĩnh vực hoạt động (Hooton và Bickley, 2014).

Có nhiều biện pháp được đặt ra và nghiên cứu để giảm hàm lượng khí thải CO<sub>2</sub> này. Và một trong những biện pháp đó là hạn chế tối đa hàm lượng clinker trong sản phẩm cuối cùng bằng cách tối đa nhất có thể hàm lượng các phụ gia khoáng sử dụng trong xi măng và đẩy mạnh việc sử dụng xi măng hỗn hợp trong xây dựng nói chung. Việc ứng dụng các phụ gia khoáng này phụ thuộc vào nguồn cung cấp cũng như kinh nghiệm sản xuất tại mỗi địa phương.

Cùng với lúa mì, lúa gạo là loại cây trồng phổ biến trên thế giới, đóng vai trò quan trọng cung cấp lương thực cho dân số thế giới. Trấu là sản phẩm phụ của quá trình xay sát thóc gạo, chiếm khoảng 1/20 của 744.7 triệu tấn thóc được sản xuất hàng năm trên thế giới (FAO 2014). Vỏ trấu có thể tích rất công kênh do khối lượng riêng thấp (90-150 kg/m<sup>3</sup>). Trong quá trình thu hoạch, nếu vỏ trấu không được xử lý đúng cách, xả xuống ao hồ, sông suối sẽ gây ô nhiễm môi trường nghiêm trọng. Hoặc việc đốt trấu tràn lan không đúng cách kéo theo những vấn đề kích ứng mắt và ảnh hưởng tới hệ hô hấp.

Tro trấu được sử dụng trong bê tông từ rất sớm, với hai bằng sáng chế người Đức đăng ký từ năm 1924 (Swamy, 1986). Tuy nhiên, việc sử dụng tro trấu như một phụ gia hoạt tính puzolan chỉ thực sự tiến triển từ đầu thập niên 70 (Mehta, 1994). Sử dụng tro trấu trong bê tông cho phép giảm giá thành vật liệu nhờ tiết kiệm xi măng. Ngoài ra, nó còn có ý nghĩa môi trường quan trọng, tìm được đầu ra giá trị cho nguồn phế thải nông nghiệp này đồng thời giảm lượng khí CO<sub>2</sub> phát thải gắn liền với quá trình sản xuất xi măng.

Bài báo này giới thiệu kết quả nghiên cứu sử dụng tro trấu thu thập tại các bếp đun hộ gia đình để thay thế một phần xi măng trong bê tông. Tính chất ma sát và cường độ nén của bê tông được khảo sát.

## 2. Phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Thành phần vật liệu

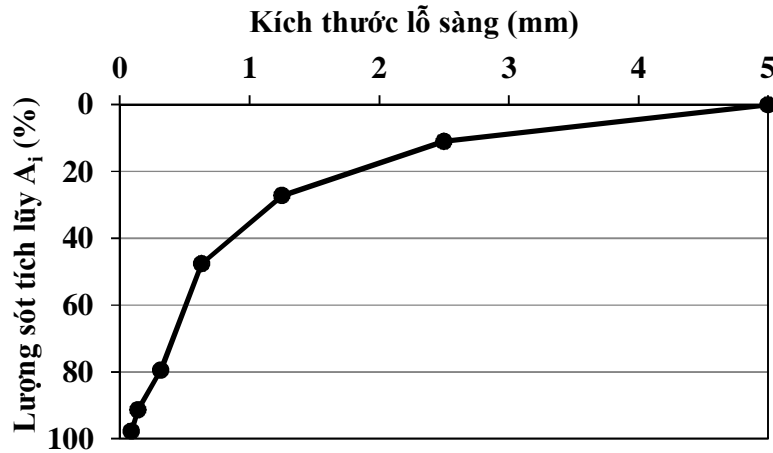
Thành phần cấp phối của bê tông được cho trong bảng 1. Tỷ lệ Nước/Chất kết dính (N/CKD) được giữ không đổi và bằng 0.37. Để mọi cấp phối bê tông đạt được độ sụt tương đối lớn, đảm bảo khả năng bơm phun, phụ gia hóa dẻo (Sika Plastiment 96) được thêm vào.

