

# NGHIÊN CỨU VÀ ỨNG DỤNG MỘT SỐ VẬT LIỆU CẤP PHỐI BÊ TÔNG IN 3D

Đoàn Văn Thắng  
Khoa Xây dựng, Trường Đại học Hải Phòng  
Email: thangdv85@dhhp.edu.vn

Ngày nhận bài: 22/3/2024  
Ngày PB đánh giá: 02/5/2024  
Ngày duyệt đăng: 29/5/2024

**TÓM TẮT:** Công nghệ in 3D là một công nghệ hiện đại cho phép sản xuất các sản phẩm với cấu trúc phức tạp trực tiếp từ mô hình 3D dưới sự hỗ trợ của máy tính. Tiềm năng ứng dụng của công nghệ này trong lĩnh vực xây dựng được đánh giá là rất lớn với mục đích cải tiến công nghệ xây dựng truyền thống, sử dụng các vật liệu "xanh" trong sản xuất bê tông, giảm nhu cầu nhân lực, giảm lượng rác thải và hướng tới phát triển bền vững. Tuy nhiên các vật liệu sử dụng phối trộn bê tông có ảnh hưởng nhiều tới quá trình in. Bài báo tiếp cận nghiên cứu về ứng dụng một số vật liệu cấp phối bê tông in 3D theo hướng định tính, nhằm mục đích đánh giá ảnh hưởng các vật liệu tới một số tính năng của bê tông in 3D: (1) Ảnh hưởng của tro bay đến khả năng đùn của bê tông in; (2) Ảnh hưởng của cát nghiền tới khả năng duy trì hình dáng lớp bê tông in; (3) Ảnh hưởng của sợi PP tới tính đồng nhất và giảm co ngót của bê tông in.

**Từ khóa:** In bê tông 3D, tro bay, cát nghiền, sợi PP.

## RESEARCH AND APPLICATION OF SOME MATERIALS SUPPLYING AND MIXING 3D PRINTED CONCRETE GRADE

**ABSTRACT:** 3D-printing technology is a modern technology that allows the production of products with complex structures directly from 3D models with computer support. The application potential of this technology in the construction field is considered very large with the aim of improving traditional construction technology, using "green" materials in concrete production, and reducing the need for human resources, reducing waste and moving towards sustainable development. However, the materials used to mix concrete have a great influence on the printing process. This article approaches research on the application of some 3D printed concrete materials in a qualitative manner, with the aim of evaluating the effects of materials on some features of 3D printed concrete: (1) Effect of fly ash on extrusion ability of printed concrete; (2) Effects of crushed sand on the ability to maintain the shape of the printed concrete layer; (3) Effect of PP fibers on the uniformity and shrinkage reduction of printed concrete.

**Keywords:** 3D printing of concrete, fly ash, crushed sand, PP fiber.

### 1. GIỚI THIỆU

#### 1.1. Giới thiệu sơ lược về công nghệ in bê tông 3D

In 3D là một dạng công nghệ được gọi là sản xuất đắp dần/đắp lớp (*Additive*

*Manufacturing*). Các quá trình đắp dần tạo ra các đối tượng theo từng lớp. Để bắt đầu in 3D cần một bản thiết kế vật thể 3D trên phần mềm CAD. Mô hình của vật thể hoặc được thiết kế trực tiếp trên phần mềm này hoặc được đưa vào phần mềm thông qua

việc sử dụng thiết bị quét laser. Sau khi bản thiết kế được hoàn thành, ta cần tạo ra tài liệu STL (*Standard Tessellation Language*) một dạng tài liệu quen thuộc với công nghệ sản xuất đắp dần. Làm tessellate theo ngôn ngữ Tessellation chuẩn là chia một vật thể thành những đa giác nhỏ hơn, để mô phỏng cho cấu trúc bên ngoài và cả bên trong của vật thể. Đây là phần rất quan trọng trong sản xuất đắp dần.



Hình 1: Các công trình được xây dựng bằng công nghệ in 3D trên thế giới [1].

