



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN) (11)  
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ



1-0035932

(51)<sup>2020.01</sup> C04B 18/08; C04B 28/04; C04B 18/14 (13) B

(21) 1-2020-07119

(22) 08/12/2020

(45) 26/06/2023 423

(43) 25/02/2021 395

(73) 1. Nguyễn Công Thắng (VN)

Trường Đại học Xây dựng Hà Nội, số 55 đường Giải Phóng, phường Đồng Tâm, quận Hai Bà Trưng, thành phố Hà Nội

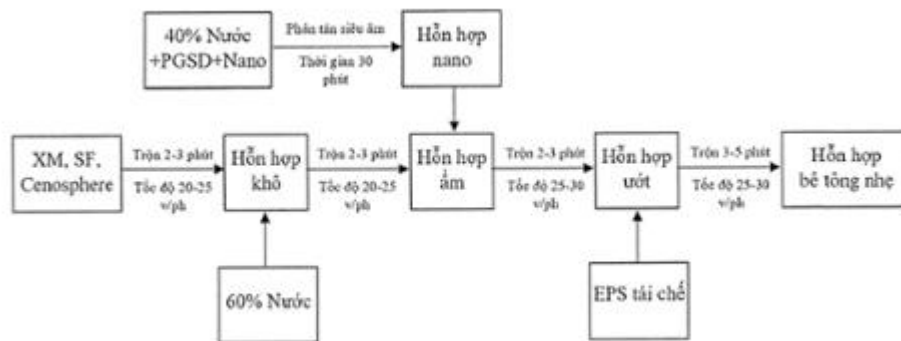
2. Nguyễn Văn Tuấn (VN)

Trường Đại học Xây dựng Hà Nội, số 55 đường Giải Phóng, phường Đồng Tâm, quận Hai Bà Trưng, thành phố Hà Nội

(72) Nguyễn Công Thắng (VN); Nguyễn Văn Tuấn (VN); Hàn Ngọc Đức (VN); Lê Việt Hùng (VN).

(54) BÊ TÔNG NHẸ CỐT LIỆU RỖNG CHỊU LỰC SỬ DỤNG POLYSTYREN TÁI CHẾ KẾT HỢP CENOSPHERE VỚI NANO SILIC OXIT VÀ PHƯƠNG PHÁP CHẾ TẠO BÊ TÔNG NHẸ CỐT LIỆU RỖNG NÀY

(57) Sáng chế đề cập đến bê tông nhẹ cốt liệu rỗng chịu lực sử dụng polystyren tái chế kết hợp hạt vi cầu rỗng cenosphere với nano silic oxit, trong đó bê tông nhẹ này có thành phần cấp phối bao gồm: i) chất kết dính, (ii) cốt liệu rỗng polystyren tái chế, (iii) hạt vi cầu rỗng cenosphere, (iv) phụ gia siêu dẻo, (v) nano silic oxit, và (vi) nước sao cho bê tông được tạo ra từ hỗn hợp này có khối lượng thể tích từ 1000kg/m<sup>3</sup> đến 1600kg/m<sup>3</sup> và cường độ nén đạt từ 15MPa đến 25MPa. Ngoài ra, sáng chế cũng đề xuất phương pháp chế tạo bê tông nhẹ cốt liệu rỗng chịu lực sử dụng polystyren tái chế kết hợp hạt vi cầu rỗng cenosphere với nano silic oxit này.



### **Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập**

Sáng chế đề cập đến bê tông nhẹ cốt liệu rỗng chịu lực, cụ thể là sáng chế đề cập đến bê tông nhẹ cốt liệu rỗng chịu lực sử dụng hạt polystyren tái chế (xốp thải tái chế) kết hợp hạt cenosphere với nano silic oxit để tạo ra hỗn hợp bê tông nhẹ với tính năng phù hợp ngoài mục đích sử dụng cho kết cấu bao che còn được sử dụng cho kết cấu chịu lực trong các công trình xây dựng.