**Bảng 1. Thành phần cấp phối của bê tông**

Loại bê tông	Xi măng (kg/m <sup>3</sup> )	Tro trấu (kg/m <sup>3</sup> )	Cát (kg/m <sup>3</sup> )	Đá (kg/m <sup>3</sup> )	Phụ gia (L/m <sup>3</sup> )	Độ sụt (cm)
0%	570	0	633	933	4.35	11
5%	541.5	28.5			8.30	9
15%	484.5	85.5			18.10	10

Xi măng được sử dụng là xi măng Portland PCB40 Vincem. Tro trấu được thu gom từ các bếp đun hộ gia đình thuộc tỉnh Quảng Nam. Tro trấu thu về được sử dụng nguyên trạng, không qua các khâu gia công nghiền mịn hay sàng lựa chọn cỡ hạt.

Thành phần hạt của tro trấu được phân tích nhờ bộ sàng cát, xi măng tiêu chuẩn và thu được kết quả như biểu diễn trên hình 1.



Hình 1. Hành phân hạt của tro trấu

## 2.2. Thí nghiệm xác định tính chất ma sát của bê tông

Các vật liệu dùng chế tạo bê tông được xác định khối lượng nhờ cân điện tử chính xác đến 1 g. Hỗn hợp vật liệu sau đó được trộn đều nhờ một máy trộn bê tông tự do T-Tech, dung tích thùng 150 L. Thí nghiệm xác định độ sụt và các thông số ma sát được tiến hành với hỗn hợp bê tông thu được ngay sau khi trộn. Độ sụt được xác định bằng côn Abram theo tiêu chuẩn TCVN 3106:1993.



Hình 2. Xác định độ sụt của hỗn hợp bê tông

Các thông số ma sát được xác định bằng bộ thiết bị đo ma sát như minh họa trên hình 3. Bộ thiết bị gồm các bộ phận sau: thiết bị khuấy cơ điện tử được gắn trên giá đỡ, thùng chứa và xi lanh thép. Thiết bị khuấy truyền động qua một máy tính sử dụng phần mềm Watch & Control. Thùng chứa có đường kính đáy 30 cm, chiều cao 20 cm, mặt trong

xung quanh thùng được hàn thêm gờ thép nhằm tăng ma sát giữa hỗn hợp bê tông với bề mặt thùng chứa. Xi lanh thép có bề mặt trơn, chiều cao 10.6 cm, đường kính 10 cm. Xi lanh thép được đảm bảo kẹp chặt vào thiết bị khuấy trong suốt quá trình vận hành. Tốc độ quay của xi lanh thép được thiết lập và điều khiển thông qua phần mềm. Biểu đồ tốc độ quay được minh họa trên hình 4, gồm 2 giai đoạn, giai đoạn tăng tốc và giai đoạn giảm tốc. Xi lanh thép được tăng tốc độ quay từ 0 lên 1.6 vòng/giây trong 90 giây. Sau đó, tốc độ được giảm dần xuống theo 8 bậc, mỗi bậc cách nhau 0.2 vòng/giây. Tại mỗi tốc độ, xi lanh được giữ quay trong 18 giây, sau đó được giảm xuống tốc độ tiếp theo trong 12 giây.

Thiết bị khuấy cho phép lưu lại mô men xoắn cần thiết làm quay xi lanh thép. Với mỗi hỗn hợp bê tông, hai giai đoạn đo được tiến hành. Đầu tiên, hỗn hợp bê tông được cho vào thùng chứa vừa đủ tiếp xúc với đáy xi lanh thép. Mô men xoắn  $T_1$  làm quay trụ thép tại từng tốc độ được ghi lại. Mô men này cần dùng thắng lực ma sát giữa đáy trụ thép và hỗn hợp bê tông. Tiếp theo, hỗn hợp bê tông được thêm vào vừa đến mặt trên trụ thép. Mô men xoắn đo được  $T_2$ . Dữ liệu được ghi tự động cứ mỗi 0.1 giây. Chênh lệch giữa mô men xoắn  $T_2$  và  $T_1$  thể hiện lực ma sát bề mặt xung quanh xi lanh thép và hỗn hợp bê tông. Mối quan hệ giữa mô men xoắn hiệu  $T$  và tốc độ quay  $V$  được thiết lập.

$$T = T_0 + kV \quad (1)$$

$T$ : mô men xoắn cần thiết thắng lực ma sát giữa mặt xung quanh xi lanh thép và hỗn hợp bê tông (N.m);  $T = T_2 - T_1$ .

