

Nghiên cứu chế tạo gạch bê tông lát thoát nước và tự làm sạch bề mặt sử dụng cốt liệu tái chế từ phế thải xây dựng

Nguyễn Nhân Hòa^{1*}, Nguyễn Tiến Anh², Vũ Phương Minh², Trần Nhật Khánh¹

¹ Khoa Vật liệu Xây dựng, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội

² Ban đào tạo kỹ sư chất lượng cao, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội

TỪ KHOÁ

Gạch bê tông lát
Phế thải xây dựng
Cốt liệu tái chế
Thành phần hạt liên tục
Thoát nước
Tự làm sạch bề mặt
Chống tắc

TÓM TẮT

Bê tông hóa là một trong những nguyên nhân hàng đầu gây ngập úng ở môi trường đô thị. Bề mặt phủ tự nhiên được thay bằng bề mặt phủ bê tông làm mất đi khả năng thoát nước của các khu vực. Ngập úng làm ô nhiễm môi trường, ùn tắc giao thông, hư hỏng cơ sở hạ tầng và các phương tiện. Bên cạnh đó, sự phát triển kinh tế xã hội đã thúc đẩy quá trình xây dựng và đầu tư cơ sở hạ tầng kéo theo việc phát sinh một lượng lớn phế thải xây dựng (PTXD) gây ô nhiễm và tốn một lượng lớn tài nguyên đất để xử lý chôn lấp. Hiện nay, một số tác giả nghiên cứu chế tạo bê tông xi măng có độ rỗng cao để thoát nước; tái chế cốt liệu phế thải để chế tạo bê tông. Chúng có nhược điểm gạch, bê tông rỗng chỉ dùng được một số loại cỡ hạt cốt liệu nhất định, dễ bị tắc nghẽn sau quá trình dài sử dụng. Do đó, nghiên cứu chế tạo gạch lát thoát nước, có sử dụng cốt liệu PTXD khắc phục được các nhược điểm trên là rất cần thiết. Trong nghiên cứu này, nhóm đã chế tạo được gạch bê tông lát thoát nước (GBTLTN) có cường độ cao, mức độ thoát nước theo yêu cầu thiết kế, không bị tắc bùn cát bởi chúng thiết kế có các lỗ rỗng công nghệ đặc biệt. Thử nghiệm với sản phẩm có 4 lỗ rỗng công nghệ và 2 kênh thoát nước, dùng 100% cốt liệu tái chế (CLTC), dùng được cỡ hạt liên tục. Đồng thời, sản phẩm này còn khắc phục được nhiều nhược điểm khác của bê tông rỗng thoát nước.

KEYWORDS

Concrete paving block
Construction wastes
Recycled aggregates
Continuous particle size distribution
Drainage
Self-cleaning surface
Clogging resistance

ABSTRACT

Concrete paving is one of the leading causes of urban flooding. Natural ground cover is replaced by impervious concrete surfaces, resulting in the loss of infiltration and drainage capacity of urban areas. Flooding leads to environmental pollution, traffic congestion, and damage to infrastructure and vehicles. In addition, socio-economic development has accelerated construction activities and infrastructure investment, generating a large volume of construction and demolition waste (CDW), which causes environmental pollution and consumes substantial land resources for landfill disposal. Currently, several studies have focused on the development of high-porosity cement concrete for drainage purposes and on the recycling of waste aggregates for concrete production. However, permeable bricks and pervious concrete exhibit certain limitations, such as the ability to utilize only specific aggregate size ranges and a high susceptibility to clogging after long-term service. Therefore, research on the development of permeable paving blocks incorporating recycled CDW aggregates to overcome these limitations is of great necessity. In this study, the research group successfully developed high-strength permeable concrete paving blocks that meet the design requirements for drainage capacity and are resistant to clogging by silt and sand due to the incorporation of specially designed engineered voids. Experimental products featuring four engineered voids and two drainage channels were manufactured using 100% recycled aggregates with a continuous particle size distribution. Furthermore, this product effectively addresses several inherent drawbacks of conventional pervious concrete.

1. Giới thiệu

Biến đổi khí hậu do sự gia tăng nhiệt độ trên toàn cầu đã dẫn đến những ảnh hưởng mạnh mẽ tới các hình thái thời tiết cực đoan, đặc biệt là lượng mưa cực trị, tần suất để xuất hiện những trận mưa đặc biệt lớn sẽ ngày càng cao [1, 5], lượng nước bề mặt cần thoát lớn. Việc bê tông hóa bề mặt cũng làm mực nước cục bộ tăng lên nhanh chóng. Hiện

nay, hệ thống thoát nước ở các đô thị lớn chủ yếu là hệ thống thoát nước chung phát triển trên cơ sở cống thoát nước mưa hình thành từ trước, kích thước và độ dốc cống nhỏ, mật độ tính theo chiều dài trên đầu người thấp, bị xuống cấp, không đảm bảo phục vụ tiêu thoát nước kịp thời, dễ gây ngập úng [6, 7].