### 1.2. Giới thiệu về xu hướng sử dụng vật liệu bảo vệ môi trường 3Rs (vật liệu tái chế, tái sử dụng, tối giảm lượng dùng vật liệu)

Xu hướng sử dụng vật liệu bảo vệ môi trường 3R, tập trung vào vật liệu tái chế, tái sử dụng và giảm sử dụng vật liệu, đang có sự phát triển khi ngành xây dựng tìm kiếm các biện pháp bền vững hơn để giảm thiểu tác động đến môi trường.

Sử dụng vật liệu tái chế trong xây dựng liên quan đến việc tái sử dụng các vật liệu phế thải như bê tông nghiền, thủy tinh, nhựa và thép làm cốt liệu hoặc chất độn trong hỗn hợp bê tông. Bằng cách giảm nhu cầu về nguyên liệu thô, các dự án xây dựng có thể giảm đáng kể lượng khí thải carbon và góp phần bảo tồn tài nguyên.

Tái sử dụng đòi hỏi phải tận dụng và tái sử dụng các thành phần hoặc vật liệu xây dựng hiện có cho các dự án xây dựng mới. Cách làm này không chỉ làm giảm nhu cầu về vật liệu mới mà còn bảo tồn năng lượng và tài nguyên hiện có. Việc tái sử dụng các vật liệu như dầm gỗ, gạch và đồ đạc bằng kim loại có thể giúp kéo dài tuổi thọ của chúng và giảm chất thải xây dựng.

Giảm sử dụng vật liệu liên quan đến

Có thể nói, với chỉ hơn một thập niên phát triển, công nghệ in bê tông 3D đã chinh phục các nhà đầu tư và các nhà nghiên cứu trên khắp thế giới bởi những thành tựu vượt xa kỹ thuật xây dựng truyền thống có được. Các công trình nổi tiếng được xây dựng bằng công nghệ in 3D đã được ghi dấu tại nhiều quốc gia với các sản phẩm đa dạng từ công trình dân dụng, công trình giao thông đến các công trình nghệ thuật [1].

việc tối ưu hóa quy trình thiết kế và xây dựng để giảm thiểu lượng vật liệu cần thiết cho một dự án. Điều này có thể đạt được thông qua các phương pháp thiết kế hiệu quả, chẳng hạn như sử dụng kết cấu nhẹ, hệ thống xây dựng mô-đun và các kỹ thuật xây dựng tiên tiến như in 3D.

Việc tích hợp các nguyên tắc 3R trong xây dựng phù hợp với các mục tiêu phát triển bền vững và các quy định về môi trường, thúc đẩy ngành hướng tới các hoạt động thân thiện với môi trường hơn. Bằng cách áp dụng vật liệu tái chế, thúc đẩy tái sử dụng và giảm sử dụng vật liệu, các dự án xây dựng có thể đạt được những lợi ích đáng kể về bảo tồn tài nguyên, giảm chất thải và tính bền vững.

## 2. TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU

Công nghệ in 3D có thể giảm thời gian sản xuất và giảm lãng phí vật liệu xây dựng cho các công trình. Việc cấp phối bê tông in 3D sử dụng các loại vật liệu “xanh” thân thiện với môi trường như tro bay, cát nghiền, sợi PP cũng góp phần giảm lượng dùng các vật liệu truyền thống mà nguồn cung ngày một khan hiếm và khó tái tạo.

### 2.1. Tro bay

Tro bay là một loại bột khoáng có hoạt

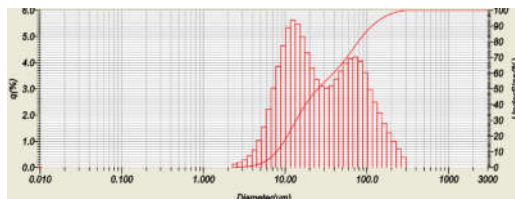
tính, có khả năng tác dụng với sản phẩm thủy hóa xi măng ở điều kiện thường, hoặc ở điều kiện nhiệt độ cao (gia công nhiệt ẩm  $\leq 100^{\circ}\text{C}$ , gia công nhiệt trong autoclave). Tro bay nói chung chỉ thể hiện hoạt tính puzolanic, được đánh giá bằng mức độ ngậm canxi của 1 gam tro bay nghiền mịn. Nói chung mức độ ngậm canxi tính bằng mg/g của tro bay phụ thuộc vào độ mịn và bản chất vật liệu cũng như vào nhiệt độ và thời gian phản ứng.