$k$ : hệ số góc (N.m.s)

$V$ : tốc độ quay của xi lanh (vòng/giây)

Từ các thông số trên, ngưỡng trượt  $\tau_0$  và hằng số nhớt  $\eta$  của hỗn hợp bê tông được tính theo các công thức (2) và (3) (Nguyen và cộng sự 2015).

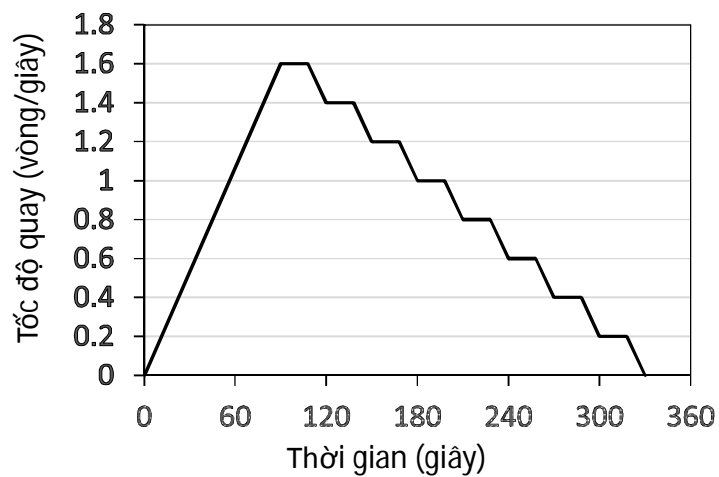
$$\tau_0 = \frac{T_0}{2\pi R^2 h} \text{ (Pa)} \quad (2)$$

$$\eta = \frac{k}{(2\pi)^2 R^3 h} \text{ (Pa.s/m)} \quad (3)$$

Trong đó,  $R$  và  $h$  lần lượt là bán kính và chiều cao của xi lanh thép.



Hình 3. Xác định thông số ma sát của hỗn hợp bê tông



Hình 4. Biểu đồ tốc độ quay của xi lanh thép

### 2.3. Chuẩn bị và bảo dưỡng mẫu

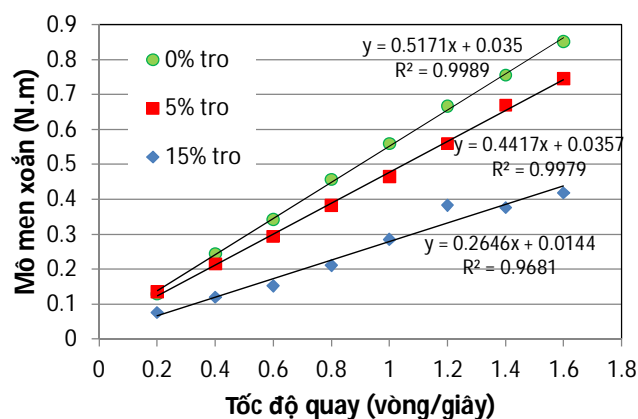
Hỗn hợp bê tông được trộn đều, sau khi đo độ sụt và thông số ma sát sẽ được đúc mẫu để đánh giá cường độ nén. Phương pháp chế tạo và bảo dưỡng mẫu tuân theo tiêu chuẩn TCVN 3118-2012. Mẫu được đúc trong khuôn thép, hình lập phương kích thước 15 cm. Sau 24 giờ, tiến hành tháo khuôn và tiếp tục bảo dưỡng mẫu ở độ ẩm tương đối 95-100% đến ngày thử nén mẫu. Với mỗi loại vật liệu, cường độ nén được xác định trên một tổ ba mẫu và tuân theo TCVN 3118-2012.

