# NGHIÊN CỨU SỬ DỤNG XỈ ĐÁY NHÀ MÁY NHIỆT ĐIỆN THAY THẾ CỐT LIỆU TRONG BÊ TÔNG

# Study on using coal slag from thermal power plant to replace aggregate in concrete

Võ Minh Phước[1], và Đỗ Đại Thắng[2]

[1]Học viên cao học Trường Đại học Kinh tế Công nghiệp Long An, Long An, Việt Nam
minhphuocxd15@gmail.com

[2]Đại học Quốc Gia TP.HCM, Việt Nam
ddthang@vnuhcm.edu.vn

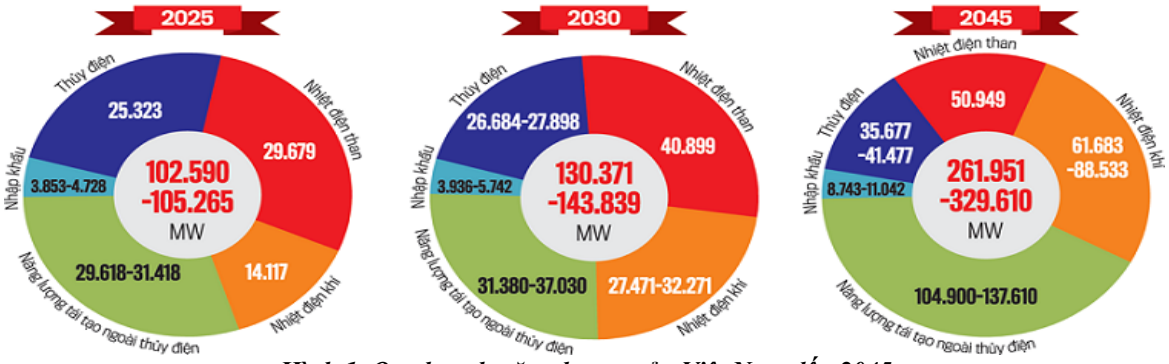
***Tóm tắt*** — Các nhà máy điện hoạt động sẽ thải ra một lượng lớn tro bay và xỉ đáy, đây là chất thải rắn nguy hại có thể ảnh hưởng nghiêm trọng đến môi trường. Nghiên cứu này sử dụng xỉ đáy nhiệt điện thay thế cho cát trong thành phần cấp phối bê tông với tỷ lệ từ 25 đến 100% theo khối lượng. Thành phần xỉ đáy có mô đun độ lớn lần lượt là 1,87; 2,25 và 2,83 phân thành các nhóm xỉ 1,2 và 3. Kết quả thực nghiệm cho thấy khả năng làm việc của bê tông dùng xỉ đáy giảm mạnh khi dùng xỉ thay thế từ 25 đến 100% trong cấp phối. Độ sụt bê tông giảm mạnh đến 60% khi xỉ dùng thay thế hoàn toàn cát trong bê tông. Cường độ chịu nén và cường độ kéo khi bửa giảm đến hơn 50% khi dùng hoàn toàn xỉ đáy. Giá trị vận tốc xung siêu âm với bê tông xỉ giảm dần khi dùng xỉ do giảm sự đặc chắc trong cấu trúc của vật liệu.

***Abstract*** — Power plants in operation will discharge a large amount of fly ash and bottom slag, which are hazardous solid wastes that can seriously affect the environment. This study uses thermal power bottom slag to replace sand in the concrete mix composition at a ratio of 25 to 100% by mass. The bottom slag composition has a modulus of magnitude of 1.87; 2.25 and 2.83, respectively, divided into slag groups 1, 2 and 3. Experimental results show that the workability of concrete using bottom slag is sharply reduced when slag is used to replace 25 to 100% in the mix. Concrete slump is sharply reduced by 60% when slag completely replaces sand in concrete. Compressive strength and tensile strength when splitting are reduced by more than 50% when bottom slag is completely used. The value of ultrasonic pulse velocity with slag concrete gradually decreases when using slag due to the reduction in the density of the material structure.