### **Tình trạng kỹ thuật sáng chế**

Hiện nay bê tông nhẹ cốt liệu rỗng vô cơ (keremzit, apollozit, v.v..) đã được ứng dụng rất nhiều để chế tạo bê tông cốt thép cho các công trình xây dựng cầu đường, công trình dân dụng và công nghiệp. Việc sử dụng bê tông nhẹ mang lại hai tác dụng chính. Thứ nhất là làm giảm nhẹ trọng lượng so với sử dụng bê tông thường nên tiết kiệm được chi phí xây dựng. Thứ hai bê tông nhẹ còn tăng khả năng cách âm cách nhiệt tốt cho kết cấu, hướng tới tiết kiệm năng lượng và phát triển bền vững, mang lại các lợi ích về môi trường. Chính vì vậy việc sử dụng các vật liệu nhẹ để nâng cao hiệu quả kinh tế kỹ thuật của công trình đang là xu hướng trên thế giới cũng như tại Việt Nam.

Trên thế giới và ở Việt Nam, bê tông nhẹ cốt liệu rỗng polystyren đã được nghiên cứu và ứng dụng để chống nóng và cách âm khá phổ biến, đây là một loại bê tông nhẹ được sản xuất theo công nghệ Pháp, từ hỗn hợp các loại vật liệu khác nhau như: xi măng, tro bay, cốt liệu nhẹ polystyren (hạt EPS - Expanded Polystyrene), nước và phụ gia hóa học. Trong bê tông nhẹ cốt liệu rỗng, cốt liệu chủ yếu là các hạt polystyren (hay hạt nhựa nhiệt dẻo phòng nổ gọi là EPS nguyên sinh) đây là sản phẩm thu được khi gia công nhiệt hạt polystyren nguyên liệu. Hạt polystyren phòng nổ có dạng hình cầu, không thấm nước, không độc hại, khối lượng thể tích hạt rất thấp chỉ khoảng từ  $6\text{kg/m}^3$  đến

20kg/m<sup>3</sup>, được sản xuất dễ dàng với nhiều nhóm kích thước hạt khác nhau nên khi đưa hạt EPS vào hỗn hợp bê tông dẻo có độ nhớt phù hợp thì việc tạo hình không gặp khó khăn, và cho phép đưa hạt EPS vào với hàm lượng lớn. Đặc biệt, việc tạo ra các cấu trúc rỗng tổ ong khác nhau có thể được thực hiện dễ dàng bởi sự phối hợp nhiều cấp hạt EPS vào hỗn hợp bê tông dẻo có lượng nước nhào trộn thấp. Tuy nhiên, bê tông nhẹ cốt liệu rỗng polystyren sử dụng một lượng hạt EPS nguyên sinh lớn, vật liệu này chiếm tỷ trọng lớn về giá thành trong bê tông. Trong đó, rác thải từ các hộp xốp là những loại đồ vật chúng ta thường sử dụng như: thùng xốp, ly xốp, chai xốp, đĩa, muỗng xốp, v.v.. Theo nhiều nghiên cứu khoa học, phần lớn các loại rác thải xốp thuộc dạng khó phân hủy, gây ra nhiều hệ lụy ảnh hưởng đến sức khỏe con người và môi trường sống. Rác thải xốp quá nhiều khi thải ra môi trường nước hoặc đất có thể khiến cho biến đổi tính chất của đất, gây tắc nghẽn hệ thống thoát nước. Không chỉ thế, mùi hôi thối do không có phương pháp xử lý rác thải xốp đúng đắn qua nhiều ngày chính là nguyên nhân khiến cho nhiều loại vi khuẩn không ngừng phát triển, gây ra nhiều loại bệnh nguy hiểm cho con người. Xuất phát từ thực tiễn như vậy, sáng chế đã được nghiên cứu sao cho có thể xử lý và sử dụng loại xốp thải này trong chế tạo bê tông. Việc nghiên cứu sử dụng loại rác thải xốp này trong chế tạo bê tông nhẹ vừa làm giảm giá thành do giảm lượng dùng hạt EPS nguyên sinh, đồng thời vừa góp phần giảm lượng rác thải xốp thải ra môi trường, điều này có ý nghĩa thực tiễn rất lớn.