### 3. Kết quả và thảo luận

Khi sử dụng tro trấu để thay thế xi măng, muốn giữ nguyên hàm lượng nước sử dụng mà độ sụt không giảm cần phải sử dụng phụ gia hóa dẻo. Thật vậy, tro trấu là loại vật liệu rất hút nước. Đặc tính này là do đặc điểm cấu trúc của tro trấu. Chúng có cấu trúc dạng tổ ong khiến diện tích riêng bề mặt rất lớn. Hàm lượng tro trấu được sử dụng càng nhiều thì lượng phụ gia yêu cầu để đảm bảo khả năng công tác của bê tông càng cao. Ngoài ra, tro trấu được sử dụng trong nghiên cứu này được thu hoạch từ các bếp đun hộ gia đình, không qua các khâu sơ chế. Tro trấu có màu đen, kích thước hạt lớn, chứng tỏ hàm lượng cacbon chưa cháy hết cao. Chính điều này cũng làm tăng nhu cầu nước hay phụ gia hóa dẻo của tro trấu.

Hình 5 thể hiện mối quan hệ giữa mô men xoắn và tốc độ quay của các loại bê tông chứa hàm lượng tro trấu khác nhau. Với cả ba loại bê tông nghiên cứu, mô men xoắn và tốc độ quay có mối quan hệ tuyến tính, với hệ số  $R^2$  gần bằng 1. Như vậy hoàn toàn có thể áp dụng mô hình dòng chảy Bingham với các loại bê tông này. Từ các thông số T và k, sử dụng hai công thức (2) và (3) ở trên, ta tính được ngưỡng trượt và hằng số nhớt. Hai thông số ma sát này của ba loại bê tông được cho trong Bảng 2.

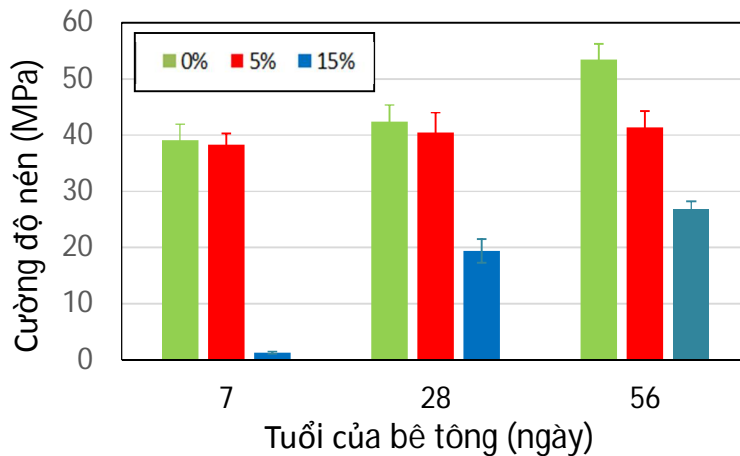
Nhận thấy rằng, ngưỡng trượt và hằng số nhớt của bê tông có xu hướng giảm xuống khi tăng hàm lượng tro trấu sử dụng. Tuy nhiên, cũng cần lưu ý rằng, ba loại bê tông này sử dụng hàm lượng phụ gia khác nhau. Như vậy sự thay đổi các tính chất ma sát là hệ quả một phần từ việc sử dụng phụ gia hóa dẻo và một phần của việc sử dụng tro trấu. Để có thể kết luận được chính xác tác động của tro trấu tới thông số ma sát của bê tông, cần khảo sát nhiều mẫu hơn. Có thể cố định hàm lượng phụ gia dùng của các mẫu bê tông để có thể đánh giá cụ thể ảnh hưởng của từng thành phần (phụ gia, tro trấu). Điều này sẽ được thực hiện trong các đề tài nghiên cứu tiếp theo.



Hình 5. Ảnh hưởng của hàm lượng tro sử dụng tới tính chất ma sát của bê tông

Bảng 2. Thông số ma sát của các loại bê tông

Mẫu bê tông	Độ sụt (cm)	Ngưỡng trượt $\tau_0$ (Pa)	Hằng số nhớt $\eta$ (Pa.s/m)
0%	11	19.8	880.7
5%	5	20.2	761.5
15%	16	8.2	450.7