***Từ khóa*** — Xỉ đáy, cốt liệu, cường độ, bê tông, coal slag, aggregate, strength, concrete.

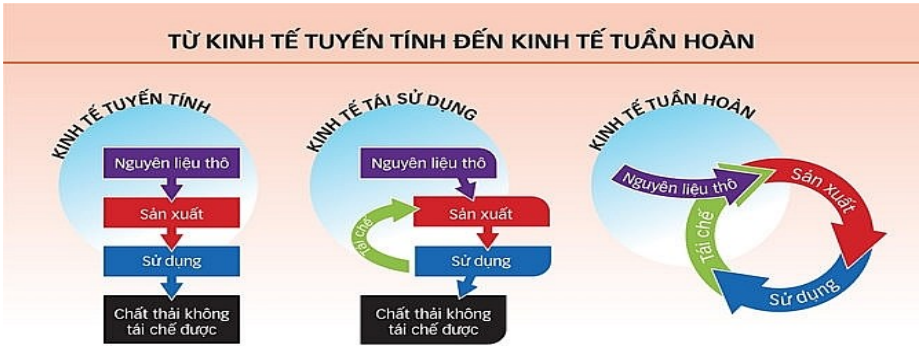
## 1. Tổng quan

Trong bối cảnh áp lực tăng trưởng điện tới năm 2030 vẫn còn rất lớn, các nguồn thủy điện và năng lượng tái tạo chưa đáp ứng được nhu cầu, thì vai trò của nhiệt điện than là nguồn năng lượng để thúc đẩy sự phát triển kinh tế - xã hội. Thủ tướng Chính phủ phê duyệt Quy hoạch phát triển điện lực quốc gia thời kỳ 2021 - 2030, tầm nhìn đến năm 2050 theo Quyết định số 500/QĐ-TTg năm 2023 trong đó, năng lượng cung cấp từ nguồn nhiệt điện than đạt 30.127 MW chiếm 20% trong cơ cấu năng lượng [1].




*Hình 1. Quy hoạch năng lượng của Việt Nam đến 2045*

Nhằm sử dụng tro, xỉ, các yêu cầu pháp lý và biện pháp kỹ thuật cần phải được xem xét. Việc ứng xử với tro, xỉ ở các quốc gia là khác nhau. Tro, xỉ được coi là chất thải, chất thải không nguy hại, chất thải rắn, chất thải trơ, hoặc tài nguyên, phụ phẩm được sử dụng rộng rãi trong các ứng dụng xây dựng. Trên thế giới, tăng trưởng kinh tế toàn cầu đã đạt được những thành tựu to lớn, tuy nhiên cùng với đó là sự thiếu hụt tài nguyên thiên nhiên, ô nhiễm môi trường gia tăng. Để khắc phục những vấn đề này, các nước trên thế giới, trong đó có Việt Nam đang hướng đến phát triển kinh tế tuần hoàn nhằm giải quyết thách thức giữa tăng trưởng kinh tế và bảo vệ môi trường [2].




***Hình 2. Mô hình tái chế chất thải từ kinh tế tuyến tính sang kinh tế tuần hoàn***

Việc tái sử dụng tro bay từ các nhà máy nhiệt điện than được nhiều nước trên thế giới thực hiện như: Mỹ, Nhật Bản, Trung Quốc… và luôn được khuyến khích sử dụng tro, xỉ từ nhà máy nhiệt điện than trong xây dựng đường sá, làm phụ gia trong sản xuất xi măng, bê tông và vật liệu xây dựng. Tro bay, xỉ nếu đạt tiêu chuẩn dùng làm phụ gia cho sản xuất xi măng sẽ làm giảm chi phí sản xuất xi măng; bê tông dùng tro bay sẽ làm giảm lượng xi măng và làm tăng tính bền chắc của công trình. Ngoài ra, tro xỉ còn được sử dụng để làm chất liên kết gia cố các công trình giao thông, sản xuất gạch không nung, bê tông nhẹ, làm tấm trần, tường thạch cao, gốm sứ rất hiệu quả. Việc tái sử dụng tro bay, được quản lý tốt sẽ đem tới lợi ích về kinh tế - xã hội và môi trường [3].

Singh và cộng sự (2020) đã nghiên cứu tro xỉ đáy là sản phẩm phụ của ngành than và được sản xuất với lượng lớn từ các nhà máy nhiệt điện đốt than. Việc sử dụng xỉ đáy trong sản xuất bê tông đề xuất cách xử lý kinh tế và sinh thái. Đồng thời, việc sử dụng nó sẽ bảo tồn tài nguyên thiên nhiên và thúc đẩy tính bền vững.

Muthusamy và các cộng sự (2021) nghiên cứu về tái sử dụng tro đáy của nhiệt điện dùng than đã cho rằng cần phải cải thiện tính bền vững của bê tông bằng cách kết hợp các sản phẩm phụ thải, đồng thời kiểm soát việc sử dụng cát sông quý giá cũng như đất đai vô giá để trở thành khu xử lý chất thải. Tro đáy của nhiệt điện than là một trong những sản phẩm có thể sử dụng làm chất thay thế cát sông trong bê tông.

Zhou và cộng sự (2022) đã nghiên cứu về tro xỉ đáy và đánh giá rằng mặc dù thế giới đang dần hướng tới các nguồn năng lượng tái tạo, ngành than sẽ tiếp tục là ngành cung cấp năng lượng chính trong tương lai gần.

## 2. Nguyên vật liệu và phương pháp thực nghiệm

Các tác giả chỉ cần thêm các nội dung của bài báo vào phiên bản điện tử của văn bản định dạng này để có được bài báo được định dạng theo đúng yêu cầu.