PTXD là chất thải rắn được phát sinh trong quá trình khảo sát, thi công xây dựng công trình (bao gồm công trình xây dựng mới, sửa

*Liên hệ tác giả: hoann@huce.edu.vn

Nhận ngày 14/05/2026, sửa xong ngày 17/05/2026, chấp nhận đăng ngày 18/05/2026

Link DOI: <https://doi.org/10.54772/jomc.04.2026.1346>

chữa, cải tạo, di dời, tu bổ, phục hồi, phá dỡ) [8]. PTXD rất phong phú và đa dạng về chủng loại, chất lượng khác nhau phụ thuộc vào nguồn phát sinh. Thành phần PTXD điển hình ở Việt Nam bao gồm khoảng 36 % đất, sỏi, cát; 31 % khối xây; 23 % là bê tông và các thành phần khác chiếm khoảng 10 % [2, 3, 4, 8, 9, 17]. Trong đó, thành phần bê tông phế thải và khối xây là hai thành phần có khối lượng lớn nhất trong quá trình phá dỡ, cải tạo, sửa chữa các công trình xây dựng và có khả năng tái chế thành cốt liệu sử dụng cho bê tông. Bảng 1 thể hiện tỷ lệ phát thải và tái chế PTXD ở một số quốc gia trên thế giới.

Hiện nay, vỉa hè của đường đô thị thường được lát bằng gạch block tự chèn, gạch terrazzo, hoặc gạch đá lát tự nhiên. Thực tế, những sản phẩm này sử dụng vẫn còn tồn tại: 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 lớn, còn gạch block dễ mòn, bạc màu,...). Với đá tự nhiên để lát vỉa hè cũng thì có tính thẩm mỹ tốt, bền lâu nhưng: giá thành cao, màu sắc đơn điệu, và việc khai thác đá tự nhiên để sản xuất làm cạn kiệt nguồn tài nguyên thiên nhiên. Gạch lát bê tông 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. Các loại gạch lát này, đều tồn tại nhược điểm chung: Không có khả năng thoát nước và ngấm nước xuống mặt đất còn chưa cao, nên góp phần dễ gây ra như bụi bẩn, ngập úng cục bộ,... [7]

Bê tông rỗng thoát nước (BTRTN) là một loại bê tông có chứa các lỗ rỗng thông nhau cho nước thấm qua dễ dàng. Do có độ rỗng cao, nên cường độ nén thường thấp hơn so với bê tông thường. Cường độ nén của BTRTN thường dao động trong khoảng 2,8 MPa đến 28,0 MPa. Tính thoát nước của BTRTN được đánh giá qua hệ số thoát nước là thể tích chất lỏng chảy qua một đơn vị diện tích tiết diện trong một đơn vị thời gian dưới tác dụng của một đơn vị gradient thủy lực, được tính bằng mm/s. Hệ số thoát nước chủ yếu phụ thuộc vào độ rỗng, độ rỗng càng lớn thì hệ số thoát nước càng cao [10]. BTRTN có độ rỗng cao nên cường độ khá thấp, vì vậy chúng không sử dụng được cho việc xây dựng các con đường giao thông có tải trọng lớn. Đối chiếu theo quy định về thiết kế lớp áo mặt đường của Việt Nam dùng bê tông xi măng [11, 12] thì BTRTN phù hợp làm đường giao thông hạng nhẹ (đường cấp IV, V, VI). Trong quá trình sử dụng bề mặt bê tông thường xuyên có bụi bẩn, tạp chất,... chúng có thể dễ dàng chui vào các lỗ rỗng hở của bê tông làm bịt kín lại, các chất này khó vệ sinh từ đó giảm đáng kể hiệu quả thoát nước khi có mưa; Loại bê tông này khó tái sử dụng lại khi hư hỏng do trong quá trình sử dụng có bụi bẩn, tạp chất,...chui vào trong các lỗ rỗng khó xử lý; Thành phần cấp phối, trộn phức tạp và chỉ sử dụng một số loại cỡ hạt cốt liệu nhất định [13, 17, 18].

2. Vật liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Xi măng

Các tính chất của xi măng được xác định theo TCVN [20-23] – Bảng 2.

