

# GẠCH LÁT BÊ TÔNG CHẤT LƯỢNG CAO CHO VÍA HÈ ĐÔ THỊ

PGS. TS. Lê Thanh Hà

Ths. Lương Đức Chung

Ths. Ninh Khắc Tôn

*Trường Đại học Giao thông vận tải*

## **TÓM TẮT:**

Hiện nay, vỉa hè của đường đô thị thường được lát bằng gạch block tự chèn, gạch Terrazzo, hoặc đá lát tự nhiên. Thực tế sử dụng chỉ ra những vấn đề còn tồn tại của những sản phẩm gạch lát này. Qua quá trình thực tế thi công và sử dụng trong những năm gần đây, gạch terrazzo và gạch block không còn phù hợp yêu cầu về chất lượng (cường độ thấp) và thẩm mỹ (gạch terrazzo mỏng, yếu không chịu được tải trọng ô tô, còn gạch block dễ mòn, bạc màu và dễ xộc xệch). Việc sử dụng đá tự nhiên để lát vỉa hè cũng đã được thực hiện trên các tuyến phố. Ngoài những vấn đề về giá thành cao, khai thác đá tự nhiên để sản xuất làm cạn kiệt nguồn tài nguyên thiên nhiên và gây ô nhiễm môi trường khu vực sản xuất và khu vực dân cư lân cận. Ngoài ra, quá trình sử dụng đá lát tự nhiên thường bị mài mòn, trơn trượt nên chưa thực sự phù hợp. Gạch lát bê tông chất lượng cao có cường độ cao như đá tự nhiên, có khả năng chống va đập và chịu uốn tốt hơn đá tự nhiên do được cải thiện thành phần cấu tạo. Do vậy, việc sử dụng gạch lát bê tông chất lượng cao sẽ mang lại hiệu quả kinh tế và môi trường.

**Từ khóa:** Vỉa hè đường đô thị, gạch block tự chèn, gạch Terrazzo, đá lát tự nhiên, và gạch lát bê tông chất lượng cao

## **ABSTRACT:**

Currently, sidewalks of urban roads are usually paved with self-inserted block bricks, Terrazzo bricks, or natural paving stones. Actual use shows the remaining problems of these tile products. Through the actual process of construction and use in recent years, terrazzo and block bricks no longer meet the requirements of quality (low strength) and aesthetics (thin, weak terrazzo bricks cannot withstand car loads. Block bricks are easily worn, discolored and easily torn). The use of natural stone to pave the sidewalk has also been implemented on the streets. In addition to the problem of high cost, mining natural stone for production depletes natural resources and pollutes the environment in production areas and neighboring residential areas. In addition, the process of using natural paving stones is often abrasive and slippery, so it is not really suitable. High quality concrete tiles have high strength like natural

stone, have better impact resistance and bending resistance than natural stone due to improved composition. Therefore, the use of high-quality concrete tiles will bring economic and environmental benefits.

**Keywords:** Urban pavement, self-inserting block bricks, Terrazzo bricks, natural paving stones, and high quality concrete paving bricks.

## 1. MỞ ĐẦU

Via hè đóng một vai trò quan trọng trong cấu trúc không gian đô thị, là một không gian chuyên tiếp quan trọng giữa nhà phố và đường phố và có các chức năng rõ ràng. Via hè (còn được gọi là hè hoặc hè phố) được xem là một phần của hạ tầng đường đô thị, phục vụ chủ yếu cho người đi bộ và đồng thời là nơi để bố trí hệ thống hạ tầng kỹ thuật đô thị dọc theo tuyến đường. Via hè đóng một vai trò quan trọng trong việc di chuyển vì chúng cung cấp một lối đi riêng cho mọi người đi bộ dọc trên các tuyến đường, tách biệt với các phương tiện cơ giới khác. Chúng cũng hỗ trợ đảm bảo an toàn bằng cách giảm thiểu sự tương tác giữa người đi bộ và các phương tiện giao thông.