Tro bay nhiệt điện thường thuộc loại ít kiềm, chủ yếu chứa các khoáng thuộc nhóm 2 và 3 trong thành phần khoáng, các khoáng này phần lớn nằm trong pha thủy tinh vì vậy chúng có hoạt tính puzolanic cao. Hàm lượng pha thủy tinh trong tro bay thường thấp hơn so với trong xỉ, thành phần than chưa cháy cao nên hoạt tính của tro bay thường kém hơn so với xỉ. Hoạt tính của tro bay còn phụ thuộc vào độ mịn, nhiệt độ,... vì vậy các so sánh nói trên được đưa ra ở điều kiện cùng độ mịn và nhiệt độ [3].

Tùy theo công nghệ đốt mà lượng tro, xỉ thải ra ở các nhà máy nhiệt điện có khác nhau. Biểu đồ thành phần hạt tro bay được thể hiện trong hình 3.



Hình 2: Tro bay



Hình 3: Biểu đồ thành phần hạt tro bay

## 2.2. Cát nghiền

Cát nhân tạo hay còn được gọi là cát nghiền là loại cát được nghiền nhỏ từ đá tự nhiên, đá thải khai mỏ hay bê tông thải sau quá trình phá dỡ công trình cũ... Loại vật liệu này đang được rất nhiều các quốc gia trên thế giới sử dụng để thay thế cho nguyên liệu cát tự nhiên. Không chỉ vậy cát nhân tạo được ưa dùng vì nhiều tính chất nổi trội của nó. Cát có hạt tròn và đều hơn. Modul dễ kiểm soát và điều chỉnh hơn để phù hợp với yêu cầu cấp phối của bê tông [3].



Hình 4: Cát nghiền



Hình 5: Dây chuyền sản xuất cát nghiền

Các loại bê tông như bê tông xi măng, bê tông nhựa, bê tông có mác cao, xi măng đầm lăn... Bất cứ loại đá tự nhiên nào có cường độ tốt, ổn định đều có thể dùng để làm nên cát nhân tạo. Nguyên vật liệu để làm ra cát nhân tạo như: đá vôi, đá granite, cát kết, đá cuội, sỏi đồi, sỏi sông, mi bụi, mi sàng,...

Ưu điểm của cát nhân tạo chính là kích thước được kiểm soát dễ dàng đáp ứng được phân loại theo yêu cầu của từng công trình. Với tính chất không chứa các hợp chất hữu cơ và hợp chất hòa tan gây ảnh hưởng đến tính chất của xi măng. Do đó có thể duy trì được cường độ cần thiết của bê tông.

### 2.3. Sợi PP

Sợi Polypropylen (PP) thường được sử dụng trong hỗn hợp bê tông vì khả năng cải thiện độ dẻo dai và độ bền của vật liệu. Khi nói đến công nghệ in bê tông 3D, việc kết hợp sợi PP có thể mang lại một số lợi thế.

Sợi PP đóng vai trò là chất chống nứt trong bê tông, hạn chế sự lan truyền của các vết nứt và tăng cường độ bền của kết cấu in. Điều này đặc biệt có lợi trong các thành phần in 3D có thể chịu tải trọng hoặc điều kiện môi

Cường độ chịu kéo	500 MPa
Mô đun đàn hồi	6000 MPa
Đường kính sợi	35 $\pm$ 5 $\mu$ m
Chiều dài	12 mm
Khối lượng riêng	0.910 kg/l

Hình 6: Đặc trưng cơ lý sợi PP

trường khác nhau trong suốt thời gian sử dụng của chúng.