Ngoài những ưu điểm nêu trên, xét về mặt kỹ thuật, việc sử dụng hạt EPS tái chế trong chế tạo bê tông có nhược điểm là rất dễ xảy ra hiện tượng phân tầng do có sự chênh lệch rất lớn về khối lượng thể tích giữa hạt cốt liệu EPS tái chế và hồ xi măng, đồng thời khi sử dụng EPS dẫn đến cường độ của bê tông giảm. Do vậy, giải pháp đưa ra ở đây là giảm khối lượng thể tích của hồ xi măng để không xảy ra hiện tượng phân tầng, đồng thời nâng cao cường độ đá xi măng. Điều này được giải quyết bằng việc sử dụng các hạt vi cầu rỗng, nhẹ từ tro bay (Hollow microspheres hay Cenospheres), là một loại phế thải trong các nhà máy nhiệt điện được đánh giá là phù hợp trong chế tạo bê tông nhẹ. Việc sử dụng kết hợp cenosphere và hạt EPS tái chế trong việc chế tạo bê tông nhẹ cốt liệu rỗng sẽ đem lại rất nhiều lợi ích về cả kinh tế, kỹ thuật và môi trường. Các hạt vi cầu có khối lượng

thể tích khoảng từ  $400\text{kg/m}^3$  đến  $800\text{kg/m}^3$  nên làm giảm đáng kể khối lượng thể tích của bê tông. Ngoài ra, do các hạt vi cầu này có kích thước nhỏ, thông thường trong khoảng từ  $1\mu\text{m}$  đến  $300\mu\text{m}$  và được phân bố đều trong cấu trúc đá xi măng nên làm giảm các ảnh hưởng bất lợi đến tính cơ học cũng như thấm nước của bê tông so với các phụ gia sử dụng cho bê tông nhẹ thông thường như phụ gia tạo khí hoặc phụ gia tạo bọt. Các nghiên cứu về sử dụng hạt vi cầu cenospheres cho hệ chất kết dính xi măng cho chế tạo vật liệu cách nhiệt do vật liệu chế tạo được chỉ đạt được cường độ thấp và tính biến dạng cao. Điều này chủ yếu là do việc áp dụng phương pháp thiết kế cấp phối bê tông thông thường không phù hợp đối với loại bê tông nhẹ này, đồng thời chưa có giải pháp kích hoạt mức độ hoạt tính của loại vật liệu này. Do vậy, khi kết hợp sử dụng các phụ gia nano như nano silic oxit sẽ giúp tăng cường độ của đá xi măng từ đó tăng cường độ của bê tông. Các kết quả nghiên cứu đạt được đã cho thấy, khi lựa chọn thành phần cấp phối hợp lý và sử dụng phụ gia chức năng kết hợp với phụ gia nano thì tính chất cơ lý của bê tông nhẹ như mô đun đàn hồi, cường độ uốn, tính biến dạng, v.v., sẽ được cải thiện rất lớn.

Đối với loại bê tông nhẹ cốt liệu rỗng EPS được chế tạo hiện nay, chủ yếu ứng dụng để chế tạo các tấm cách nhiệt, các lớp cách nhiệt cho mái dầm tại chỗ, sử dụng làm lớp cách nhiệt trong các panen đúc sẵn, sử dụng làm khối xây block và vách ngăn tường ngoài, sử dụng làm lớp lót cách nhiệt. Các kết cấu sử dụng bê tông nhẹ cốt liệu rỗng EPS hiện nay rất đa dạng, sử dụng bê tông với khối lượng thể tích từ  $500\text{kg/m}^3$  đến  $1200\text{kg/m}^3$ , cường độ nén từ  $1,5\text{MPa}$  đến  $5\text{MPa}$ . Nhìn chung, các sản phẩm và công bố đã biết đến trên thị trường đều cho thấy với bê tông nhẹ cốt liệu rỗng EPS nguyên sinh có khối lượng thể tích nhỏ hơn  $1200\text{kg/m}^3$  thường có cường độ nén nhỏ hơn  $5\text{MPa}$  và được ứng dụng chủ yếu làm kết cấu bao che, cách âm và cách nhiệt. Do vậy, việc sử dụng bê tông nhẹ trong chế tạo các kết cấu chịu lực cần có những yêu cầu cụ thể. Theo tiêu chuẩn ACI 318-14, ACI 211.2-98 của Hoa Kỳ, bê tông được quy định kết cấu cần có cường độ đặc trưng  $f_c$  không nhỏ hơn  $17\text{MPa}$ . Tại Nga, tiêu chuẩn GOST 25820:2014 quy định cường độ chịu nén tối thiểu của bê tông sử dụng cho cốt thép chịu lực là B12,5. Tại Việt Nam theo TCVN 5574:2017, cấu kiện bê tông cốt thép chịu lực có thể được thiết kế sử dụng bê tông nhẹ có cấp cường độ chịu nén tối thiểu là B15 với khối lượng thể tích nhỏ hơn  $2000\text{kg/m}^3$ .