Nghiên cứu được ủy quyền cho Bộ Giao thông vận tải Florida, xuất bản năm 2005, cho thấy, tại Florida, Hệ số Giảm tai nạn (được sử dụng để ước tính mức giảm tai nạn trong một khoảng thời gian nhất định) do việc lắp đặt vỉa hè đã đạt mức trung bình là 74%[1]. Nghiên cứu tại Đại học Bắc Carolina cho Bộ Giao thông vận tải Hoa Kỳ cho thấy rằng sự hiện diện hay vắng mặt của vỉa hè và giới hạn tốc độ là những yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến khả năng xảy ra tai nạn với xe cộ và người đi bộ. Sự hiện diện của vỉa hè có tỷ lệ rủi ro là 0.118, điều đó có nghĩa là khả năng xảy ra tai nạn trên đường có vỉa hè lát gạch thấp hơn 88,2% so với đường không có vỉa hè. Điều này không nên được hiểu là việc lắp đặt vỉa hè sẽ giúp giảm 88,2% khả năng xảy ra tai nạn cho người đi bộ/xe cơ giới trong mọi tình huống. Tuy nhiên, sự hiện diện của một vỉa hè rõ ràng có tác dụng mạnh mẽ trong việc giảm nguy cơ xảy ra tai nạn giữa người đi xe và người đi bộ đi dọc trên đường. Nghiên cứu không tính tới các vụ tai nạn xảy ra khi có người đi qua đường [2].

Via hè ngày nay có thể được làm từ nhiều loại vật liệu khác nhau, như bê tông xi măng, bê tông asphalt, gạch, đá tự nhiên...

## 2. THỰC TRẠNG GẠCH LÁT VỈA HÈ CỦA ĐƯỜNG ĐÔ THỊ

Via hè là một phần không thể thiếu của các tuyến đường đô thị. Hiện nay, vỉa hè của đường đô thị ở các đô thị nước ta, như thủ đô Hà Nội, thành phố Hồ Chí Minh... thường được lát bằng gạch block tự chèn, gạch terrazzo, hoặc đá lát tự nhiên. Thực tế sử dụng chỉ ra những vấn đề còn tồn tại của những sản phẩm gạch lát này. Qua quá

trình thực tế thi công và sử dụng trong những năm gần đây, gạch terrazzo và gạch block không còn phù hợp yêu cầu về chất lượng và thẩm mỹ (gạch terrazzo mỏng, cường độ thấp, yếu không chịu được tải trọng ô tô, gạch block cường độ thấp, dễ bị mài mòn, bạc màu và dễ xộc xệch) [3].

Các tuyến phố của thủ đô Hà Nội được đầu tư, cải tạo qua nhiều giai đoạn, trong đó, vật liệu lát hè phổ biến là gạch block tự chèn và gạch terrazzo. Chỉ có một số tuyến phố đã được cải tạo nhân dịp kỷ niệm 1000 năm Thăng Long - Hà Nội, vỉa hè đã được lát bằng đá tự nhiên. Vỉa hè nhiều tuyến phố hiện đã xuống cấp ảnh hưởng đến việc đi lại và an toàn cho người đi bộ cũng như mỹ quan của Thủ đô. Gần đây, Hà Nội đã cho lát lại vỉa hè hơn chục tuyến phố như Nguyễn Chí Thanh, Trần Duy Hưng, Thái Hà, Giảng Võ, Láng Hạ... Tuy nhiên, ở nhiều tuyến phố, gạch lát được vài tháng đã bắt đầu mất màu và xuất hiện hiện tượng rỗ mặt. Sau vài lần mưa, gạch bị rêu mốc. Dưới đây là hình ảnh được ghi nhận lại trên một số tuyến phố chính ở thủ đô Hà Nội [4].



*Hình 1. Vỉa hè đường Nguyễn Chí Thanh được lát gạch giả đá, nhưng sau một thời gian sử dụng đều trong tình trạng vỡ vụn.*



*Hình 2. Các viên gạch vỡ thành nhiều mảnh, trơ cả nền đất*



*Hình 3. Trên phố Giảng Võ, vỉa hè xuống cấp nghiêm trọng, có nhiều chỗ mất cả mảng, nát vụn làm mất mỹ quan đô thị*



*Hình 4. Hàng dãy ô tô „cắm chốt“ tại vỉa hè làm giảm tuổi thọ của nền gạch*



*Hình 5. Tại Thái Hà, vỉa hè ở đây được lát gạch hình lục giác, một trong số những loại bền và tốt nhất hiện nay nhưng cũng không „trụ“ nổi sự tác động của con người và môi trường*



*Hình 6. Phố Chùa Bộc cũng lâm vào tình trạng tương tự, vỉa hè được lát gạch terrazzo*