Sợi PP giảm thiểu tác động của hiện tượng co ngót khi khô trong bê tông, giúp giảm thiểu ứng suất bên trong và biến dạng trong các bộ phận in 3D. Điều này có thể dẫn đến cải thiện độ ổn định kích thước và chất lượng tổng thể của cấu trúc được in. Nhìn chung bằng cách tối ưu hóa hàm lượng sợi và sự phân bố trong hỗn hợp bê tông, ta có thể tận dụng lợi ích của sợi PP để tạo ra các công trình in 3D bền vững và bền vững.



Hình 7: Sợi PP

## 3. QUY TRÌNH IN CẤU KIỆN

### 3.1. Trình tự in

Quá trình bắt đầu với một mô hình 3D của mẫu in được thiết kế từ các phần mềm chuyên dụng như SolidWork, Sketchup, v.v.. Tiếp theo, phần mềm chia lưới và cắt lớp Simplify3D được sử

dụng để tạo các lớp mặt cắt ngang của mô hình, được xuất tệp định dạng G code và chuyển đến máy in 3D. Máy in 3D được vận hành bằng phần mềm Mach3 để in vật thể mẫu bằng cách in từng lớp. Hình 8 minh họa quá trình này được trình bày ở trên [2].



Hình 8: Trình tự in mẫu [4].

### 3.2. Thiết kế cấp phối bê tông in 3D

Các phương pháp thiết kế cấp phối vật liệu in cần đáp ứng các yêu cầu về khả năng in có liên quan chặt chẽ đến máy in và quy trình in tương ứng; do vậy vữa in 3D khác với vữa in thông thường. Trong quá trình thiết kế cấp phối đó, khả năng đùn và khả

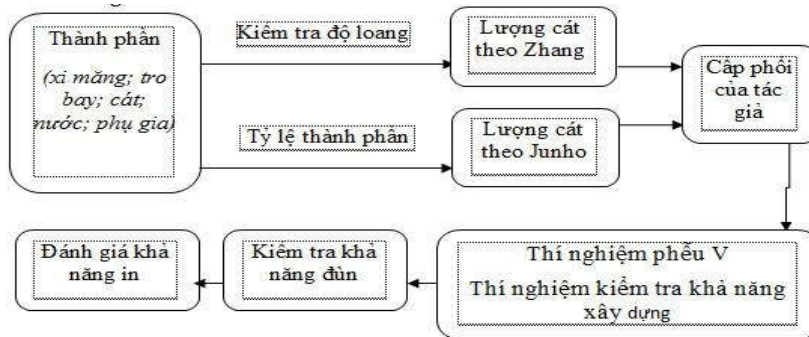
năng xây dựng phải được xem xét đầu tiên để đảm bảo quá trình in thành công. Đầu tiên phải xác định nguyên liệu thô gồm xi măng và cát để đảm bảo yêu cầu về khả năng đùn phù hợp với kích thước vòi phun của máy in 3D. Phụ gia, tro bay, silica fume và các sợi có thể được cho thêm vào để đáp ứng các

yêu cầu về khả năng xây dựng, thời gian đông kết, cường độ, độ co ngót [2].

Khi sự phát triển của vữa in 3D đang ở giai đoạn đầu, các nghiên cứu về cách tiếp cận thiết kế hỗn hợp cho máy in 3D vẫn còn nhiều hạn chế. Dựa trên các kết quả nghiên cứu đã công bố, tác giả đề xuất hướng tiếp cận để thiết kế cấp phối cho vật liệu in theo hệ số tỉ lệ.

Theo phương pháp tiếp cận hệ số tỉ lệ, cấp phối được thiết kế thông qua hệ số liên quan giữa các thành phần vật liệu của cấp phối.