Tuy nhiên, tiêu chuẩn này chỉ áp dụng cho bê tông thường và bê tông cốt liệu nhẹ vô cơ (kemramzit, aglopolit, v.v.). Với bê tông nhẹ cốt liệu hữu cơ như bê tông cốt liệu rỗng EPS thì rất khó đạt được các tiêu chí để sử dụng cho kết cấu chịu lực. Do vậy, việc tìm kiếm giải pháp nhằm tận dụng rác thải xốp kết hợp sử dụng loại phế thải nhiệt điện và nano silic oxit nhằm giảm khối lượng thể tích hồ xi măng, tăng cường độ đá xi măng đáp ứng yêu cầu với bê tông chịu lực có ý nghĩa thực tiễn rất lớn.

### **Bản chất kỹ thuật của sáng chế**

Mục đích của sáng chế là đề xuất bê tông nhẹ cốt liệu rỗng chịu lực sử dụng polystyren tái chế kết hợp sử dụng các hạt vi cầu rỗng cenosphere, trong đó hạt vi cầu rỗng cenosphere là một loại phế thải trong các nhà máy nhiệt điện từ tro bay, kết hợp với nano silic oxit sao cho bê tông có khối lượng thể tích từ 1000kg/m<sup>3</sup> đến 1600kg/m<sup>3</sup> và cường độ nén của bê tông ở tuổi 28 ngày từ 15MPa đến 25MPa.

Để đạt được mục đích nêu trên, sáng chế đề xuất bê tông nhẹ cốt liệu rỗng chịu lực sử dụng polystyren tái chế kết hợp hạt vi cầu rỗng cenosphere với nano silic oxit, trong đó bê tông nhẹ này có thành phần cấp phối bao gồm: i) chất kết dính, (ii) cốt liệu rỗng polystyren tái chế, (iii) hạt vi cầu rỗng cenosphere, (iv) phụ gia siêu dẻo, (v) nano silic oxit, và (vi) nước sao cho bê tông được tạo ra từ hỗn hợp này có khối lượng thể tích từ 1000kg/m<sup>3</sup> đến 1600kg/m<sup>3</sup> và cường độ nén đạt từ 15MPa đến 25MPa, trong đó:

(i) chất kết dính bao gồm: từ 50% đến 60% xi măng pooc lăng, và từ 8% đến 10% muội silic tính theo khối lượng chất kết dính, trong đó muội silic có kích thước hạt trung bình từ 0,1µm đến 1µm, khối lượng riêng 2,2g/cm<sup>3</sup>;

(ii) cốt liệu rỗng polystyren tái chế được lựa chọn trong khoảng từ 40% đến 55% thể tích của bê tông, tức là bằng khoảng từ 0,4m<sup>3</sup> đến 0,55m<sup>3</sup> thể tích của bê tông, trong

đó cốt liệu rỗng polystyrene có cỡ hạt từ 0,315mm đến 5mm, khối lượng thể tích của hạt không lớn hơn  $25\text{kg/m}^3$ , khối lượng thể tích đồ đồng không lớn hơn  $15\text{kg/m}^3$ ;

(iii) hạt vi cầu rỗng cenosphere được lựa chọn trong khoảng từ 15% đến 30% theo khối lượng chất kết dính, trong đó hạt vi cầu rỗng cenosphere có kích thước cỡ hạt từ  $50\mu\text{m}$  đến  $150\mu\text{m}$ , khối lượng thể tích từ  $400\text{kg/m}^3$  đến  $600\text{kg/m}^3$ ;

(iv) phụ gia siêu dẻo được lựa chọn trong khoảng 0,5% đến 0,8% theo khối lượng chất kết dính, trong đó phụ gia siêu dẻo có tỷ trọng từ  $1,01\text{g/cm}^3$  đến  $1,05\text{g/cm}^3$ ;

(v) nano silic oxit được lựa chọn trong khoảng từ 0,1% đến 0,3% theo khối lượng chất kết dính, trong đó nano silic oxit được lựa chọn là loại hạt rời có hàm lượng  $\text{SiO}_2$  không nhỏ hơn 98%, với kích thước hạt trung bình không lớn hơn 15nm; và

(vi) nước/chất kết dính bằng khoảng 0,2 đến 0,23 tính theo khối lượng, trong đó nước được sử dụng là nước sinh hoạt.