Việc sử dụng đá tự nhiên để lát vỉa hè cũng đã được thực hiện trên các tuyến phố. Ngoài những vấn đề về giá thành cao, khai thác đá tự nhiên để sản xuất, làm cạn kiệt nguồn tài nguyên thiên nhiên và ô nhiễm môi trường khu vực sản xuất và khu vực dân cư lân cận [5]. Ngoài ra, quá trình sử dụng đá lát tự nhiên thường bị mài mòn, trơn trượt nên chưa thực sự phù hợp. Đá tự nhiên dùng để lát vỉa hè thường có nguồn gốc từ đá vôi và đá hoa cương (Granite). Đá hoa cương có độ bền cao, rất đẹp. Nhưng để lát vỉa hè thì rất trơn, dễ gây tai nạn cho người đi bộ nhất là khi trời mưa, ẩm ướt và giá thành rất cao, nếu không nói là giá thành cao. Đá vôi thì độ bền kém, để lát vỉa hè thì độ dày của đá lát phải lớn (có thể từ 70mm trở lên) mới chịu được tải trọng của xe máy, xe ô tô, do cường độ chịu uốn thấp. Hơn nữa, dùng đá tự nhiên lát vỉa hè sẽ cản trở sự thấm thấu nước mưa, dẫn đến làm khô kiệt mạch nước ngầm về lâu dài. Ngoài ra, cần đề cập đến tác hại của việc khai thác đá tự nhiên: Trong quá trình sản xuất gạch lát vỉa hè từ đá tự nhiên gây ra những tác hại đáng kể, như: hệ động vật thực vật không thể sống trong vùng khai thác, ô nhiễm không khí nghiêm trọng ảnh hưởng đến sức khỏe con người, sau khi khai thác, chế tác thành đá lát thì rất dễ nứt mẻ thậm chí là vỡ.



*Hình 7. Vỉa hè phố Lê Trọng Tấn, đá lát tự nhiên “vĩnh cửu” và gạch terrazzo bị xuống cấp, bung, sụt lún và vỡ nát*

Gạch lát vỉa hè thường xuyên tiếp xúc trực tiếp với môi trường nên cần phải chống chịu được lại tác động của thời tiết. Ngoài việc phải chịu được sức nóng từ ánh nắng mặt trời, gạch lát vỉa hè phải chống chịu được những tác động từ mưa, gió, chất ăn mòn... mới đảm bảo được khả năng sử dụng lâu dài và tính thẩm mỹ cho từng sản phẩm nói riêng và vỉa hè đường phố nói chung.

Gạch lát bê tông cường độ cao có cường độ cao, có thể chế tạo được gạch bê tông có cường độ tương đương với đá tự nhiên. Gạch lát bê tông cường độ cao có khả năng chống va đập và chịu uốn tốt hơn đá tự nhiên do được cải thiện thành phần cấu tạo. Không chỉ có cường độ cao, gạch lát vỉa hè này có khả năng chống chịu thời tiết và độ bền chống ăn mòn cao. Gạch lát bê tông cường độ cao là loại gạch được đánh giá là thân thiện với môi trường, bởi trong quy trình sản xuất gạch đều không dùng sử dụng nhiên liệu hóa thạch, và có thể tận dụng phế thải công nghiệp, như tro xỉ nhiệt điện, xỉ lò... để làm nguyên liệu sản xuất.

Hiện nay, vỉa hè các tuyến phố ở Hà Nội chủ yếu được lát bằng gạch block, gạch terrazzo, Đá tự nhiên đều bị xuống cấp và thiếu tính thẩm mỹ cảnh quan đô thị. Diện tích vỉa hè và giao thông tĩnh ở những tuyến phố Hà nội là rất lớn, do vậy cần một lượng lớn các sản phẩm gạch lát đảm bảo chất lượng, độ bền và tính thẩm mỹ cao. Gạch lát vỉa hè bê tông cường độ cao được sản xuất chủ yếu từ nguyên liệu cho bê tông thường kết hợp với việc cải tiến thành phần cấp phối, sử dụng thêm phụ gia. Do vậy, về nguyên liệu và chi phí sản xuất sản phẩm gạch bê tông cường độ cao này sẽ không cao và hoàn toàn có thể thực hiện được trên địa bàn Thành phố Hà Nội và các tỉnh lân cận.