Hệ số này được đưa ra dựa trên kinh nghiệm và quan điểm chủ quan của người thiết kế để tìm được các hệ số tối ưu giữa bài toán vật liệu và thiết bị in. Qua nhiều thí nghiệm in lặp đi, lặp lại, các hệ số này được điều chỉnh và sao cho đảm bảo việc sử dụng cấp phối này để in được mẫu đảm bảo các điều kiện yêu cầu. Trên cơ sở kế thừa đó, tác giả đã đưa ra được qui trình thiết kế cấp phối với cận trên và cận dưới tỉ lệ cát/chất kết dính như lần lượt là 2,4 và 0,4. Qui trình được minh họa trong hình 9:



Hình 9: Quy trình thiết kế cấp phối bê tông in.

#### 4. NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CÁC VẬT LIỆU TỚI MỘT SỐ TÍNH NĂNG CỦA BÊ TÔNG IN 3D

##### 4.1. Ảnh hưởng của tro bay đến khả năng đùn của bê tông in

Tro bay là sản phẩm phụ của quá trình đốt than trong các nhà máy điện và thường được sử dụng làm vật liệu kết dính bổ sung trong hỗn hợp bê tông. Khi nói đến khả năng ép đùn của bê tông in, việc đưa tro bay vào có thể có các ảnh hưởng:

**Cải thiện khả năng làm việc:** Tro bay được biết là cải thiện khả năng làm việc của hỗn hợp bê tông bằng cách hoạt động như một vật liệu độn và giảm nhu cầu nước. Điều này có thể dẫn đến hỗn hợp bê tông kết dính và dễ chảy hơn, có thể nâng cao khả năng ép đùn của vật liệu trong quá trình in 3D. Khả năng làm việc được cải thiện do tro bay mang lại có thể giúp duy trì hình dạng và tính nhất quán mong

muốn của các lớp in, mang lại cấu trúc mịn hơn và đồng đều hơn.

**Giảm sự phân tầng:** Tro bay có thể giúp giảm nguy cơ phân tầng trong hỗn hợp bê tông, nơi các cốt liệu nặng hơn lắng xuống phía dưới và các vật liệu nhẹ hơn nổi lên trên. Bằng cách thúc đẩy sự phân bố hạt đồng đều hơn, tro bay có thể góp phần vào quá trình ép đùn ổn định và nhất quán hơn trong in 3D. Điều này có thể giúp ngăn chặn sự phân tách lớp và đảm bảo tính toàn vẹn cấu trúc của các phần tử được in.

**Thời gian đông kết:** Một thách thức tiềm ẩn khi sử dụng tro bay trong hỗn hợp bê tông là thời gian đông kết có thể kéo dài. Tro bay là vật liệu pozzolanic phản ứng chậm với canxi hydroxit khi có hơi ẩm, dẫn đến quá trình hydrat hóa bị trì hoãn. Thời gian đông kết kéo dài này có thể ảnh hưởng đến tốc độ đùn và hiệu quả in tổng thể, vì hỗn hợp bê tông có thể

mất nhiều thời gian hơn để đông đặc và hỗ trợ các lớp in tiếp theo.

**Phát triển cường độ:** Mặc dù tro bay có thể cải thiện khả năng làm việc và độ bền của bê tông nhưng nó cũng có thể ảnh hưởng đến sự phát triển cường độ ở giai

đoạn đầu của vật liệu. Việc tăng cường độ chậm hơn này có thể ảnh hưởng đến khả năng ép đùn của bê tông in, vì tính toàn vẹn cấu trúc và độ ổn định của các lớp phụ thuộc vào sự hình thành liên kết sớm giữa chúng.



Hình 10: Nét in rạn nứt

Hình 11: Nét in rạn nứt một chút

Hình 12: Nét in không rạn nứt

#### **4.2. Ảnh hưởng của cát nghiền tới khả năng duy trì hình dáng lớp bê tông in**

Việc sử dụng cát nghiền trong hỗn hợp bê tông in 3D có thể tác động đáng kể đến khả năng duy trì hình dáng của các lớp in. Dưới đây là một số điểm chính cần xem xét về tác động của cát nghiền đối với việc duy trì hình dáng của bê tông in 3D:

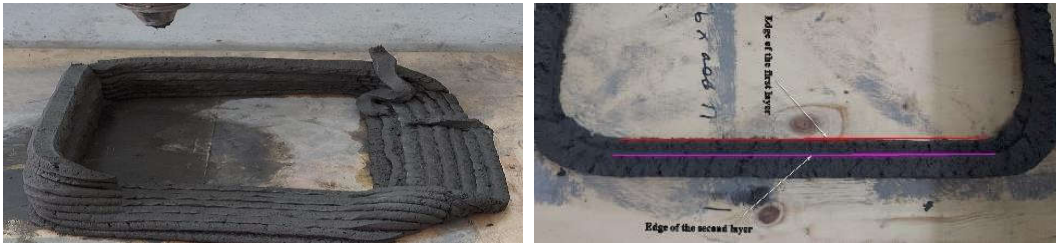
**Phân bố kích thước hạt:** Sự phân bố kích thước hạt của cát nghiền đóng một vai trò quan trọng trong khả năng làm việc và duy trì hình dáng của hỗn hợp bê tông. Cát nghiền với sự phân bố kích thước hạt được phân loại tốt có thể cải thiện mật độ đồng đều của vật liệu, tăng cường sự gắn kết và ổn định của các lớp in. Sự phân bố cân bằng giữa các hạt mịn và thô trong cát có thể giúp lấp đầy các khoảng trống và cải thiện sự liên kết giữa các hạt, dẫn đến khả năng giữ hình dáng tốt hơn trong quá trình in.

**Kết cấu bề mặt:** Kết cấu bề mặt của các hạt cát nghiền có thể ảnh hưởng đến cường độ liên kết giữa các lớp trong bê tông in 3D. Các hạt thô và góc cạnh mang lại khả năng lồng vào nhau và bám dính tốt hơn so với các hạt mịn và tròn. Độ nhám bề mặt của cát nghiền có thể tăng cường liên kết cơ học giữa

các lớp liền kề, thúc đẩy sự ổn định hình dáng và giảm nguy cơ tách lớp hoặc biến dạng trong quá trình in.

**Khả năng làm việc và khả năng chảy:** Việc sử dụng cát nghiền có thể ảnh hưởng đến khả năng làm việc và khả năng chảy của hỗn hợp bê tông, từ đó ảnh hưởng đến quá trình ép đùn và duy trì hình dáng trong in 3D. Cát nghiền được phân loại đúng cách có thể cải thiện tính chất lưu biến của hỗn hợp, cho phép vật liệu chảy và lắng đọng tốt hơn trong quá trình in. Khả năng làm việc tối ưu đảm bảo rằng các lớp bê tông duy trì hình dáng và hình dáng của chúng mà không bị biến dạng hoặc sụt lún quá mức.

**Độ rỗng và độ xốp:** Sự hiện diện của độ rỗng hoặc độ xốp quá mức trong cát nghiền có thể làm suy yếu cấu trúc của các lớp bê tông in và làm ảnh hưởng đến khả năng giữ hình dáng của chúng. Cát nghiền được nén và phân loại đúng cách sẽ giúp giảm độ rỗng và độ xốp trong hỗn hợp, tăng cường mật độ và độ bền của các lớp in. Mức độ xốp thấp hơn góp phần cải thiện liên kết giữa các lớp và độ ổn định hình dáng tốt hơn trong các phần tử bê tông in 3D.



Hình 13: Mẫu đổ do độ lệch hình học giữa lớp 1 và lớp 2

#### 4.3. Ảnh hưởng của sợi PP tới tính đồng nhất và giảm co ngót của bê tông in

Sợi Polypropylen (PP) có thể có tác động đáng kể đến tính đồng nhất và giảm độ co ngót của bê tông in trong công nghệ in 3D. Dưới đây là những tác dụng của sợi PP ở các khía cạnh sau:

**Tính đồng nhất:** Sợi PP giúp cải thiện tính đồng nhất và nhất quán của hỗn hợp bê tông trong quá trình in. Khi thêm vào hỗn hợp bê tông, các sợi sẽ phân tán khắp vật liệu, tạo ra sự phân bố đồng đều hơn. Tính đồng nhất này rất quan trọng để đảm bảo sự lắng đọng lớp nhất quán và tính toàn vẹn cấu trúc trong các phần tử bê tông in 3D. Sự hiện diện của sợi PP có thể giúp ngăn chặn sự phân tách và lắng đọng của cốt liệu, tạo ra cấu trúc in đồng đều và ổn định hơn.