Mục đích khác nữa của sáng chế là đề xuất phương pháp chế tạo bê tông nhẹ cốt liệu rỗng chịu lực khi sử dụng hạt vi cầu rỗng cenosphere kết hợp với nano silic oxit đáp ứng các mục đích nêu trên, hỗn hợp bê tông nhẹ cốt liệu rỗng chịu lực được sử dụng cho các kết cấu chịu lực và các kết cấu bao che khi có yêu cầu chịu lực. Trong đó phương pháp chế tạo bê tông nhẹ cốt liệu rỗng chịu lực sử dụng polystyren tái chế kết hợp hạt vi cầu rỗng cenosphere với nano silic oxit này bao gồm các bước sau:

bước 1: định lượng các vật liệu thành phần bao gồm: chất kết dính, cốt liệu rỗng polystyren tái chế, hạt vi cầu rỗng cenosphere, phụ gia siêu dẻo, nano silic oxit, và nước để tạo ra được khối lượng thể tích và cường độ nén của bê tông theo thiết kế;

bước 2: trộn khô các vật liệu thành phần bao gồm: chất kết dính và hạt vi cầu rỗng cenosphere, trong đó chất kết dính bao gồm: xi măng pooc lăng và muối silic, trộn khô các vật liệu này bằng máy trộn với tốc độ từ 20 vòng/phút đến 25 vòng/phút trong khoảng thời gian từ 2 phút đến 3 phút đến khi tạo thành hỗn hợp khô đồng nhất;

bước 3: trộn ẩm các vật liệu thành phần ở bước 2 với lượng nước là 60%, đổ từ từ nước vào hỗn hợp và cho máy trộn với tốc độ từ 20 vòng/phút đến 25 vòng/phút trong

khoảng thời gian từ 2 phút đến 3 phút đến khi hỗn hợp vật liệu được thấm ướt hoàn toàn; và

đồng thời cần phân tán hỗn hợp bao gồm: nano silic oxit, phụ gia siêu dẻo và 40% lượng nước còn lại bằng thiết bị rung siêu âm (ultrasonic) với tần số rung là 40kHz trong khoảng thời gian 30 phút sao cho thời gian tính toán phải phù hợp để hỗn hợp sau khi phân tán xong được sẽ đổ vào ngay cối trộn của hỗn hợp vật liệu được thấm ướt hoàn toàn;

bước 4: trộn ướt các vật liệu thành phần ở bước 3 bằng máy trộn với tốc độ từ 25 vòng/phút đến 30 vòng/phút trong khoảng thời gian từ 2 phút đến 3 phút cho đến khi hỗn hợp chảy dẻo; và

bước 5: bổ sung cốt liệu rỗng polystyren tái chế vào cối trộn, tiếp tục trộn với tốc độ từ 25 vòng/phút đến 30 vòng/phút trong khoảng thời gian từ 3 phút đến 5 phút đến khi hỗn hợp đạt độ dẻo và độ đồng nhất.

Bê tông nhẹ cốt liệu polystyren tái chế kết hợp sử dụng hạt vi cầu cenosphere với nano silic oxit nhằm giảm giá thành do tận dụng polystyren tái chế, hạn chế sự phân tầng khi sử dụng cenosphere đồng thời nâng cao được các tính chất kỹ thuật của bê tông khi sử dụng kết hợp cenosphere với nano silic oxit, trong khi đó giảm khối lượng thể tích của bê tông từ  $1000\text{kg/m}^3$  đến  $1600\text{kg/m}^3$ . Tăng cường độ nén của bê tông đạt từ 15MPa đến 25MPa.

### **Mô tả vắn tắt hình vẽ**

Hình 1 là hình vẽ thể hiện quy trình chế tạo bê tông nhẹ cốt liệu rỗng chịu lực theo sáng chế.

