

# Nghiên cứu xử lý vật chất nạo vét làm vật liệu san lấp công trình

Dương Thanh Qui <sup>1\*</sup>, Phạm Hữu Thiên <sup>1</sup>, Tạ Văn Luân <sup>1</sup>, Lê Văn Tiến <sup>1</sup>, Lương Đức Long <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Viện Vật liệu xây dựng

<sup>2</sup> Hiệp hội Xi măng Việt Nam

## TỪ KHOÁ

Bùn thải  
Nạo vét  
San lấp  
Tái chế  
Xây dựng

## TÓM TẮT

Bùn thải nạo vét thường có độ ẩm lớn, tính chảy dẻo cao và độ trương nở đáng kể. Điều này dẫn đến khó khăn trong thi công và đảm bảo sự ổn định khi san lấp mặt bằng. Để cải thiện các tính chất cơ lý và ổn định thể tích, các phụ gia đóng rắn như xi măng thường được sử dụng. Xi măng hoạt động như chất kết dính, tạo ra các phản ứng hóa học với nước và khoáng chất trong bùn, giúp giảm tính dẻo và tăng độ cứng. Ngoài ra, việc kết hợp xi măng với các phụ gia khác như tro bay hoặc xỉ lò cao có thể nâng cao hiệu quả đóng rắn và giảm chi phí. Phương pháp này không chỉ cải thiện chất lượng vật liệu mà còn góp phần tái sử dụng bùn thải trong các ứng dụng xây dựng bền vững. Trong bài báo này, nhóm tác giả trình bày về phương pháp xử lý bùn thải nạo vét bằng cách kết hợp xi măng và xỉ thép, với mục tiêu tạo ra vật liệu ổn định phục vụ xây dựng san công trình. Khi sử dụng tổ hợp bao gồm 2% xi măng và từ 10% xỉ thép (tính theo tỷ lệ khối lượng so với vật liệu nạo vét ban đầu), các tính chất cơ lý của hỗn hợp sẽ đáp ứng đầy đủ các yêu cầu kỹ thuật cần thiết, cho phép sử dụng hiệu quả các loại bùn nạo vét này làm vật liệu san lấp trong các công trình xây dựng.

## KEYWORDS

Dredged sediment  
Dredging  
Backfilling  
Recycling  
Construction

## ABSTRACT

Dredged sediment typically exhibits high moisture content, plasticity, and significant swelling potential, posing challenges in construction and compromising stability during land leveling and backfilling. To enhance its physico-mechanical properties and volumetric stability, solidification additives such as cement are widely employed. Cement acts as a binding agent, initiating chemical reactions with water and minerals in the sludge, thereby reducing plasticity and increasing rigidity. Furthermore, the incorporation of supplementary additives (e.g., fly ash or blast furnace slag) with cement enhances the solidification efficiency of dredged sediment and reduces material costs. This approach not only enhances material quality but also promotes the reuse of dredged sludge in sustainable construction applications. In this study, a treatment method combining cement and steel slag is proposed to stabilize dredged sediment for construction projects. When incorporating 2% cement and 10% steel slag (by weight of the original sediment), the composite's mechanical properties fully comply with technical specifications, demonstrating its viability as backfill material in construction.

## 1. Giới thiệu

Nạo vét duy tu cảng biển và đường thủy là hoạt động thiết yếu nhằm đảm bảo an toàn hàng hải và duy trì khả năng vận tải thủy. Tuy nhiên, hoạt động này tạo ra một lượng lớn bùn thải, ước tính khoảng 600 triệu m<sup>3</sup> mỗi năm trên toàn cầu [1]. Việc quản lý và xử lý lượng bùn thải này đặt ra nhiều thách thức về môi trường, kinh tế và kỹ thuật, đòi hỏi các giải pháp bền vững để giảm thiểu tác động tiêu cực đến hệ sinh thái và tận dụng nguồn tài nguyên này một cách hiệu quả.

Trên thế giới, bùn nạo vét đã được nghiên cứu và ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực. Tại châu Âu, đặc biệt là Hà Lan và Đức, bùn sau khi xử lý nhiệt được sử dụng làm nguyên liệu thay thế trong sản xuất gạch và bê tông, góp phần giảm khai thác tài nguyên thiên nhiên [2]. Ở Trung Quốc và Ấn Độ, bùn nạo vét giàu chất hữu cơ được tận

dụng để cải tạo đất nông nghiệp và phục hồi các khu vực khai thác khoáng sản [3]. Tại Mỹ, bùn được sử dụng để phục hồi các vùng đất ngập nước ven biển, chống xói mòn và tái tạo hệ sinh thái [4]. Bên cạnh đó, một số quốc gia như Singapore và Nhật Bản đã sử dụng bùn kết hợp với cát biển để xây dựng các đảo nhân tạo, tạo nền móng ổn định cho các công trình ven biển [5]. Ngoài ra, các nghiên cứu tại Đan Mạch và Thụy Điển còn khai thác tiềm năng năng lượng sinh học từ bùn thông qua quá trình phân hủy kỵ khí, mở ra hướng ứng dụng mới trong lĩnh vực năng lượng tái tạo [6].