Việc sản xuất thành công gạch lát bê tông cường độ này đem lại rất nhiều hiệu quả về mặt kinh tế kỹ thuật, môi trường và xã hội. Đây là một sản phẩm bê tông công nghệ cao có mẫu mã và hình thức đa dạng góp phần vào việc chỉnh trang và nâng cao thẩm mỹ cho vỉa hè đô thị. Quy trình sản xuất gạch không phát thải khí CO<sub>2</sub>, và sử dụng nguyên liệu thể phải công nghiệp tro bay góp phần làm giảm ô nhiễm môi trường.

### **3. GẠCH LÁT BÊ TÔNG CHẤT LƯỢNG CAO CHO VỈA HÈ ĐÔ THỊ**

#### **3.1. Đặc tính kỹ thuật của gạch lát bê tông chất lượng cao**

Gạch lát bê tông chất lượng cao là sản phẩm đặc biệt được sản xuất từ bê tông chất lượng có cấu tạo 1 lớp hoặc 2 lớp tùy theo chiều dày viên gạch và yêu cầu kỹ thuật của dự án. Gạch được sản xuất trên dây chuyền công nghệ đúc ướt định hình trong khuôn nhựa. Bề mặt viên gạch tiếp xúc với khuôn nhựa có độ bóng, mịn và không bị rỗ nên chịu được độ mài mòn lớn, không thấm nước và không rêu mốc và bề màu sắc hơn so với gạch bê tông thông thường. Gạch lát bê tông chất lượng cao có thiết kế hoa văn giống với vân đá tự nhiên nên đa dạng mẫu mã và tạo nên không gian cảnh quan đô thị sang trọng, sạch đẹp và bền vững.

Gạch lát bê tông chất lượng cao có rất nhiều ưu điểm vượt trội so với gạch terrazzo và gạch block tự chèn thông thường khác, thậm chí là cả đá tự nhiên.

- Hình dạng, kích thước gạch lát bê tông chất lượng cao rất đa dạng và phong phú đáp ứng được yêu cầu thiết kế đặt ra. Thông thường, gạch lát bê tông được sản xuất với dạng hình vuông hoặc chữ nhật có kích thước là 400 x400 mm và 300 x300 mm, với chiều dày từ 30-60mm.

- Tình thẩm mỹ cao: Do gạch được chế tạo từ bê tông chất lượng cao nên bề mặt của gạch bê tông bóng, mịn hơn, bền màu hơn, độ mài mòn tốt hơn và không bị rêu mốc... tạo nên tính thẩm mỹ cho cảnh quan đô thị.

- Bền và khả năng chịu lực cao: Do gạch được chế tạo từ bê tông chất lượng cao với cường độ chịu nén cao (thường  $\geq 60$  MPa), độ thấm nước thấp, đặc chắc nên có khả năng chịu lực cao không bị nứt vỡ và bền thời tiết.

Từ kết quả nghiên cứu thực tế, các đặc tính kỹ thuật của gạch lát bê tông chất lượng cao dự kiến như sau:

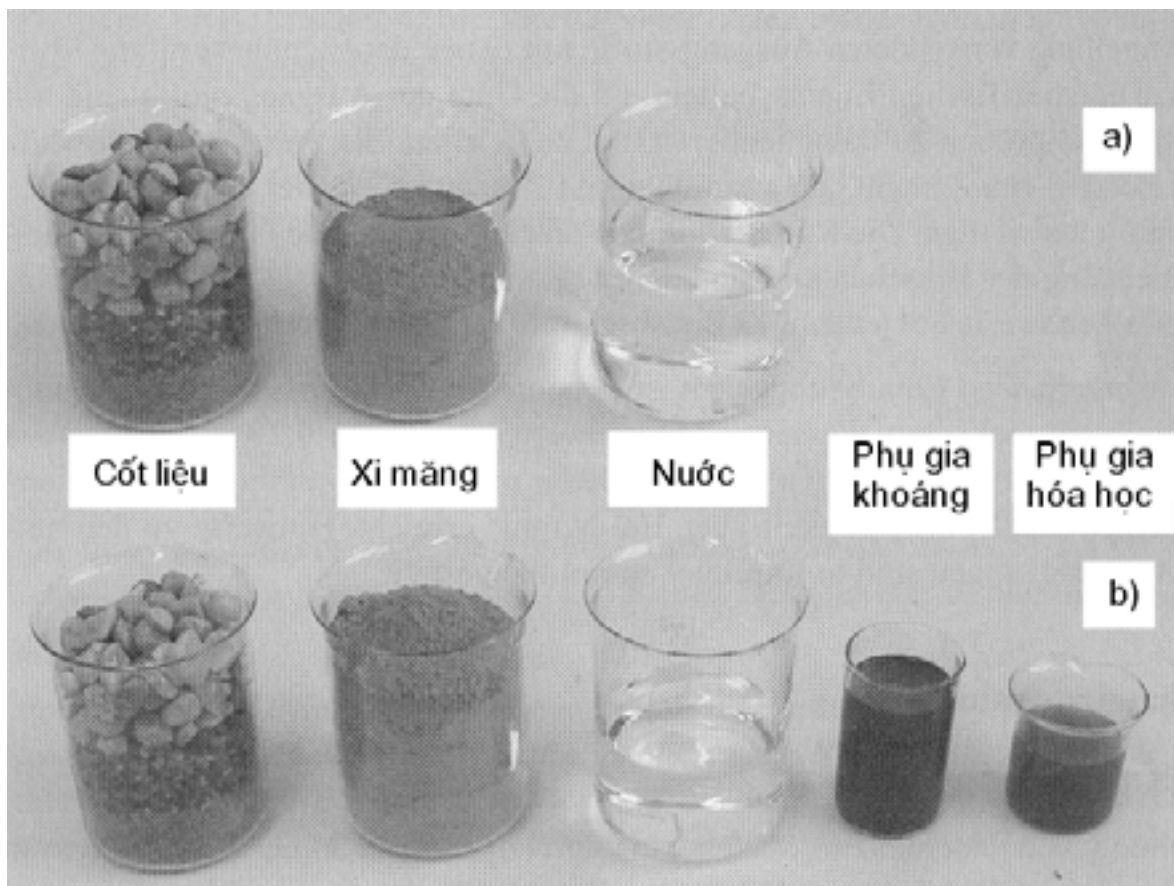
- Cường độ chịu nén  $\geq 60$  MPa;
- Cường độ chịu kéo khi uốn  $\geq 10$  MPa;
- Mác chống thấm của bê tông  $\geq B12$ ;

- Độ mài mòn bề mặt  $\leq 0,4 \text{ g/cm}^2$ ;
- Độ hút nước bề mặt theo khối lượng  $\leq 6\%$ .

### 3.2. Nguyên liệu và công nghệ sản xuất gạch lát bê tông chất lượng cao

Gạch lát được sản xuất từ bê tông cường độ cao theo công nghệ đúc ướn, đầm rung định hình trong khuôn. Để chế tạo được bê tông cường độ cao cần lưu ý những yếu tố sau:

- Sử dụng tỷ lệ N/CKD thấp hơn 0,35;
- Sử dụng xi măng hoạt tính cao;
- Sử dụng phụ gia khoáng vô cơ, siêu mịn với lượng dùng từ 5 đến 20%;
- Sử dụng phụ gia siêu dẻo, giảm nước mức độ cao;
- Sử dụng cốt liệu sạch từ đá gốc có cường độ cao;
- Giảm  $D_{\max}$  và tối ưu thành phần hạt cốt liệu bằng cách bổ sung thêm chất độn trung gian.



Hình 8. So sánh thành phần vật liệu chế tạo bê tông thường (a) và bê tông cường độ cao (b)



Dưới đây sẽ trình bày về các vật liệu chính để chế tạo bê tông cường độ cao.

*Xi măng:* Xi măng là thành phần chất kết dính để liên kết các hạt cốt liệu với nhau tạo ra cường độ và các tính chất khác của bê tông cũng như các sản phẩm từ bê tông. Chất lượng và hàm lượng xi măng là yếu tố quan trọng quyết định cường độ chịu lực và các tính chất khác của bê tông. Để chế tạo bê tông cường độ cao có thể sử dụng xi măng Pooc-lăng hoặc xi măng Pooc-lăng hỗn hợp có các yêu cầu kỹ thuật phù hợp với Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 2682:2009 và TCVN 6260:2009 nên dùng xi măng PC/PCB40 trở lên, cần kiểm tra tính tương thích giữa loại xi măng và các loại phụ gia sử dụng.

*Nước:* Nước sử dụng trong bê tông cho việc trộn, bảo dưỡng hoặc các ứng dụng khác phải là nước uống được, ngoài ra chúng có thể phải đảm bảo độ sạch hợp lý và không lẫn dầu, muối, axit, chất kiềm, thực vật và bất kỳ chất nào khác gây hư hỏng đối với sản phẩm hoàn thiện. Nước dùng để chế tạo bê tông là nước sinh hoạt từ nhà máy nước Hà Nội, thỏa mãn các yêu cầu kỹ thuật theo TCVN 4056:2012 đối với nước trộn vữa và bê tông.