### **Mô tả chi tiết sáng chế**

Theo một phương án của sáng chế, sáng chế đề xuất bê tông nhẹ cốt liệu rỗng chịu lực sử dụng polystyren tái chế kết hợp hạt vi cầu rỗng cenosphere với nano silic oxit, trong đó bê tông nhẹ này có thành phần cấp phối bao gồm: i) chất kết dính, (ii) cốt liệu rỗng polystyren tái chế, (iii) hạt vi cầu rỗng cenosphere, (iv) phụ gia siêu dẻo, (v) nano silic

oxit, và (vi) nước sao cho bê tông được tạo ra từ hỗn hợp này có khối lượng thể tích từ  $1000\text{kg/m}^3$  đến  $1600\text{kg/m}^3$  và cường độ nén đạt từ 15MPa đến 25MPa, trong đó:

(i) Chất kết dính bao gồm: từ 50% đến 60% xi măng pooc lăng, và từ 8% đến 10% muội silic tính theo khối lượng chất kết, trong đó muội silic có kích thước hạt trung bình từ  $0,1\mu\text{m}$  đến  $1\mu\text{m}$ , khối lượng riêng  $2,2\text{g/cm}^3$ .

(ii) Cốt liệu rỗng polystyren tái chế được lựa chọn trong khoảng từ 40% đến 55% thể tích của bê tông, tức là bằng khoảng từ  $0,4\text{m}^3$  đến  $0,55\text{m}^3$  thể tích của bê tông, trong đó cốt liệu rỗng polystyrene có cỡ hạt từ  $0,315\text{mm}$  đến  $5\text{mm}$ , khối lượng thể tích của hạt không lớn hơn  $25\text{kg/m}^3$ , khối lượng thể tích đồ đồng không lớn hơn  $15\text{kg/m}^3$ .

(iii) Hạt vi cầu rỗng cenosphere được lựa chọn trong khoảng từ 15% đến 30% theo khối lượng chất kết dính, trong đó hạt vi cầu rỗng cenosphere có kích thước cỡ hạt từ  $50\mu\text{m}$  đến  $150\mu\text{m}$ , khối lượng thể tích từ  $400\text{kg/m}^3$  đến  $600\text{kg/m}^3$ .

(iv) Phụ gia siêu dẻo được lựa chọn trong khoảng 0,5% đến 0,8% theo khối lượng chất kết dính, trong đó phụ gia siêu dẻo có tỷ trọng từ  $1,01\text{g/cm}^3$  đến  $1,05\text{g/cm}^3$ , phụ gia siêu dẻo được lựa chọn là loại không độc hại theo tiêu chuẩn hiện hành.

(v) Nano silic oxit được lựa chọn trong khoảng từ 0,1% đến 0,3% theo khối lượng chất kết dính, trong đó nano silic oxit được lựa chọn là loại hạt rời có hàm lượng  $\text{SiO}_2$  không nhỏ hơn 98%, với kích thước hạt trung bình không lớn hơn 15nm.

(vi) Nước/chất kết dính bằng khoảng 0,2 đến 0,23 tính theo khối lượng, trong đó nước được sử dụng là nước sinh hoạt.

Với thành phần cấp phối bê tông nhẹ nêu trên, bê tông sẽ đạt được khối lượng thể tích từ  $1000\text{kg/m}^3$  đến  $1600\text{kg/m}^3$  và cường độ nén từ 15MPa đến 25MPa. Thêm vào đó, bê tông theo sáng chế sẽ có khả năng cách âm, cách nhiệt và chống cháy tương đương với bê tông cùng loại nhưng có cường độ nén thấp hơn.

Theo một phương án khác, sáng chế cũng đề xuất bê tông nhẹ cốt liệu rỗng chịu lực sử dụng polystyren tái chế kết hợp hạt vi cầu rỗng cenosphere với nano silic oxit, phương pháp này bao gồm các bước sau:



Bước 1: định lượng các vật liệu thành phần bao gồm: chất kết dính, cốt liệu rỗng polystyren tái chế, hạt vi cầu rỗng cenosphere, phụ gia siêu dẻo, nano silic oxit, và nước để tạo ra được khối lượng thể tích và cường độ nén của bê tông theo thiết kế.

Bước 2: trộn khô các vật liệu thành phần bao gồm: chất kết dính và hạt vi cầu rỗng cenosphere, trong đó chất kết dính bao gồm: xi măng pooc lăng và muối silic, trộn khô các vật liệu thành phần này bằng máy trộn với tốc độ từ 20 vòng/phút đến 25 vòng/phút trong khoảng thời gian từ 2 phút đến 3 phút đến khi tạo thành hỗn hợp khô đồng nhất.