**Giảm co ngót:** Một trong những lợi ích chính của việc sử dụng sợi PP trong bê

tông in là khả năng giảm co ngót. Sự co ngót xảy ra trong bê tông khi nó xử lý và mất đi độ ẩm, dẫn đến hình thành các vết nứt và biến dạng. Sợi PP hoạt động như chất gia cố bên trong giúp hạn chế ứng suất do co ngót gây ra trong ma trận bê tông. Bằng cách kết nối các vết nứt nhỏ và hạn chế sự lan truyền của vết nứt, các sợi góp phần làm giảm độ co ngót tổng thể của bê tông in. Điều này giúp cải thiện độ ổn định kích thước và độ bền của cấu trúc in 3D.

Nhìn chung, việc kết hợp sợi PP trong hỗn hợp bê tông in có thể nâng cao tính đồng nhất của vật liệu, dẫn đến kết quả in ổn định hơn và cải thiện hiệu suất kết cấu. Ngoài ra, đặc tính giảm co ngót của sợi PP giúp giảm thiểu nguy cơ nứt và biến dạng, đảm bảo độ ổn định lâu dài và chất lượng của các cấu kiện bê tông in 3D.



Hình 14: Nét in không có tính liên tục



Hình 15: Nét in có tính liên tục

## 5. ỨNG DỤNG THỰC TIỄN

### 5.1. Biểu trưng Trường Đại học Hải Phòng

#### a. Ý tưởng thiết kế

Ý tưởng thiết kế biểu trưng “ I ĐHHP” được hình thành bắt nguồn từ các mục tiêu hướng tới:

- Dấu ấn trường đại học hải phòng với cuộc cách mạng công nghệ 4.0

- Tạo điểm check-in quảng bá tình yêu đối với mái trường.

#### b. Thiết kế phương án



Hình 16: Biểu trưng Trường Đại học Hải Phòng - Phương án thiết kế.

Biểu trưng được thiết kế với kích thước: Chiều dài 7m, rộng 0,65m và cao 1,2m.

#### c. Quá trình in

Biểu trưng được tiến hành in các phần như sau:

- In các ký tự chữ, hình tái tim được in với đầu in tròn đường kính 35mm. Độ

cao mỗi lớp in là 10mm, bề rộng nét in dao động từ 45mm đến 50mm.

- Phần chân đế được chia thành các phân đoạn để in, sau đó ghép lại bằng chất kết dính. Đầu in tròn đường kính 35mm. Độ cao mỗi lớp in là 12mm, bề rộng nét in dao động từ 45mm đến 50mm.



Hình 17: Các phân đoạn in của chân đế

d. Vận chuyển, lắp dựng

Công tác vận chuyển biểu trưng được thực hiện bằng xe cẩu chuyên dụng như thể hiện trong các hình ảnh hình 18,



Hình 18: Quá trình vận chuyển

hình 19. Công tác lắp dựng và liên kết biểu trưng có sử dụng cốt thép và ramset chuyên dụng trong liên kết kết cấu xây dựng.



Hình 19: Quá trình lắp dựng

e. Sản phẩm hoàn thiện

Biểu trưng được thực hiện bởi nhóm “Nghiên cứu phát triển kết cấu và công nghệ

xây dựng bền vững” và trao tặng tới Trường Đại học Hải Phòng vào dịp kỉ niệm ngày truyền thống Trường Đại học Hải Phòng (Tháng 4 năm 2023) [2].