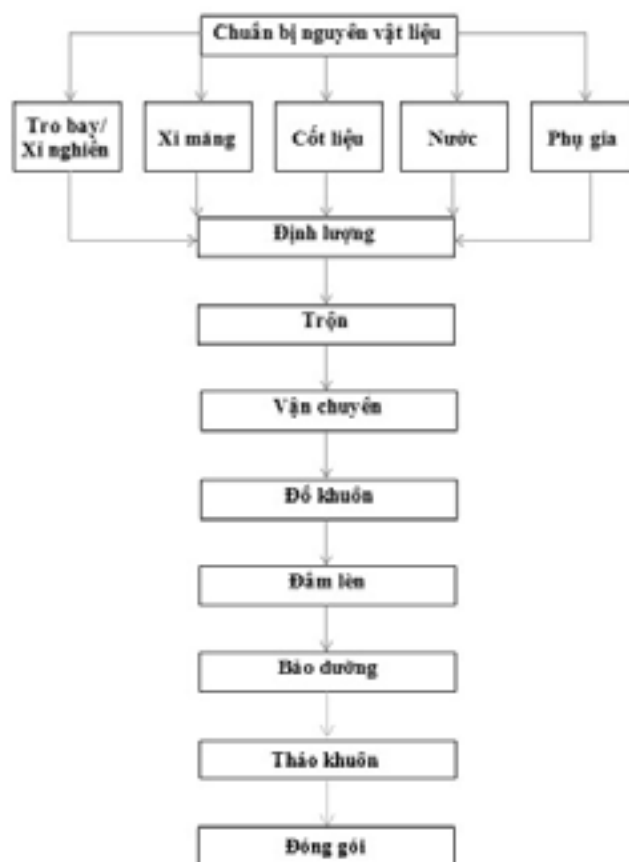
*Cốt liệu:* Để chế tạo bê tông cường độ cao hạt lớn, cốt liệu thô như sỏi và đá dăm có thể sử dụng. Cốt liệu lớn chiếm tới 56-80% tổng thể tích của bê tông xi măng. Loại cốt liệu, thành phần hạt của cốt liệu ảnh hưởng đến các tính chất của bê tông như: tính công tác của hỗn hợp bê tông, cường độ, tính chống thấm, độ bền. Cốt liệu ở các địa phương khác nhau, giá thành của bê tông cũng khác nhau. Bởi vậy thiết kế hỗn hợp cốt liệu là một khâu quan trọng khi lựa chọn tối ưu hỗn hợp bê tông xi măng. Nguyên tắc xác định thành phần của hỗn hợp cốt liệu: dùng đường cong cấp phối hợp lý hoặc dùng giá trị độ đặc của hỗn hợp cốt liệu. Đá dăm dùng trong bê tông đóng vai trò là khung cốt liệu ảnh hưởng lớn tới cường độ và tính đồng nhất của bê tông, vì vậy đá dăm sử dụng trong bê tông phải đảm bảo các chỉ tiêu kỹ thuật theo ASTM C33 và TCVN 7570:2006. Cốt liệu nhỏ (Cát tự nhiên và cát nghiền). Cát có cỡ hạt từ 0,14 đến 5,0 mm và có các yêu cầu về chất lượng cốt liệu thỏa mãn các tiêu chuẩn theo ASTM C33 và TCVN 7570:2006.

*Phụ gia khoáng:* có chức năng làm đầy, và có hoạt tính pozzolanic, phản ứng với  $\text{Ca(OH)}_2$  tạo ra Hydrosilicatcanxi (CSH) làm tăng độ đặc của đá xi măng trong bê tông [6].