Để xử lý bùn nạo vét, nhiều phương pháp đã được áp dụng tùy thuộc vào thành phần và tính chất của bùn. Các phương pháp cơ học như ép lọc và phơi khô giúp giảm thể tích bùn, giảm chi phí vận chuyển và xử lý [9]. Trong khi đó, các phương pháp hóa học như keo tụ, kết tủa và điều chỉnh pH được sử dụng để loại bỏ kim loại nặng và ổn định

\*Liên hệ tác giả: quiduongthanh@gmail.com

Nhận ngày 04/03/2025, sửa xong ngày 10/04/2025, chấp nhận đăng ngày 11/04/2025

Link DOI: <https://doi.org/10.54772/jomc.02.2025.897>

bùn [10]. Đối với bùn giàu chất hữu cơ, phương pháp sinh học như ủ compost hoặc phân hủy kỵ khí được ưu tiên do tính thân thiện với môi trường [11, 12]. Đặc biệt, xử lý nhiệt bùn để sản xuất vật liệu xây dựng, như gạch và xi măng, đang được đánh giá cao nhờ khả năng tái chế triệt để và giảm thiểu chất thải [13,14].

Việt Nam sở hữu mạng lưới sông ngòi dày đặc với khoảng 2.360 con sông, trong đó có 200 tuyến đường thủy trọng điểm. Do hoạt động giao thông đường thủy diễn ra liên tục và đa dạng, lượng bùn cặn nạo vét hàng năm ở nước ta luôn ở mức cao [16]. Tuy nhiên, việc tái chế và tận dụng bùn nạo vét vẫn còn hạn chế, chủ yếu tập trung vào bùn thải đô thị và nước thải. Một số nghiên cứu đã chỉ ra khả năng sử dụng bùn thải để sản xuất gạch xây dựng hoặc san lấp mặt bằng với tỷ lệ phối trộn phù hợp [17,18]. Tuy nhiên, các nghiên cứu này chưa đề cập sâu đến nguồn bùn nạo vét từ cửa sông và cảng biển, vốn có thành phần và tính chất khác biệt so với bùn thải đô thị [19].

Trong bối cảnh đó, nghiên cứu này tập trung vào việc đánh giá khả năng tái sử dụng bùn nạo vét từ các cảng biển tại Bà Rịa - Vũng

Tàu làm vật liệu san lấp, bằng cách sử dụng các loại vật liệu gia cố [20] và ổn định vật liệu như xi măng và các nguồn phế thải công nghiệp như xỉ thép... Kết quả nghiên cứu không chỉ góp phần giải quyết bài toán quản lý bùn thải bền vững mà còn mở ra hướng ứng dụng mới, giảm khai thác tài nguyên thiên nhiên và bảo vệ môi trường.

## 2. Vật liệu sử dụng và phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Vật liệu sử dụng

Vật chất nạo vét sử dụng cho nghiên cứu là mẫu đại diện, được lấy từ dự án nạo vét bùn tại bến cảng Possco - công ty Possco SS Vina – Bà Rịa Vũng Tàu. Tính chất cơ lý và thành phần hóa học của bùn được trình bày trong Bảng 1 và 2.

Xi măng được sử dụng là xi măng PCB40 Cẩm Phả, để ổn định và đóng rắn bùn thải nạo vét. Tính chất của xi măng được nhóm trình bày trong các Bảng 3.

**Bảng 1.** Tính chất cơ lý của bùn thải nạo vét.

| STT | Chỉ tiêu                | Đơn vị            | Kết quả |
|-----|-------------------------|-------------------|---------|
| 1   | Độ ẩm                   | %                 | 47      |
| 2   | Khối lượng thể tích xốp | Kg/m <sup>3</sup> | 870     |
| 3   | Giới hạn chảy           | %                 | 32,1    |
| 4   | Giới hạn dẻo            | %                 | 20,6    |
| 5   | Trị số xuyên CBR        |                   |         |
|     | Độ chặt K90             | %                 | 4,2     |
|     | Độ chặt K95             | %                 | 6,3     |
|     | Độ chặt K98             | %                 | 7,4     |
| 6   | Độ trương nở            |                   |         |
|     | Độ chặt K90             | %                 | 6,01    |
|     | Độ chặt K95             | %                 | 4,25    |
|     | Độ chặt K98             | %                 | 3,49    |