2.2. Tro bay

Trong nghiên cứu này có sử dụng phụ gia tro bay nhà máy nhiệt điện Phả Lại. Xác định theo TCVN [24] - Bảng 3.



a) Tro bay

b) Cốt liệu nhỏ tái chế

Hình 1. Tro bay, cốt liệu nhỏ tái chế sử dụng.

2.3. Cốt liệu nhỏ

Cốt liệu nhỏ sử dụng trong nghiên cứu là cốt liệu nhỏ tái chế từ PTXD, được lấy ở kho bãi của Công ty Toàn Cầu tại Pháp Vân, Hà Nội và cốt liệu nhỏ tự nhiên (CLNTN) là cát vàng có nguồn gốc từ Việt Trì, Phú Thọ. Trước khi sử dụng, được phơi và sàng qua sàng 5 mm. Sau khi hạt cốt liệu sấy khô và được đựng trong bao kín, cách ẩm. Các tính chất của CLN được xác định theo TCVN [18] - Bảng 4, Bảng 5, Bảng 6.

2.4. Cốt liệu lớn

Cốt liệu lớn sử dụng là cốt liệu lớn được chế tạo từ PTXD, cũng được lấy ở kho bãi của Công ty Toàn Cầu tại Pháp Vân, Hà Nội. Trước khi sử dụng, cốt liệu được phơi và sàng lựa chọn cỡ hạt sử dụng trong nghiên cứu lọt sàng 10 mm và nằm trên sàng 5 mm. Sau khi hạt cốt liệu đã khô được đựng trong bao cách ẩm. Các tính chất của CLL được xác định theo TCVN [19] – Bảng 8.

2.5. Phụ gia siêu dẻo

Nghiên cứu sử dụng phụ gia siêu dẻo MasterPolyheed 8588 đạt yêu cầu theo tiêu chuẩn ASTM C494 Type A,F & G. Hàm lượng sử dụng phụ thuộc vào từng cấp phối và có các đặc tính sau:

- Dạng sản phẩm : Dạng lỏng.
- Màu sắc : Cam.
- Khối lượng riêng : $1,08 \div 1,12 \text{ g/cm}^3$
- Hàm lượng sử dụng : 0,6-1,2 lít/100 kg xi măng.

2.6. Nước

Nghiên cứu sử dụng nước sinh hoạt để chế tạo bê tông. Nước sử dụng thỏa mãn các tiêu chuẩn kỹ thuật của TCVN 4560:2012 [25].

2.7. Phương pháp nghiên cứu

Các phương pháp thí nghiệm tiêu chuẩn và phi tiêu chuẩn được sử dụng cho nghiên cứu này. Trong đó các phương pháp tiêu chuẩn dựa trên hệ thống tiêu chuẩn của Việt Nam gồm: xác định các tính chất cơ lý của XM (TCVN 13605:2023, TCVN 6017:2015, TCVN 6016:2011, phụ gia khoáng tro bay TCVN 10302:2014, cốt liệu cho bê tông (CLLTC, CV,

CLN theo TCVN 7572:2006, nước cho bê tông TCVN 4560:2012, các tính chất cơ lý của bê tông theo TCVN 3106:2022, TCVN 3121-10:2003, TCVN 3118:2022. [18-24]. Tính chất cơ lý của bê tông cường độ nén, độ mài mòn được thí nghiệm với mẫu đúc trong mẫu lập phương có cạnh là 100 mm, được bảo dưỡng ở điều kiện tiêu chuẩn và thí nghiệm ở tuổi 28 ngày. Tính chất thoát nước, làm sạch cát của gạch được thử nghiệm phi tiêu chuẩn.

Bảng 1. Tỷ lệ tái chế PTXD ở một số quốc gia [18].

Quốc gia	Lượng PTXD (triệu tấn)	Tổng lượng PTXD tái chế (triệu tấn)	Tỷ lệ PTXD tái chế, (%)
Ý	46,3	-	-
Thụy Điển	10,2	-	-
Brazil	101	6,2	6,14
Úc	19,3	12	6,2
Tây Ban Nha	38,5	5,39	14
Nam Phi	4,7	0,67	16
Phần Lan	20,8	5,4	26
Hồng Kông	24,3	6,8	28
Canada	0,66	0,2	30
Thái Lan	10,0	3,2	32
Thụy Sĩ	7,0	2	38
Trung Quốc	300	120	40
Mỹ	534	256,3	48
Bồ Đào Nha	11,4	5,52	48,4
Pháp	342,6	212,4	62
Anh	114,2	74,23	65
Na Uy	1,3	0,87	67,3
Ireland	16,6	13,3	80
Bỉ	40,2	34,57	86
Đức	192	165,4	86
Đài Loan	63	58	91
Đan Mạch	21,7	20,4	94
Hà Lan	25,8	25,28	98
Nhật Bản	77	62	≥ 98 %

Bảng 2. Tính chất của xi măng Bút Sơn PCB 40.