Bảng 1. Các loại phụ gia khoáng cho bê tông cường độ cao

Phụ gia	Nguồn gốc	Thành phần	Kích thước hạt	Hiệu quả chính	Ghi chú
Tro bay	Tro đáy lò hoặc muối ống khói nhà máy nhiệt điện	SiO <sub>2</sub> = 5-25% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> = 10-30% Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> = 5-25% CaO, MgO	Tổng đồng hạt xi măng (< 15 μm)	Hoạt tính pu zơ lan giảm lượng vôi tự do	Class F: S+A +F > 70 % Class C: S+A +F ≈ 50- 70%
Muối silic	Sản phẩm phụ trong lò hồ quang khí rắn xuất silic	SiO <sub>2</sub> > 85%	Khoảng 1/100 hạt xi măng (< 0, 15 μm)	Làm đầy, Hoạt tính pu zơ lan, cải thiện cấu trúc vùng tiếp xúc	Bê tông CDC 8-12% Bê tông SCD 25-30%
Xi măng nghiền mịn	Sản phẩm phụ trong quá trình luyện thép	SiO <sub>2</sub> = 32-40% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> = 7-17% CaO = 29-42% MgO = 8-19% Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , MnO	Tổng đồng hạt xi măng (< 15 μm)	Chất độn, thay thế một phần xi măng	Có 3 cấp 80, 100, 120, Lượng dùng khoảng 40%
Mã ta cao lanh	Nung đất sét hoặc đất cao lanh ở nhiệt độ 650-800°C	SiO <sub>2</sub> = 50-55% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ≈ 35-45%	Khoảng 1/10 hạt xi măng (2 μm)	Liên tục hoá thành phần hạt trong bê tông, Hoạt tính pu zơ lan	Chủ yếu ảnh hưởng đến sự phát triển cường độ giai đoạn đầu

Từ những nguyên vật liệu được chuẩn bị đảm bảo kỹ thuật, quy trình chế tạo gạch lát bê tông chất lượng cao được thực hiện như sau: Hỗn hợp bê tông được chuẩn bị ở trạm trộn. Quá trình công nghệ bao gồm các khâu như sau: Chuẩn bị, trộn, vận chuyển, đổ khuôn, đầm nén, dưỡng hộ, tháo khuôn, kiểm tra chất lượng và đóng gói.



Hình 9. Sơ đồ quy trình công nghệ chế tạo gạch lát bê tông chất lượng cao

#### 4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Trên cơ sở phân tích đánh giá thực trạng gạch lát vỉa hè ở các đô thị Việt Nam và so sánh giữa các loại gạch lát vỉa hè, một số kết luận có thể đưa ra như sau:

- Gạch terrazzo và gạch block lát vỉa hè hiện nay nhìn chung không còn phù hợp yêu cầu về chất lượng và thẩm mỹ.

- Việc sử dụng **đá** tự nhiên để lát vỉa hè cũng **đã được** thực hiện trên các tuyến phố. Ngoài những vấn đề về giá thành cao, khai thác **đá** tự nhiên để sản xuất, làm cạn kiệt nguồn tài nguyên thiên nhiên và ô nhiễm môi trường khu vực sản xuất và khu vực dân **cư lân cận**.

- Việc sử dụng gạch lát bê tông **cường độ** đem lại rất nhiều hiệu quả về mặt kinh tế kỹ thuật, môi trường và xã hội. **Đây** là một sản phẩm bê tông công nghệ cao có mẫu mã và hình thức **đa dạng** góp phần vào việc chỉnh trang và nâng cao thẩm mỹ cho vỉa hè **đô thị**./.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Gan, Albert; Joan Shen; Adriana Rodriguez (2005). “Update of Florida Crash Reduction Factors and Countermeasures to Improve the Development of District Safety Improvement Projects” (PDF). State of Florida DOT. BD015-04.

2. McMahon, Patrick J.; Charles V. Zegeer; Chandler Duncan; Richard L. Knoblauch; J. Richard Stewart; Asad J. Khattak (2002). “AN ANALYSIS OF FACTORS CONTRIBUTING TO “WALKING ALONG ROADWAY” CRASHES, RESEARCH STUDY AND GUIDELINES FOR SIDEWALKS AND WALKWAYS” (PDF). Federal Highway Administration. FHWA-RD-01-101.

3. <https://vov.vn/tin-24h/de-xuat-dung-gach-gia-da-de-lat-via-he-ha-noi-551541.vov>

4. <http://reatimes.vn/ha-noi-via-he-nhieu-tuyen-pho-chinh-bong-troc-xuong-cap-976.html>

5. <https://www.tienphong.vn/xa-hoi/so-xay-dung-ha-noi-tham-dinh-gia-da-lat-via-he-vuot-khung-1216644.tpo>

6. Lothenbach, B., K. Scrivener, and R.D. Hooton, Supplementary cementitious materials. Cement and Concrete Research, 2011. 41(12): p. 1244-1256.