### *2.1. Nguyên vật liệu*

- Xi măng được sử dụng là PCB40 có các tính chất cơ lý và thành phần hóa trình bày trong bảng 1.

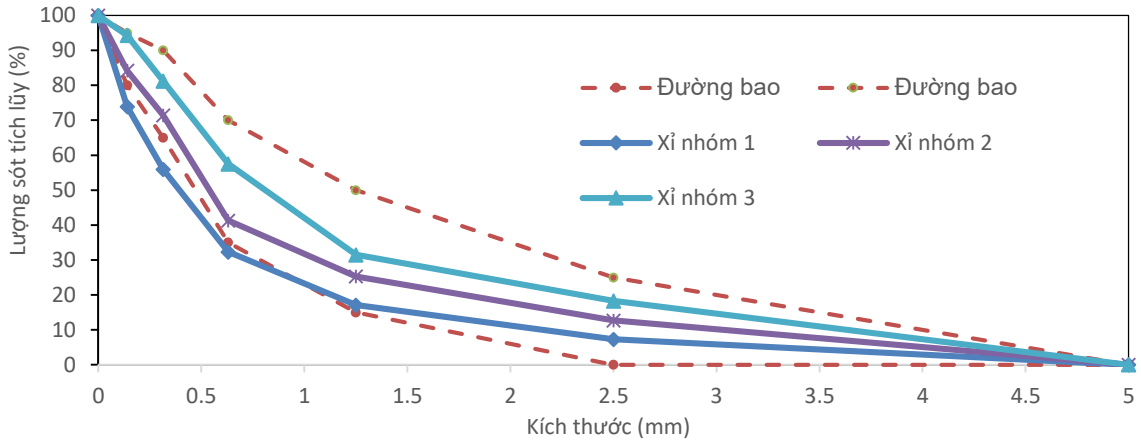
- Đá được sử dụng có Dmax 20 mm, khối lượng riêng 2,73 g/cm$^3$, khối lượng thể tích 1,63 g/cm$^3$.

- Cát được sử dụng là cát sông, có khối lượng riêng 2,62 g/cm$^3$, khối lượng thể tích 1,47 g/cm$^3$, có mô đun độ lớn 1,83.

*Bảng 1. Thành phần hóa của xỉ nhiệt điện*

| Thành phần | $SiO_2$ | $Al_2O_3$ | $Fe_2O_3$ | CaO | MgO | $TiO_2$ | $Na_2O$ | $K_2O$ | $SO_3$ | Khác |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| % | 32.87 | 18.85 | 13.21 | 22.54 | 5.06 | 0.96 | 0.5 | 0.5 | 4.34 | - |

Xỉ đáy được lấy từ nhà máy nhiệt điện theo công nghệ đốt than phun có kích thước nhỏ hơn 10 mm, thành phần hạt được gia công bằng máy nghiền và phân loại qua sàng 5mm. Xỉ nhiệt điện có khối lượng riêng 2,34 g/cm$^3$. Thành phần vật lý và hóa học của xỉ nhiệt điện được trình bày trong Bảng 2 và 3.




*Hình 3. Thành phần hạt của các nhóm xỉ đáy theo TCVN 7572: 2006*

### *2.2. Thành phần cấp phối và phương pháp thực nghiệm*

Thành phần cấp phối bê tông được thiết kế cấp độ bền B25 theo TCVN 5574:2018 và được trình bày trong Bảng 2.

*Bảng 2. Thành phần cấp phối bê tông dùng xỉ đáy*

| Cấp phối | Tỷ lệ thay thế (%) | Xi măng (kg) | Cát (kg) | Xỉ (Kg) | Đá (kg) | Nước (lít) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| A0 | 0 | 350 | 760 | 0 | 1120 | 240 |
| A1 | 25 | 350 | 570 | 190 | 1120 | 240 |
| A2 | 50 | 350 | 380 | 380 | 1120 | 240 |
| A3 | 75 | 350 | 190 | 570 | 1120 | 240 |
| A4 | 100 | 350 | 0 | 760 | 1120 | 240 |

Hỗn hợp bê tông được xác định độ sụt theo TCVN 3106-1993. Cường độ nén và cường độ kéo khi bửa được xác định theo TCVN 3118-2022 và 3120-2022. Xác định sự đồng nhất của vật liệu theo phương pháp vận tốc xung siêu âm theo TCVN 13537:2022.