Hình 20: Biểu trưng hoàn thiện sau lắp dựng (Trường Đại học Hải Phòng - 171 Phan Đăng Lưu, Kiến An, Hải Phòng)

**5.2. Bàn ghế ngoại thất tại Bệnh viện Trẻ em Hải Phòng**

a) Ý tưởng thiết kế

Thiết kế đồng bộ, phù hợp với từng vị trí, không gian và công năng đem lại những tiện ích cho người sử dụng và cảm giác tươi

vui, lạc quan cho các em nhỏ trong quá trình điều trị tại bệnh viện.

b) Thiết kế phương án

Phương án thiết kế được đưa ra cần đáp ứng các tiêu chí về thẩm mỹ, công năng và biểu tượng. Phương án thiết kế được duyệt như thể hiện trong Hình 21.



Hình 23. Vận chuyển và lắp dựng khuôn viên đại thụ

c) Quá trình in

Công tác in được thực hiện theo các phần theo phương án thiết kế. Quy trình in được đảm bảo theo các bước đã trình bày. Sử dụng đầu in trong đường kính 18 mm. Độ cao

mỗi lớp in là 10mm, bề rộng nét in dao động từ 20mm đến 22mm.

Khuôn viên cây đại thụ được tiến hành in các phần gồm ghế, bàn và logo thể hiện



Hình 22. In ghế, chân bàn và mặt logo

d) Vận chuyển và lắp dựng

Công tác vận chuyển và lắp dựng các sản phẩm in bê tông tại Bệnh viện trẻ em Hải phòng được thể hiện trong Hình 23.



Hình 22. In ghế, chân bàn và mặt logo

e) Sản phẩm hoàn thiện

Thời gian vận chuyển và lắp dựng các sản phẩm được thực hiện sau vài giờ đồng hồ, các sản phẩm hoàn thiện đem lại một diện mạo tươi mới cho các không gian đầy sức

sống trong Bệnh viện trẻ em Hải Phòng (Hình 24) [2]. Sản phẩm do nhóm “Nghiên cứu phát triển kết cấu và công nghệ xây dựng bền vững” trường Đại học Hải Phòng thực hiện và bàn giao tháng 5/2023



Hình 24. Khuôn viên đại thụ hoàn thiện  
(Bệnh viện Trẻ em Hải Phòng - Phố Việt Đức - Lãm Hà - Kiến An - Hải Phòng)

## 6. KẾT LUẬN

Trên cơ sở các nội dung nghiên cứu được trình bày trong bài viết, một số kết luận được đưa ra như sau:

(1) Ảnh hưởng của tro bay đến khả năng ép đùn của bê tông in là rất nhiều mặt và phụ thuộc vào nhiều yếu tố khác nhau như thiết kế hỗn hợp, điều kiện bảo dưỡng và thông số in.

(2) Việc lựa chọn và sử dụng cát nghiền trong hỗn hợp bê tông in 3D có thể tác động đáng kể đến khả năng duy trì hình dạng của các lớp in.

(3) Sợi PP trong hỗn hợp bê tông in có thể nâng cao tính đồng nhất của vật liệu, dẫn đến kết quả in ổn định hơn và cải thiện hiệu suất in.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO.

1. Phạm Thị Loan, Nguyễn Thị Hoài Thu, Nguyễn Phan Anh, Trịnh Duy Thành

(2022), *Nghiên cứu và ứng dụng công nghệ in 3D - Hướng chuyển đổi số trong ngành xây dựng*, Trường Đại học Hải Phòng.

2. Phạm Thị Loan (2023), *Nghiên cứu và ứng dụng công nghệ in bê tông 3D vào thực tiễn tại Hải Phòng*, Hội thi sáng tạo kỹ thuật thành phố Hải Phòng lần thứ tư, năm 2022-2023.

3. Phạm Toàn Đức (2023), *Nghiên cứu sử dụng cát nghiền thay thế một phần cát tự nhiên trong sản xuất bê tông phục vụ thi công các công trình ven biển*, Đề tài cấp thành phố.

4. Tianjin (2021), *3D printing equipment*, Huachuang Intelligent Manufacturing.

5. Winsun (2021), *Products*, <http://www.winsun3d.com/En/Product/>.