**Bảng 2.** Thành phần hóa học của bùn thải nạo vét.

| Thành phần | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaO  | MgO  | K <sub>2</sub> O | Na <sub>2</sub> O | SO <sub>3</sub> | MKN  |
|------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|------|------------------|-------------------|-----------------|------|
| %          | 63,99            | 15,47                          | 5,14                           | 2,04 | 1,19 | 1,84             | 0,93              | 0,64            | 3,17 |

**Bảng 3.** Tính chất cơ lý của xi măng PCB40 Cẩm Phả.

| STT | Tên chỉ tiêu                        | Kết quả thí nghiệm | Yêu cầu theo TCVN 6260:2020 |
|-----|-------------------------------------|--------------------|-----------------------------|
| 1   | Cường độ chịu nén (MPa)             |                    |                             |
|     | - 3 ngày                            | 30,6               | ≥ 18                        |
|     | - 28 ngày                           | 47,2               | ≥ 40                        |
| 2   | Thời gian đông kết (phút)           |                    |                             |
|     | - Bắt đầu                           | 165                | ≥ 45                        |
|     | - Kết thúc                          | 205                | ≤ 420                       |
| 3   | Độ mịn                              |                    |                             |
|     | - Phần còn lại trên sàng 0.045 mm   | 3,7                |                             |
|     | - Bề mặt riêng (cm <sup>2</sup> /g) | 3,820              | ≥ 3,200                     |
| 4   | Độ ổn định thể tích (mm)            | 0,5                | ≤ 10                        |

**Bảng 4.** Thành phần hóa của xi măng PCB40 Cẩm Phả.

| Chỉ tiêu                       | Đơn vị | Kết quả thí nghiệm |
|--------------------------------|--------|--------------------|
| MKN                            |        | 2,6                |
| SiO <sub>2</sub>               | %      | 20,24              |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | %      | 3,18               |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | %      | 5,21               |
| CaO                            | %      | 61,3               |
| MgO                            | %      | 1,68               |
| SO <sub>3</sub>                | %      | 0,7                |
| K <sub>2</sub> O               | %      | 0,67               |
| Na <sub>2</sub> O              | %      | 0,24               |
| TiO <sub>2</sub>               | %      | 0,11               |

Xi thép được sử dụng để ổn định vật chất nạo vét, cải thiện thành phần hạt, thay thế một phần xi măng và bùn thải nạo vét. Tính chất cơ lý, thành phần hạt và thành phần hóa của xi thép được trình bày trong Bảng 5, 6 dưới đây.

**Bảng 5.** Tính chất cơ lý và thành phần hạt của xi thép.

| STT | Chỉ tiêu                         | Đơn vị            | Kết quả                           |
|-----|----------------------------------|-------------------|-----------------------------------|
| 1   | Khối lượng riêng                 | g/cm <sup>3</sup> | 3,13                              |
| 2   | Khối lượng thể tích khô          | g/cm <sup>3</sup> | 3,00                              |
| 3   | Khối lượng thể tích bão hòa nước | g/cm <sup>3</sup> | 3,04                              |
| 4   | Khối lượng thể tích xốp          | kg/m <sup>3</sup> | 1830                              |
| 5   | Độ hút nước                      | %                 | 1,38                              |
| 6   | Hao mòn Los Angeles              | %                 | 12,67                             |
| 7   | Thành phần hạt                   | %                 |                                   |
|     | Cỡ sàng (mm)                     |                   | Lượng sót tích lũy (% khối lượng) |
|     | 40                               | %                 | 0                                 |
|     | 20                               | %                 | 7,5                               |
|     | 10                               | %                 | 59,6                              |
|     | 5                                | %                 | 90,3                              |
|     | 2,5                              | %                 | 91,4                              |
|     | 1,25                             | %                 | 93,7                              |
|     | 0,63                             | %                 | 95,6                              |
|     | 0,315                            | %                 | 96,2                              |
|     | 0,14                             | %                 | 98,3                              |

**Bảng 6.** Thành phần hóa của xi thép.

| STT | Chỉ tiêu phân tích             | Đơn vị | Kết quả |
|-----|--------------------------------|--------|---------|
| 1   | MKN                            |        | 0,54    |
| 2   | SiO <sub>2</sub>               | %      | 27,12   |
| 3   | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | %      | 19,74   |
| 4   | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | %      | 6,85    |
| 5   | CaO                            | %      | 15,97   |
| 6   | MgO                            | %      | 1,87    |

| STT | Chỉ tiêu phân tích            | Đơn vị | Kết quả |
|-----|-------------------------------|--------|---------|
| 7   | S <sup>2-</sup>               | %      | 0,94    |
| 8   | K <sub>2</sub> O              | %      | 0,05    |
| 9   | Na <sub>2</sub> O             | %      | 0,14    |
| 10  | TiO <sub>2</sub>              | %      | 18,64   |
| 11  | MnO                           | %      | 3,36    |
| 12  | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | %      | 0,11    |
| 14  | S tổng                        | %      | 0,12    |
| 15  | CaO <sub>f</sub>              | %      | 0,314   |
| 16  | MgO <sub>f</sub>              | %      | 0,0009  |
| 17  | pH                            |        | 9,68    |