## 3. Kết quả thực nghiệm và đánh giá

### *3.1. Ảnh hưởng của hàm lượng xỉ thay thế đến độ linh động và cường độ nén bê tông*

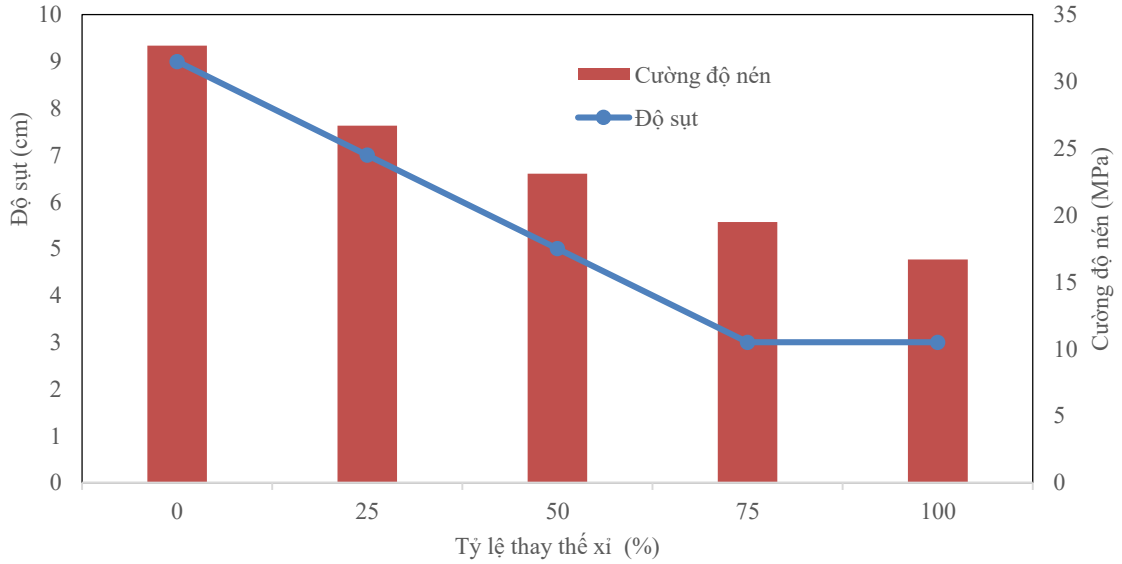
Kết quả Hình 4 cho thấy bê tông sử dụng hàm lượng xỉ đáy thay thế cát với tỷ lệ 25% có độ sụt đạt 7 cm, giảm so với hỗn hợp bê tông thiết kế. Khi cấp phối sử dụng hàm lượng xỉ đáy tăng dần từ 50%, 70% và 100% cho thấy độ sụt cũng có xu hướng giảm dần từ 5 cm xuống còn 3 cm. Khi hỗn hợp bê tông sử dụng hoàn toàn bằng xỉ đáy thay thế cát thì độ sụt đạt 3 cm, giảm hơn 60% so với hỗn hợp bê tông thiết kế.

Ta nhận thấy, xỉ đáy được đem từ nhà máy về có hình dạng khác với cấu trúc hạt của cát, làm thay đổi khả năng làm việc của hỗn hợp bê tông, tác động đến độ dẻo của bê tông, tác độ đến độ dẻo của bê tông, làm giảm độ sụt. Các hạt xỉ đáy có khả năng hút nước chứa trong các lỗ rỗng của bê tông nên cũng tác động đến khả năng làm việc của hỗn hợp bê tông.

Thực nghiệm cho thấy, cường độ nén của bê tông sẽ giảm dần so với hỗn hợp bê tông

thiết kế khi hàm lượng xỉ đáy thay thế cát trong bê tông tăng dần.

Khi cấp phối sử dụng hàm lượng xỉ đáy thay thế cát với tỷ lệ 25% thì cường độ nén của bê tông đạt 26,7 MPa. Khi hỗn hợp bê tông sử dụng hoàn toàn bằng xỉ đáy thay thế cát thì cường độ chịu nén của bê tông giảm khoảng 49% so với hỗn hợp bê tông thiết kế.