Bước 3: trộn ẩm các vật liệu thành phần ở bước 2 với lượng nước là 60%, đổ từ từ nước vào hỗn hợp và cho máy trộn với tốc độ từ 20 vòng/phút đến 25 vòng/phút trong khoảng thời gian từ 2 phút đến 3 phút đến khi hỗn hợp vật liệu được thấm ướt hoàn toàn. Đồng thời cần phân tán hỗn hợp bao gồm: nano silic oxit, phụ gia siêu dẻo và 40% lượng nước còn lại bằng thiết bị rung siêu âm (ultrasonic) với tần số rung là 40kHz trong khoảng thời gian 30 phút sao cho thời gian tính toán phải phù hợp để hỗn hợp sau khi phân tán xong được sẽ được đổ vào ngay cối trộn của hỗn hợp vật liệu được thấm ướt hoàn toàn tránh để lâu gây ra hiện tượng lắng hoặc keo tụ của nano silic oxit.

Bước 4: trộn ướt các vật liệu thành phần ở bước 3 bằng máy trộn với tốc độ từ 25 vòng/phút đến 30 vòng/phút trong khoảng thời gian từ 2 phút đến 3 phút cho đến khi hỗn hợp chảy dẻo.

Bước 5: bổ sung cốt liệu rỗng polystyren tái chế vào cối trộn, tiếp tục trộn với tốc độ từ 25 vòng/phút đến 30 vòng/phút trong khoảng thời gian từ 3 phút đến 5 phút đến khi hỗn hợp đạt độ dẻo và độ đồng nhất.

### Yêu cầu bảo hộ

1. Bê tông nhẹ cốt liệu rỗng chịu lực sử dụng polystyren tái chế kết hợp hạt vi cầu rỗng cenosphere với nano silic oxit, trong đó bê tông nhẹ này có thành phần cấp phối bao gồm: i) chất kết dính, (ii) cốt liệu rỗng polystyren tái chế, (iii) hạt vi cầu rỗng cenosphere, (iv) phụ gia siêu dẻo, (v) nano silic oxit, và (vi) nước sao cho bê tông được tạo ra từ hỗn hợp này có khối lượng thể tích từ  $1000\text{kg/m}^3$  đến  $1600\text{kg/m}^3$  và cường độ nén đạt từ 15MPa đến 25MPa, trong đó:

(i) chất kết dính bao gồm: từ 50% đến 60% xi măng pooc lăng, và từ 8% đến 10% muội silic tính theo khối lượng chất kết dính, trong đó muội silic có kích thước hạt trung bình từ  $0,1\mu\text{m}$  đến  $1\mu\text{m}$ , khối lượng riêng  $2,2\text{g/cm}^3$ ;

(ii) cốt liệu rỗng polystyren tái chế được lựa chọn trong khoảng từ 40% đến 55% thể tích của bê tông, tức là bằng khoảng từ  $0,4\text{m}^3$  đến  $0,55\text{m}^3$  thể tích của bê tông, trong đó cốt liệu rỗng polystyrene có cỡ hạt từ  $0,315\text{mm}$  đến  $5\text{mm}$ , khối lượng thể tích của hạt không lớn hơn  $25\text{kg/m}^3$ , khối lượng thể tích đổ đống không lớn hơn  $15\text{kg/m}^3$ ;

(iii) hạt vi cầu rỗng cenosphere được lựa chọn trong khoảng từ 15% đến 30% theo khối lượng chất kết dính, trong đó hạt vi cầu rỗng cenosphere có kích thước cỡ hạt từ  $50\mu\text{m}$  đến  $150\mu\text{m}$ , khối lượng thể tích từ  $400\text{kg/m}^3$  đến  $600\text{kg/m}^3$ ;

(iv) phụ gia siêu dẻo được lựa chọn trong khoảng 0,5% đến 0,8% theo khối lượng chất kết dính, trong đó phụ gia siêu dẻo có tỷ trọng từ  $1,01\text{g/cm}^3$  đến  $1,05\text{g/cm}^3$ ;

(v) nano silic oxit được lựa chọn trong khoảng từ 0,1% đến 0,3% theo khối lượng chất kết dính, trong đó nano silic oxit được lựa chọn là loại hạt rời có hàm lượng  $\text{SiO}_2$  không nhỏ hơn 98%, với kích thước hạt trung bình không lớn hơn  $15\text{nm}$ ; và

(vi) nước/chất kết dính bằng khoảng 0,2 đến 0,23 tính theo khối lượng, trong đó nước được sử dụng là nước sinh hoạt.