## 2.2. Cấp phối thí nghiệm

Cấp phối thí nghiệm nghiên cứu sự ảnh hưởng của xi măng và xi thép đến tính chất của vật chất nạo vét được trình bày trong Bảng 7 và 8.

**Bảng 7.** Cấp phối khảo sát hàm lượng xi măng tối ưu.

| STT | Ký hiệu CP | Xi măng (%) | Vật chất nạo vét (%) |
|-----|------------|-------------|----------------------|
| 1   | 98B2XM     | 2           | 98                   |
| 2   | 96B4XM     | 4           | 96                   |
| 3   | 94B6XM     | 6           | 94                   |
| 4   | 92B8XM     | 8           | 92                   |
| 5   | 90B10XM    | 10          | 90                   |

**Bảng 8.** Cấp phối sử dụng tổ hợp xi măng và xi thép.

| STT | Ký hiệu CP | Vật chất nạo vét (%) | Xi măng (%) | Xi thép (%) |
|-----|------------|----------------------|-------------|-------------|
| 1   | 10SSA      | 88                   | 2           | 10          |
| 2   | 20SSA      | 78                   | 2           | 20          |
| 3   | 30SSA      | 68                   | 2           | 30          |
| 4   | 40SSA      | 58                   | 2           | 40          |
| 5   | 50SSA      | 48                   | 2           | 50          |

## 2.3. Phương pháp nghiên cứu

Để đánh giá tính chất cơ lý và môi trường của các cấp phối gia cố, nhóm đề tài sử dụng các phương pháp thí nghiệm như sau:

TCVN 7572-6:2006 Cốt liệu cho bê tông và vữa - Phương pháp thử - Phần 6: Xác định khối lượng thể tích xốp và độ hồng.

TCVN 8862:2011 Quy trình thí nghiệm xác định cường độ kéo khi ép chèn của vật liệu hạt liên kết bằng các chất kết dính.

TCVN 8723:2012 Xác định hệ số thấm của đất xây công trình thủy lợi

TCVN 8821:2011 về Phương pháp xác định chỉ số CBR của nền đất và các lớp móng đường bằng vật liệu rời tại hiện trường

ASTMD1633 Standard Test Methods for Compressive Strength of Molded Soil-Cement Cylinders. (Tiêu chuẩn thí nghiệm xác định cường độ nén của mẫu xi măng đất hình trụ).

ASTM D3987 Standard Practice for Shake Extraction of Solid Waste with Water

ASTM C1308 Standard Test Method for Accelerated Leach Test for Measuring Contaminant Releases From Solidified Waste

### 3. Kết quả và thảo luận

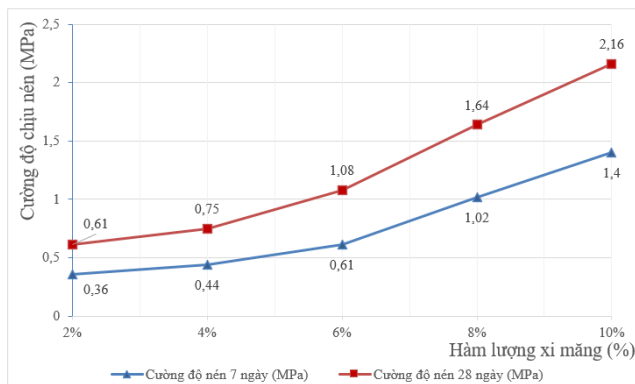
#### 3.1. Nghiên cứu ảnh hưởng của xi măng đến một số tính chất của bùn thải nạo vét

Hàm lượng xi măng được lựa chọn cho việc thiết kế cấp phối là từ 0 đến 10 % khối lượng của đất bùn thải nạo vét, việc lựa chọn này dựa trên các kiến nghị đối với đất yếu đề xuất của Công binh Hoa Kỳ [21], kiến nghị chọn hàm lượng xi măng lớn nhất là 11 % so với khối lượng đất khô.