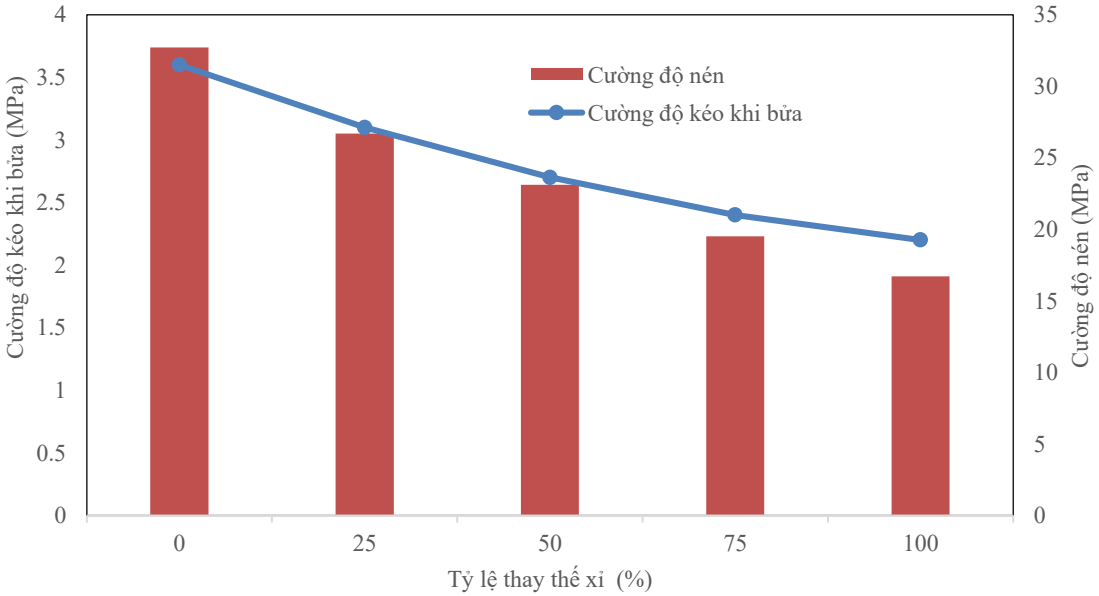



***Hình 4. Mối quan hệ giữa hàm lượng xỉ đáy và độ sụt hỗn hợp và cường độ bê tông***

Do đó, khi thay thế cát bằng xỉ đáy trong hỗn hợp bê tông, hình dạng của xỉ đáy khác so với cấu trúc hạt của cát, làm thay đổi khả năng chịu nén của hỗn hợp bê tông.

Ngoài ra, xỉ đáy được lấy từ nhà máy về có lẫn nhiều thành phần tạp chất không cần thiết trong quá trình hình thành hỗn bê tông, dẫn đến cường độ chịu nén của bê tông sẽ giảm đi so với hỗn hợp bê tông thiết kế.

### *3.2. Ảnh hưởng của hàm lượng xỉ đến cường độ kéo khi bửa và độ đặc chắc của bê tông*




***Hình 5. Mối quan hệ giữa hàm lượng xỉ đáy và cường độ kéo khi bửa của bê tông***

Hình 5 thực nghiệm cho thấy cường độ kéo khi bửa của bê tông cũng sẽ giảm dần giống như cường độ nén của bê tông khi hàm lượng xỉ đáy thay thế cát trong bê tông tăng dần.

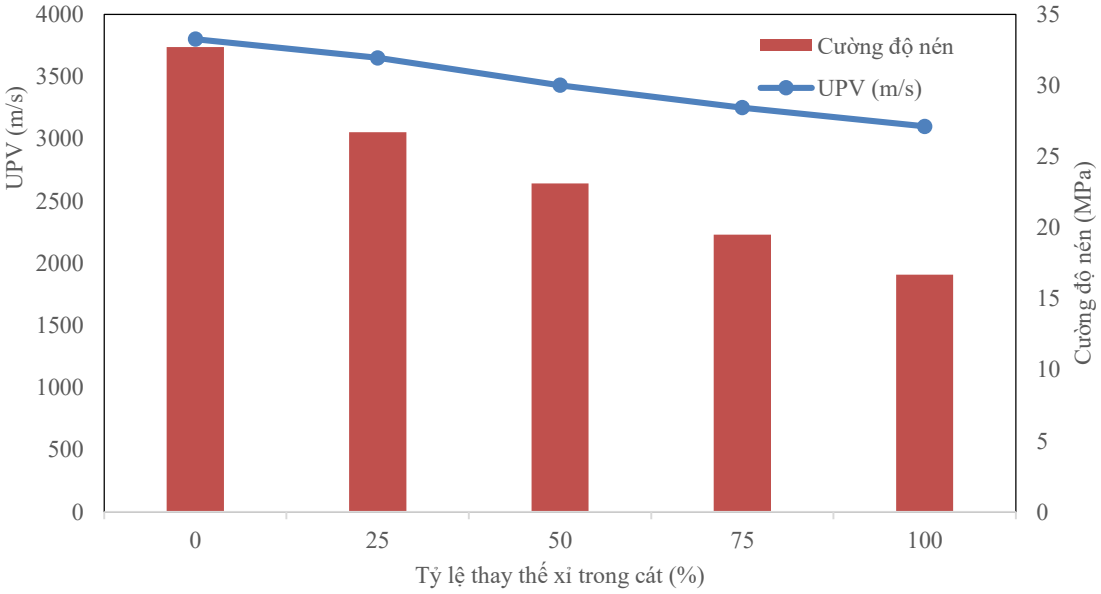
Khi cấp phối sử dụng hàm lượng xỉ đáy thay thế cát với tỷ lệ 25% thì cường độ kéo khi bửa của bê tông đạt 3,1 MPa. Khi cấp phối sử dụng hàm lượng xỉ đáy tăng dần từ 50%, 70% và 100% cho thấy cường độ chịu

nén của bê tông cũng có xu hướng giảm dần từ 2,7 Mpa và 2,4 MPa xuống còn 2,2 MPa.