Hình 6. Ảnh hưởng của hàm lượng tro sử dụng tới cường độ nén của bê tông

Sự phát triển cường độ nén của các mẫu bê tông theo thời gian được thể hiện trên Hình 6. Cường độ nén của bê tông tăng theo thời gian bảo dưỡng. Với mẫu chuẩn, cường độ tại 7 ngày và 28 ngày đạt được lần lượt 73% và 79% cường độ của mẫu ở 56 ngày tuổi. Thật vậy, ta biết rằng nếu được bảo dưỡng tốt, nước luôn sẵn sàng để xi măng thủy hóa, cường độ của bê tông sẽ tiếp tục tăng tới hàng năm sau. Riêng với loại bê tông chứa hàm lượng tro trấu 15%, cường độ tăng vọt từ 7 đến 28 ngày. Cường độ tại 7 ngày tuổi đạt 5% trong khi đó tại 28 ngày tuổi đạt 72% so với cường độ ở 56 ngày tuổi. Có vẻ như, cường độ bê tông không phát triển trong những ngày đầu. Nguyên nhân là do hàm lượng phụ gia hóa dẻo sử dụng lớn, vượt ngưỡng chỉ dẫn của nhà sản xuất. Riêng với mẫu bê tông chứa ít tro hơn (5%) sự tăng cường độ theo thời gian không được quan sát thấy rõ.

Ngoài ra ở 28 ngày, ta thấy mẫu bê tông không chứa tro trấu và mẫu bê tông chứa 5% tro trấu có cường độ tương đương nhau. Trong khi đó cường độ của mẫu chứa 15% tro trấu chỉ đạt khoảng 45% cường độ của hai mẫu bê tông còn lại. Ở 56 ngày tuổi, cường độ của



mẫu bê tông 5% và mẫu bê tông 15% đạt lần lượt 77% và 50% so với mẫu chuẩn. Tuy nhiên, mẫu bê tông chứa 5% tro vẫn đạt mác 40.

#### **4. Kết luận**

Bài báo đã trình bày khả năng sử dụng tro trấu, một loại phế thải nông nghiệp trên địa bàn địa phương như một sản phẩm để thay thế xi măng. Kết quả cho thấy, khi sử dụng tro trấu thay thế xi măng, để đảm bảo khả năng công tác của bê tông mà không thay đổi hàm lượng nước, cần sử dụng thêm phụ gia hóa dẻo. Nhu cầu sử dụng phụ gia hóa dẻo tăng cùng hàm lượng tro trấu thay thế. Ngoài ra, với các mẫu bê tông thực hiện trong nghiên cứu này, thông số ma sát được cải thiện khi tro trấu cùng phụ gia được sử dụng. Cường độ nén của các mẫu bê tông tăng theo thời gian, đặc biệt với mẫu chứa 15% tro. Tất cả các bê tông chứa tro trấu có cường độ nén giảm so với mẫu chuẩn. Tuy nhiên, mẫu chứa 5% tro trấu vẫn đạt bê tông mác 40.

Nhiều nghiên cứu tiếp theo cần thực hiện để hiểu rõ hơn ảnh hưởng của tro trấu đến các tính chất khác nhau của bê tông. Đồng thời, nhiều biện pháp khác nhau sẽ được áp dụng để nâng cao hoạt tính của tro trấu (như tăng độ mịn, giảm hàm lượng cacbon dư, ...).

#### **Tài liệu tham khảo**

Mehta, P.K., 2002. Greening of the Concrete Industry for Sustainable Development. Concrete International 24(7), 23-28.

Mehta, P.K., 1994. Rice husk ash - a unique supplementary cementing material. In: Advances in Concrete Technology (2nd edition), 419-444.

Hooton R.D., Bickley J.A., 2014. Design for durability: The key to improving concrete sustainability. Construction & Building Materials 67 part C, 422-430.

Swamy, R.N., 1986. Cement Replacement Materials. In: Concrete Technology and Design, Vol. 3.

FAO, 2014. Rice market monitor, <http://www.fao.org/3/a-i4294e.pdf>.

Nguyễn Thế Dương, Phạm Quang Nhật, Vũ Văn Nhân, , 2015. Khảo sát ảnh hưởng của hàm lượng phụ gia, tỷ lệ C/(C+Đ) và thời gian đến tính chất ma sát và lưu biến của một số bê tông thương phẩm. Báo cáo đề tài NCKH cấp trường, 12/2015, Đại học Duy Tân.