2. Phương pháp chế tạo bê tông nhẹ cốt liệu rỗng chịu lực sử dụng polystyren tái chế kết hợp hạt vi cầu rỗng cenosphere với nano silic oxit theo điểm 1 yêu cầu bảo hộ, phương pháp này bao gồm các bước sau:

bước 1: định lượng các vật liệu thành phần bao gồm: chất kết dính, cốt liệu rỗng polystyren tái chế, hạt vi cầu rỗng cenosphere, phụ gia siêu dẻo, nano silic oxit, và nước để tạo ra được khối lượng thể tích và cường độ nén của bê tông theo thiết kế;

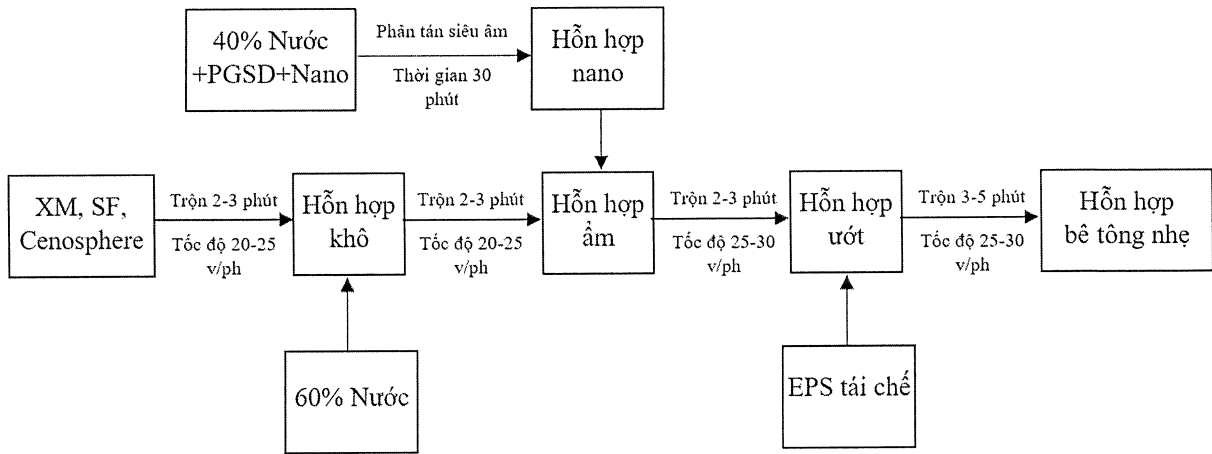
bước 2: trộn khô các vật liệu thành phần bao gồm: chất kết dính và hạt vi cầu rỗng cenosphere, trong đó chất kết dính bao gồm: xi măng pooc lăng và muối silic, trộn khô các vật liệu này bằng máy trộn với tốc độ từ 20 vòng/phút đến 25 vòng/phút trong khoảng thời gian từ 2 phút đến 3 phút đến khi tạo thành hỗn hợp khô đồng nhất;

bước 3: trộn ẩm các vật liệu thành phần ở bước 2 với lượng nước là 60%, đổ từ từ nước vào hỗn hợp và cho máy trộn với tốc độ từ 20 vòng/phút đến 25 vòng/phút trong khoảng thời gian từ 2 phút đến 3 phút đến khi hỗn hợp vật liệu được thấm ướt hoàn toàn; và

đồng thời cần phân tán hỗn hợp bao gồm: nano silic oxit, phụ gia siêu dẻo và 40% lượng nước còn lại bằng thiết bị rung siêu âm (ultrasonic) với tần số rung là 40kHz trong khoảng thời gian 30 phút sao cho thời gian tính toán phải phù hợp để hỗn hợp sau khi phân tán xong được sẽ đổ vào ngay cối trộn của hỗn hợp vật liệu được thấm ướt hoàn toàn;

bước 4: trộn ướt các vật liệu thành phần ở bước 3 bằng máy trộn với tốc độ từ 25 vòng/phút đến 30 vòng/phút trong khoảng thời gian từ 2 phút đến 3 phút cho đến khi hỗn hợp chảy dẻo; và

bước 5: bổ sung cốt liệu rỗng polystyren tái chế vào cối trộn, tiếp tục trộn với tốc độ từ 25 vòng/phút đến 30 vòng/phút trong khoảng thời gian từ 3 phút đến 5 phút đến khi hỗn hợp đạt độ dẻo và độ đồng nhất.



Hình 1