Khi hỗn hợp bê tông sử dụng hoàn toàn bằng xỉ đáy thay thế cát thì cường độ chịu nén của bê tông giảm khoảng 39% so với hỗn hợp bê tông thiết kế.

Hình 6 cho thấy bê tông sử dụng hàm lượng xỉ đáy thay thế cát với tỷ lệ 25% có vận tốc xung siêu âm đạt 3650 m/s, giảm so với hỗn hợp bê tông thiết kế.

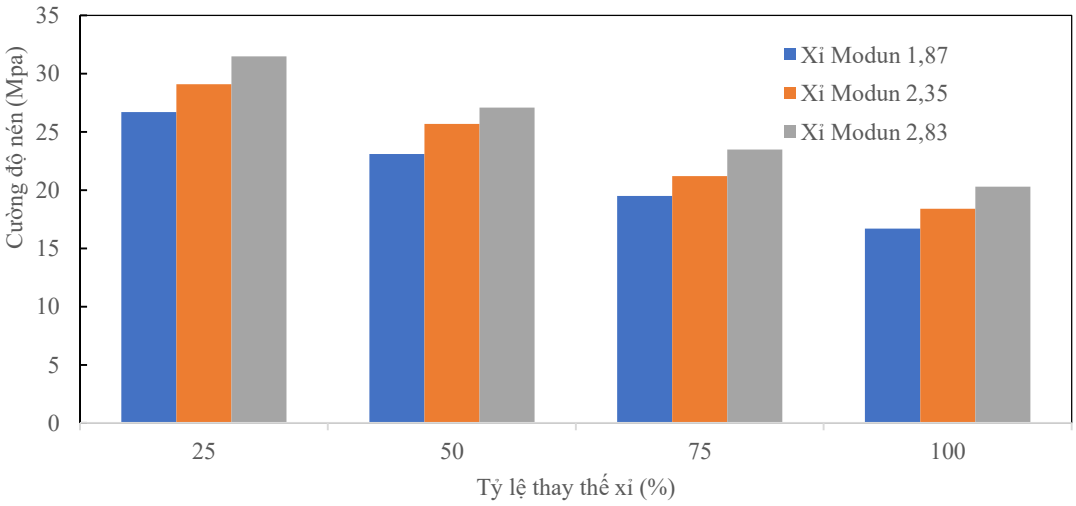
Khi cấp phối sử dụng hàm lượng xỉ đáy tăng từ 50%, 70% và 100% cho thấy vận tốc xung siêu âm cũng có xu hướng giảm dần từ 3430 m/s, 3250 m/s và 3100 m/s.




***Hình 6. Mối quan hệ giữa hàm lượng xỉ đáy và vận tốc xung siêu âm của bê tông***

Do đó, xỉ đáy được đem từ nhà máy về có hình dạng khác với cấu trúc hạt của cát, làm thay đổi khả năng làm việc của hỗn hợp bê tông, tác động đến độ đặc chắc của bê tông, làm cho bê tông có nhiều lỗ rộng hơn so với hỗn hợp bê tông thiết kế, từ đó làm giảm khả năng làm việc, làm giảm cường độ của bê tông khi thay thế cát bằng xỉ đáy.

### *3.3. Ảnh hưởng năng lượng microwave khác nhau đến quá trình hoạt hóa*




***Hình 7. Mối quan hệ giữa hàm lượng và thành phần xỉ đến cường độ nén bê tông***

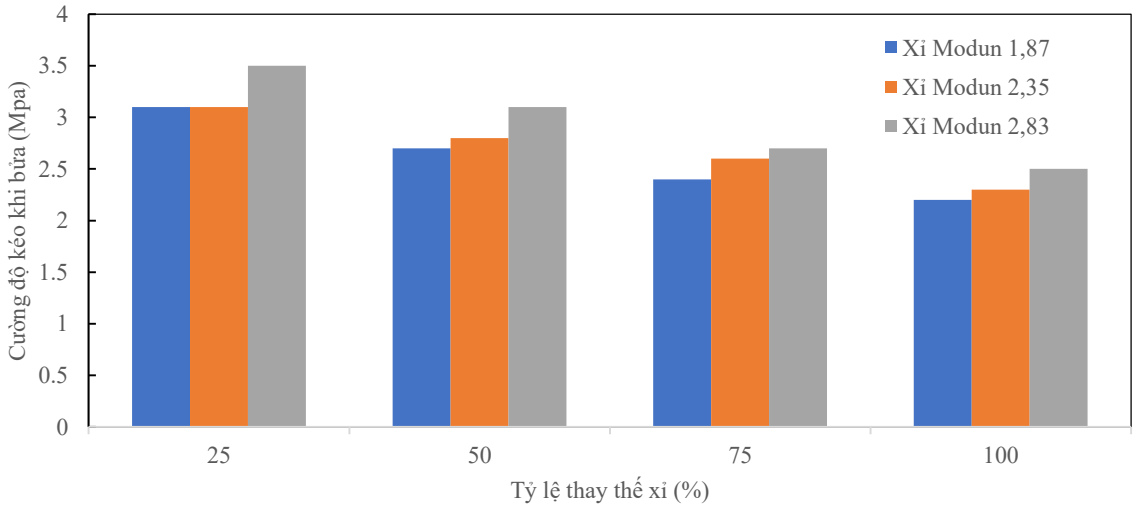
Trên Hình 7 cho thấy khi hàm lượng xỉ than thay thế cát với tỷ lệ 25%, đối với mô đun của xỉ là 1,87 thì cường độ chịu nén của bê tông đạt 26,7 MPa, đối với mô đun của xỉ