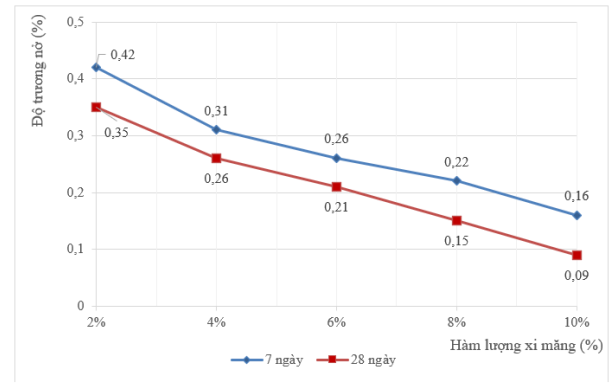
Có thể thấy rằng, cường độ nén của mẫu thí nghiệm sau 7 ngày (Hình 1) tăng dần từ 0,36 MPa (với 2 % xi măng) lên 1,4 MPa (với 10 % xi măng). Điều này cho thấy khả năng xi măng làm gia tăng độ cứng và chịu nén của vật liệu theo thời gian ngắn. Cường độ nén sau 28 ngày (Hình 2) cho thấy sự cải thiện rõ rệt, với cường độ nén tăng từ 0,61 MPa (với 2 % xi măng) lên 2,16 MPa (với 10 % xi măng). Điều này khẳng định rằng thời gian và tỷ lệ xi măng cao giúp tăng độ bền cơ học của hỗn hợp.

Bên cạnh đó, độ trương nở của các cấp phối vật chất nạo vét giảm dần khi tăng tỷ lệ xi măng. Sau 7 ngày, độ trương nở giảm từ 0,42 % (với 2 % xi măng) xuống 0,16 % (với 10 % xi măng). Sau 28 ngày, độ trương nở tiếp tục giảm từ 0,35 % xuống còn 0,09 %. Việc giảm độ trương nở chứng minh rằng xi măng có khả năng làm giảm sự thay đổi thể tích của bùn, giúp cải thiện tính ổn định của nền đất.

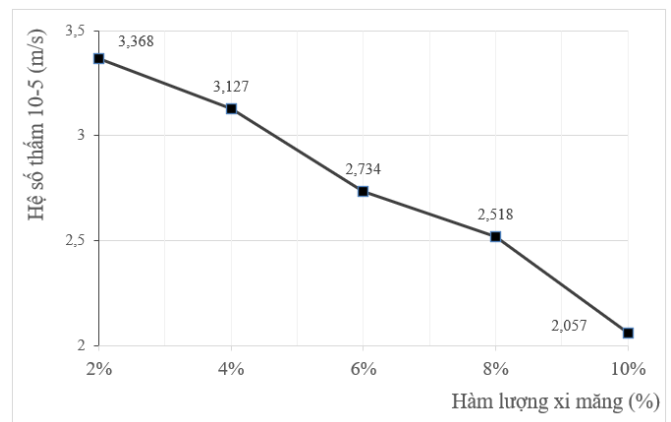
Kết quả nghiên cứu (Hình 3) cho thấy, hệ số thấm có xu hướng giảm dần và tỷ lệ nghịch với hàm lượng xi măng sử dụng, khi sử dụng 2 % xi măng gia cố, hệ số thấm sẽ giảm từ  $3,368 \times 10^{-5}$  m/s xuống còn  $2,057 \times 10^{-5}$  m/s so với 10 % xi măng. Điều này cho thấy xi măng giúp giảm độ thấm nước, làm cho bùn ổn định hơn trong môi trường ẩm.



Hình 1. Cường độ chịu nén theo hàm lượng xi măng với cấp phối bùn và xi măng.

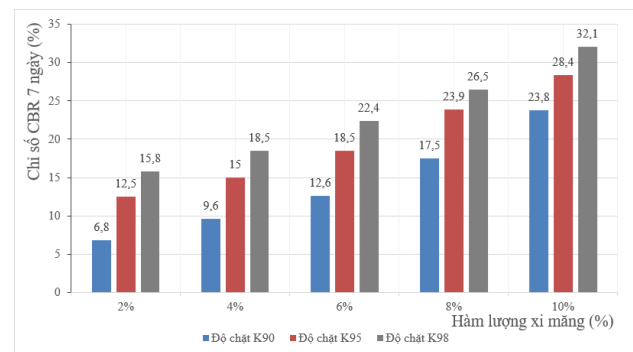


Hình 2. Độ trương nở theo hàm lượng xi măng với cấp phối bùn và xi măng.