là 2,35 thì cường độ chịu nén của bê tông đạt 29,1 MPa và đối với mô đun của xỉ là 2,83 thì cường độ chịu nén của bê tông đạt 31,5 MPa.

Khi hàm lượng xỉ than thay thế cát với tỷ lệ 50%, đối với mô đun của xỉ là 1,87 thì cường độ chịu nén của bê tông đạt 23,1 MPa, đối với mô đun của xỉ là 2,35 thì cường độ chịu nén của bê tông đạt 25,7 MPa và đối với mô đun của xỉ là 2,83 thì cường độ chịu nén của bê tông đạt 27,1 MPa.

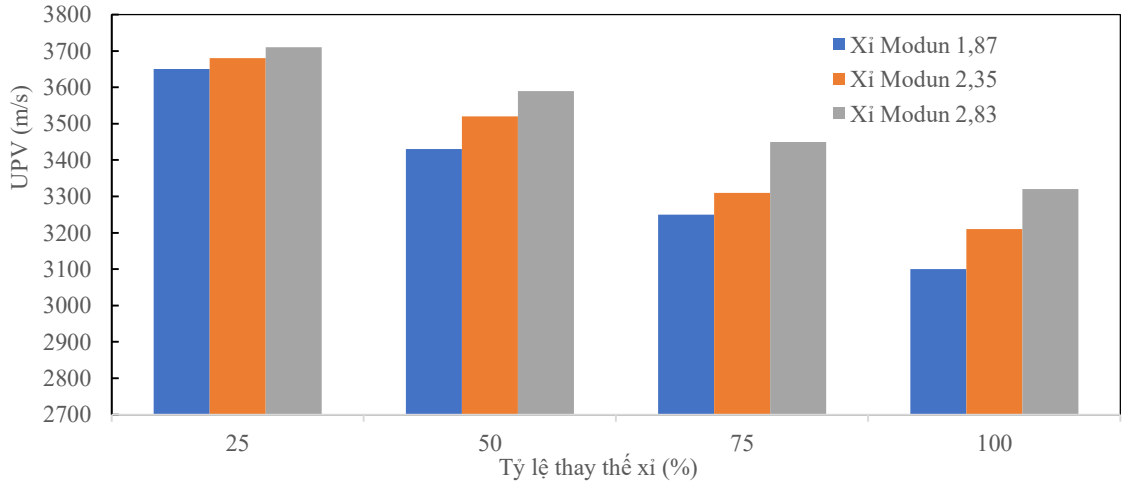
Khi hàm lượng xỉ than thay thế cát hoàn toàn với tỷ lệ 100%, đối với mô đun của xỉ là 1,87 thì cường độ chịu nén của bê tông đạt 16,7 MPa, đối với mô đun của xỉ là 2,35 thì cường độ chịu nén của bê tông đạt 18,4 MPa và đối với mô đun của xỉ là 2,83 thì cường độ chịu nén của bê tông đạt 20,3 MPa.

Hình 8 cho thấy khi hàm lượng xỉ than thay thế cát với tỷ lệ 25%, đối với mô đun của xỉ là 1,87 thì cường độ kéo khi bửa của bê tông đạt 3,1 MPa, đối với mô đun của xỉ là 2,35 thì cường độ của bê tông đạt 3,1 MPa và đối với mô đun của xỉ là 2,83 thì cường độ của bê tông đạt 3,5 MPa.




***Hình 8. Mối quan hệ giữa hàm lượng và thành phần xỉ đến cường độ kéo khi bửa bê tông***

Từ Hình 8 khi hàm lượng xỉ than thay thế cát hoàn toàn với tỷ lệ 100%, đối với mô đun của xỉ là 1,87 thì cường độ kéo khi bửa của bê tông đạt 2,2 MPa, đối với mô đun của xỉ là 2,35 thì cường độ kéo khi bửa của bê tông đạt 2,3 MPa và đối với mô đun của xỉ là 2,83 thì cường độ kéo khi bửa của bê tông đạt 2,5 MPa. Ta nhận thấy cường độ kéo khi bửa của bê tông sẽ giảm đi khoảng 29% tương ứng với mô đun của xỉ là 1,87 giảm 25% tương ứng với mô đun của xỉ là 2,35 và giảm 28% tương ứng với mô đun của xỉ là 2,87.