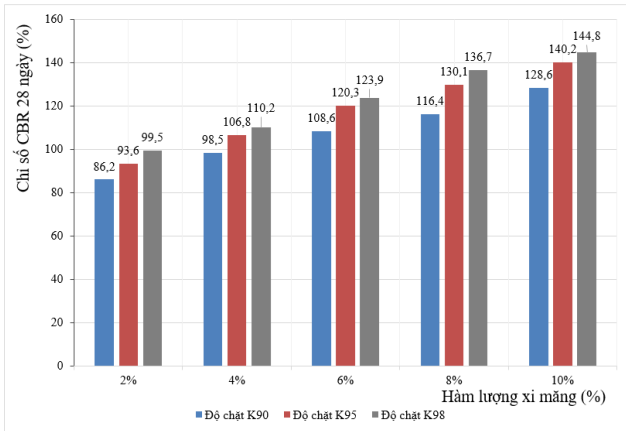
Hình 3. Hệ số thấm  $10^{-5}$  theo hàm lượng xi măng với cấp phối bùn và xi măng.

Chỉ số CBR sau 7 ngày cho thấy xu hướng tăng tuyến tính theo tỷ lệ xi măng bổ sung. Cụ thể, khi hàm lượng xi măng tăng từ 2 % lên 10 %, giá trị CBR (tương ứng độ chặt K90) tăng đột biến từ 6,8 % lên 23,8 % (Hình 4). Sự gia tăng này phản ánh khả năng cải thiện đáng kể khả năng chịu tải của vật liệu bùn nạo vét khi tăng tỷ lệ chất kết dính. Xu hướng tương tự cũng được ghi nhận ở các mẫu có độ chặt K95 và K98, khẳng định tính đồng nhất của hiệu ứng gia cố bằng xi măng.



Hình 4. Chỉ số CBR 7 ngày theo hàm lượng xi măng với cấp phối bùn và xi măng.

Ở giai đoạn đường hộ 28 ngày, chỉ số CBR (K90) tiếp tục thể hiện sự tăng trưởng vượt trội, đạt từ 86,2 % đến 128,6 % (Hình 5). Kết quả này chứng minh rằng thời gian đường kéo dài thúc đẩy quá trình thủy hóa xi măng, dẫn đến sự phát triển ổn định của cấu trúc liên kết bên trong vật liệu, đặc biệt ở các mẫu có tỷ lệ xi măng cao. Tương tự, mẫu có độ chặt K95 và K98 cũng tuân theo quy luật này, cho thấy sự phù hợp của giải pháp gia cố xi măng trong các điều kiện nén chặt khác nhau.



**Hình 5.** Chỉ số CBR 28 ngày theo hàm lượng xi măng với cấp phối bùn và xi măng.

Từ các phân tích trên có thể thấy rằng, khi sử dụng hàm lượng xi măng từ 4 % trở lên, các kết quả thí nghiệm đều đáp ứng được các yêu cầu kỹ thuật làm nền và móng đường theo các tiêu chuẩn TCVN 9436 và TCVN 10379.

### 3.2. Nghiên cứu ảnh hưởng của xi thép đến tính chất cơ lý của bùn thải nạo vét

Để giảm thiểu lượng dùng xi măng cũng như nghiên cứu khả năng ứng dụng của xi thép để gia cố vật chất nạo vét phục vụ san lấp công trình, nhóm tác giả đã tiến hành nghiên cứu đánh giá với các cấp phối thí nghiệm được trình bày trong Bảng 8.

Kết quả thí nghiệm ảnh hưởng của phụ gia đến giá trị cường độ chịu nén (Bảng 9) cho thấy rằng, khi tăng hàm lượng phụ gia sử dụng, cường độ nén của các cấp phối gia cố có xu hướng được cải thiện rõ ràng. Cụ thể, khi so sánh với mẫu đối chứng chỉ sử dụng 2 % xi măng, khi bổ sung hàm lượng phụ gia sử dụng cường độ nén có xu hướng tăng từ (32 – 186) % ở tuổi 7 ngày và tăng từ (24 – 172) % ở tuổi 28 ngày tùy theo loại và hàm lượng phụ gia sử dụng.

Khi so sánh với yêu cầu kỹ thuật theo TCVN 10379 có thể thấy rằng, ở tỷ lệ phụ gia sử dụng ở mức thấp nhất tất cả các cấp phối đều không đáp ứng được yêu cầu theo tiêu chuẩn này, khi tăng phụ gia sử dụng lên mức 2 % xi măng và 30 % xi thép, cấp phối bùn gia cố đáp ứng được yêu cầu về độ bền cấp III của tiêu chuẩn và có thể ứng dụng trong thi công nền đường giao thông.