***Hình 9. Mối quan hệ giữa hàm lượng và thành phần xỉ đến vận tốc xung siêu âm của bê tông***

Khi hàm lượng xỉ than thay thế cát với tỷ lệ 25%, đối với mô đun của xỉ là 1,87 thì vận tốc xung siêu âm của bê tông đạt 3650 m/s và đối với mô đun của xỉ là 2,83 thì vận tốc xung siêu âm của bê tông đạt 3700 m/s.

Ta nhận thấy vận tốc xung siêu âm của bê tông sẽ giảm đi khoảng 15% tương ứng với mô đun của xỉ là 1,87 giảm 13% tương ứng với mô đun của xỉ là 2,35 và giảm 11% tương ứng với mô đun của xỉ là 2,87 (Hình 9).

## 4. Kết luận

Nghiên cứu sử dụng xỉ nhiệt điện dùng làm cốt liệu trong bê tông với tỷ lệ và thành phần khác nhau đạt được các kết quả như sau:

- Thành phần xỉ có mô đun độ lớn 1,87 dùng thay thế cát trong bê tông tăng từ 25 đến 100% cho thấy khả năng làm việc của hỗn hợp bê tông bị thay đổi, độ sụt có xu hướng giảm rất nhiều. Độ sụt của hỗn hợp bê tông giảm đến hơn 60% khi dùng hoàn toàn thành phần hạt xỉ. Cường độ nén, cường độ kéo khi bửa của bê tông sau 28 ngày có xu hướng giảm dần theo hàm lượng xỉ thay thế. Cường độ nén và cường độ kéo khi bửa giảm đến 50% so với cấp độ bền thiết kế khi thay thế hoàn toàn xỉ trong thành phần cát của bê tông.

- Thành phần hạt xỉ có mô đun độ lớn khác nhau 1,87; 2,35 và 2,83 lần lượt được dùng thay thế cho cát trong cấp phối bê tông. Thực nghiệm cho thấy độ sụt của bê tông cũng giữ nguyên xu hướng giảm dần khi tăng dần hàm lượng xỉ thay thế. Xỉ có mô đun thành phần hạt càng nhỏ thì độ sụt có xu hướng càng giảm nhanh.

- Cường độ bê tông khi dùng hạt xỉ có mô đun độ lớn khác nhau có sự thay đổi. Cường độ nén đạt 18 MPa và 20 MPa tương ứng với thành phần cát thay thế hoàn toàn bằng hạt xỉ có mô đun độ lớn 2,35 và 2,83, giảm 35 - 40% so với cấp độ bền thiết kế.

Giá trị cường độ kéo khi bửa đạt được 2,3 - 2,5 MPa tương ứng với thành phần hạt xỉ 2,35 và 2,83 dùng thay thế hoàn toàn cát trong bê tông. Giá trị xung siêu âm cũng cho thấy vận tốc truyền sóng có xu hướng gia tăng khoảng 15 - 20% khi dùng hạt xỉ có mô đun độ lớn tăng dần 2,35 và 2,83.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO


[1] Chính Phủ (2023). *Quyết định số 500/QĐ-TTg ngày 15/5/2023 về phê duyệt Quy hoạch phát triển điện lực quốc gia thời kỳ 2021 - 2030 tầm nhìn đến năm 2050.*

[2] Nguyễn Hoàng Nam và Nguyễn Trọng Hạnh (2019). Thực hiện kinh tế tuần hoàn: Kinh nghiệm quốc tế và gợi ý cho chính sách Việt Nam, *VNU Journal of Science: Economics and Business*, Vol. 35, No. 4, 68-81, 2019.

[3] World of Coal Ash (2013), *World of Coal Ash Conference in Kentucky.*

[4] H. Kim & H.-K. Lee (2015), Coal bottom ash in field of civil engineering: A review of advanced applications and environmental considerations, *KSCE J. Civ. Eng.*, Vol. 19, pp. 1802-1818.

[5] K. Muthusamy, M.H. Rasid, G.A. Jokhio, A.M.A. Budiea, M.W. Hussin, J. Mirza (2021), Coal bottom ash as sand replacement in concrete: a review, *Constr. Build. Mater.*, Vol. 236, Article 117507.

[6] H. Zhou, R. Bhattarai, Y. Li, B. Si, X. Dong, T. Wang, et al. (2022), Towards sustainable coal industry: turning coal bottom ash into wealth, *Sci. Total Environ.*, Vol. 804, Article 149985.


**Ngày nhận bài: 31/1/2024**
**Ngày phản biện: 29/8/2024**
**Ngày duyệt đăng: 25/9/2024**