**Bảng 9.** Ảnh hưởng của hàm lượng phụ gia sử dụng đến cường độ nén.

| STT | Ký hiệu CP | Cường độ nén (MPa) |         |
|-----|------------|--------------------|---------|
|     |            | 7 ngày             | 28 ngày |
| 1   | 10SSA      | 0,57               | 0,72    |
| 2   | 20SSA      | 0,79               | 0,95    |
| 3   | 30SSA      | 0,86               | 1,15    |
| 4   | 40SSA      | 1,01               | 1,33    |
| 5   | 50SSA      | 1,23               | 1,58    |

**Bảng 10.** Ảnh hưởng của hàm lượng phụ gia đến khối lượng thể tích xếp.

| STT | Ký hiệu CP | Khối lượng thể tích (kg/m <sup>3</sup> ) |
|-----|------------|------------------------------------------|
| 1   | 10SSA      | 1110                                     |
| 2   | 20SSA      | 1275                                     |
| 3   | 30SSA      | 1439                                     |
| 4   | 40SSA      | 1602                                     |
| 5   | 50SSA      | 1770                                     |

Từ kết quả ở Bảng 10 có thể kết luận rằng, khi tăng hàm lượng phụ gia sử dụng khối lượng thể tích xếp của các cấp phối có xu hướng tăng dần với mức chênh lệch dao động trong khoảng từ (150 - 650) Kg/m<sup>3</sup> khi thay thế vật chất nạo vét từ (10 - 50) %.

Khi so sánh với yêu cầu kỹ thuật theo TCVN 10379 có thể thấy rằng, khi sử dụng hàm lượng phụ gia ở mức ở mức 2 % xi măng và 20 % xi thép trở lên tất cả các cấp phối đáp ứng yêu cầu về độ trương nở không quá 3 % và hoàn toàn đáp ứng được yêu cầu làm nền và móng đường giao thông (Bảng 11).

**Bảng 11.** Ảnh hưởng của hàm lượng phụ gia sử dụng đến độ trương nở.

| STT | Ký hiệu CP | Độ trương nở ở 28 ngày (%) |      |      |
|-----|------------|----------------------------|------|------|
|     |            | K90                        | K95  | K98  |
| 1   | 10SSA      | 3,11                       | 3,02 | 2,86 |
| 2   | 20SSA      | 2,88                       | 2,78 | 2,61 |
| 3   | 30SSA      | 2,75                       | 2,45 | 2,32 |
| 4   | 40SSA      | 2,51                       | 2,37 | 2,24 |
| 5   | 50SSA      | 2,37                       | 2,24 | 2,05 |

Kết quả nghiên cứu đánh giá chỉ số CBR ở các điều kiện độ chặt K khác nhau, với các cấp phối 7 và 28 ngày tuổi (Bảng 12), có thể thấy rằng, chỉ số này có sự thay đổi đáng kể, phụ thuộc vào hàm lượng xi thép sử dụng.

Và với yêu cầu kỹ thuật theo TCVN 9436:2012, kết quả của các cấp phối gia cố cho chất lượng tương đối tốt, các giá trị đo được đều cao hơn 8 %, đáp ứng được yêu cầu cao nhất của tiêu chuẩn này quy định cho phạm vi nền cho đường cao tốc, cấp I, cấp II.

**Bảng 12.** Ảnh hưởng của hàm lượng phụ gia sử dụng đến giá trị CBR.

| STT | Ký hiệu CP | Giá trị CBR (%) |      |      |         |      |      |
|-----|------------|-----------------|------|------|---------|------|------|
|     |            | 7 ngày          |      |      | 28 ngày |      |      |
|     |            | K90             | K95  | K98  | K90     | K95  | K98  |
| 1   | 10SSA      | 12,5            | 14,1 | 17,3 | 13,7    | 16,3 | 21,1 |
| 2   | 20SSA      | 13,6            | 15,2 | 18,6 | 16,4    | 19,1 | 22,7 |
| 3   | 30SSA      | 15,3            | 18,1 | 21,3 | 19,8    | 22,5 | 24,4 |
| 4   | 40SSA      | 18,2            | 20,6 | 24,6 | 22,6    | 25,3 | 27,1 |
| 5   | 50SSA      | 22,3            | 24,9 | 27,1 | 24,1    | 26,5 | 29,5 |

#### 4. Kết luận

Hiện nay chưa có tiêu chuẩn về yêu cầu kỹ thuật sử dụng vật chất nạo vét làm vật liệu san lấp, nên việc đánh giá chất lượng các cấp phối gia có thể được thực hiện qua các tiêu chuẩn TCVN 9436:2012 và TCVN 10379:2014.

Khi sử dụng xi măng để gia cố bùn thải nạo vét với hàm lượng từ 4 % trở lên, các cấp phối bùn gia cố đều đáp ứng được các yêu cầu kỹ thuật làm nền và móng đường theo các tiêu chuẩn TCVN 9436:2012 và TCVN 10379:2014;

Hoàn toàn có thể sử dụng xi măng và xi thép để gia cố bùn thải nạo vét làm vật liệu san lấp công trình. Sử dụng 2 % xi măng kết hợp 30 % xi thép giúp cải thiện đáng kể tính ổn định của vật liệu. Phương pháp này không chỉ tận dụng phế thải công nghiệp mà còn giảm chi phí nguyên liệu, đồng thời đảm bảo các tiêu chí về độ trương nở và khả năng chịu tải. các cấp phối này đều đáp ứng được yêu cầu kỹ thuật về làm nền và móng đường giao thông.

#### 5. Lời cảm ơn

Bài báo này công bố một số kết quả nghiên cứu của Đề tài “Nghiên cứu giải pháp sử dụng vật chất nạo vét từ các cửa sông, cảng biển làm vật liệu san lấp công trình trên địa bàn tỉnh Bà Rịa – Vũng Tàu”. Nhóm nghiên cứu chân thành cảm ơn Sở Khoa học và Công nghệ, Quỹ phát triển Khoa học và Công nghệ tỉnh Bà Rịa – Vũng Tàu đã phê duyệt đề tài nghiên cứu này.

#### Tài liệu tham khảo

- [1]. Ahmed Loudini, Mounsif Ibnoussina, Omar Witam, Ali Limam, Oksana Turchanina, Valorisation of dredged marine sediments for use as road material, *Case Studies in Construction Materials*, 13 (2020) e00455, 2020.
- [2]. Smith, J. Use of Dredged Sediment in Construction Materials: A European Perspective. *Journal of Cleaner Production*, 2018.
- [3]. Zhang, H., & Liu, Q. Land Reclamation Using Dredged Sediments: Experiences from China and India. *Environmental Earth Sciences*, 2019.
- [4]. Johnson, R. Restoration of Coastal Wetlands Using River Dredged Material in the US. *Ecological Engineering*, 2020.

- [5]. Tanaka, K. Dredged Sediments for Coastal Infrastructure: The Case of Japan and Singapore. *Coastal Engineering Journal*, 2021.
- [6]. Petersen, T. Energy Production from Dredged Sediments: European Case Studies. *Renewable Energy*, 2019.
- [7]. Lê, V. T. Utilization of River Sediments in Cement Production in Vietnam. *Construction and Building Materials*, 2020.
- [8]. Barnes, J., et al. River Dredging Sediment Characterization and Management Strategies. *Journal of Environmental Management*, 2019.
- [9]. Smith, A. Mechanical Dewatering of River Sediment Using Filter Press Technology. *Water Research*, 2020.
- [10]. Wang, H., et al. Chemical Treatment of River Sediments for Heavy Metal Removal. *Journal of Hazardous Materials*, 2020.
- [11]. Zhang, Y. Adjustment in Sediment Treatment for Enhanced Metal Precipitation. *Environmental Engineering Science*, 2021.
- [12]. Kim, S., & Lee, D. Biological Treatment of Organic-Rich Sediment for Composting. *Waste Management & Research*, 2019.
- [13]. Li, X., et al. Thermal Treatment of Dredged Sediment for Construction Material Production. *Construction and Building Materials*, 2021.
- [14]. Gupta, N. Utilization of Treated Sediments in Cement Clinker Production. *Cement and Concrete Research*, 2020.
- [15]. Lưu, V. et al. Controlled Landfilling of River Dredged Sediments. *Journal of Environmental Science*, 2018.
- [16]. Báo cáo tổng kết đề tài “Nghiên cứu phương án tái sử dụng bùn thải từ hệ thống xử lý nước, nước thải và xi thải” – TP HCM, 2015. 200 trang.
- [17]. Báo cáo tóm tắt đề tài “Công nghệ xử lý, tận dụng bùn thải và nước tách bùn từ các nhà máy cấp nước”. TP HCM, 2010.
- [18]. Trần Vũ Thắng. Tái sử dụng bùn thải đô thị chứa kim loại nặng để sản xuất gạch nung trên cơ sở ổn định hóa rắn bằng xi măng và polyacrylamit. *Tạp chí Tài nguyên & Môi trường*, số 16 tr.13-16. - 2015
- [19]. Báo cáo tóm tắt đề tài “Nghiên cứu mức độ ô nhiễm bùn thải từ nạo vét sông, kênh rạch của Thành phố Hồ Chí Minh và xây dựng sổ tay hướng dẫn về xử lý, sử dụng bùn thải từ quá trình nạo vét sông, kênh rạch”. TP HCM, 2019.
- [20]. Nguyễn Quang Phú. Nghiên cứu cứng hóa đất bùn nạo vét bằng xi măng và phụ gia khoáng. *Tạp chí KHCN Xây dựng* - số 3/2022. Trang 60-68.
- [21]. US Army Corps of Engineers Waterways Experiment Station. *Soil engineering and stabilization*. United States, 2000.