STT	Tiêu chí thí nghiệm	Đơn vị	Giá trị quy định	Kết quả	Phương pháp thử
1	Độ nghiền mịn: Phần còn lại trên sàng 0,09 Bề mặt riêng – phương pháp Blaine	% cm ² /g	≤ 10 ≥ 2800	0,6 4168	TCVN 13605:2023
2	Độ dẻo tiêu chuẩn	%	-	28,2	TCVN 6017:2015
3	Thời gian đông kết - Bắt đầu - Kết thúc	min Phút Phút	≥ 45 ≤ 375	140 230	TCVN 6017:2015
4	Độ ổn định thể tích Le Chatelier	mm	≤ 10	1,0	TCVN 6017:2015
5	Cường độ nén sau 28 ngày	MPa	≥ 40	45,3	TCVN 6016:2011

Bảng 3. Tính chất của tro bay sử dụng.

STT	Chỉ tiêu	Đơn vị	Kết quả thí nghiệm
1	Kích thước hạt trung bình	μm	7,87
2	Khối lượng riêng	g/cm^3	2,29
3	Khối lượng thể tích	g/cm^3	950
4	Diện tích bề mặt riêng	cm^2/g	3870
5	Chỉ số hoạt tính so với xi măng	%	94,5

Bảng 4. Tính chất cơ lý của cốt liệu nhỏ tái chế.

TT	Chỉ tiêu thí nghiệm	Đơn vị	Kết quả	Phương pháp thử
1	Khối lượng riêng	g/cm^3	2,58	TCVN 7572-4:06
2	Khối lượng thể tích bão hòa	g/cm^3	2,39	TCVN 7572-4:06
3	Khối lượng thể tích khô	g/cm^3	2,22	TCVN 7572-4:06
4	Khối lượng thể tích xốp	kg/m^3	1310	TCVN 7572-6:06
5	Độ hút nước	%	7,65	TCVN 7572-4:06
6	Modul độ lớn	-	3,2	TCVN 7572-2:06
7	Hàm lượng bụi bùn sét	%	1,5	TCVN 7572-8:06

Bảng 5. Thành phần hạt của cốt liệu nhỏ tái chế.

Kích thước lỗ sàng (mm)	Lượng sót sàng (%)	Lượng sót sàng tích lũy (%)
2,5	18,14	18,14
1,25	33,92	52,06
0,63	16,85	68,91
0,315	13,71	82,62
0,15	16,57	99,19
< 0,15	0,81	100

Bảng 6. Tính chất cơ lý của cốt liệu nhỏ cát vàng (CLNTN).

TT	Chỉ tiêu thí nghiệm	Đơn vị	Kết quả	Phương pháp thử
1	Khối lượng riêng	g/cm^3	2,61	TCVN 7572-4:06
2	Khối lượng thể tích bão hòa	g/cm^3	2,54	TCVN 7572-4:06
3	Khối lượng thể tích khô	g/cm^3	2,52	TCVN 7572-4:06
4	Khối lượng thể tích xốp	kg/m^3	1420	TCVN 7572-6:06
5	Độ hút nước	%	0,7	TCVN 7572-4:06
6	Modul độ lớn	-	2,73	TCVN 7572-2:06
7	Hàm lượng bụi bùn sét	%	0,3	TCVN 7572-8:06

Bảng 7. Thành phần hạt của cốt liệu nhỏ cát vàng.

Kích thước lỗ sàng (mm)	Lượng sót sàng (%)	Lượng sót sàng tích lũy (%)
2,5	7,8	7,8
1,25	13,1	20,9
0,63	34,7	55,6
0,315	33,3	88,9
0,15	11,1	100
< 0,15	0	100

Bảng 8. Tính chất cơ lý của cốt liệu lớn tái chế.

TT	Chỉ tiêu thí nghiệm	Đơn vị	Kết quả	Phương pháp thử
1	Khối lượng riêng	g/cm ³	2,66	TCVN 11969:2018
2	Khối lượng thể tích bão hòa	g/cm ³	2,29	TCVN 11969:2018
3	Khối lượng thể tích khô	g/cm ³	2,16	TCVN 11969:2018
4	Khối lượng thể tích xốp	kg/m ³	1320	TCVN 11969:2018
5	Độ hút nước	%	6,0	TCVN 11969:2018
6	Hàm lượng bụi bùn sét	%	0	TCVN 11969:2018
7	Độ nén đập trong xi lanh	%	12,19	TCVN 11969:2018
8	Kích thước hạt (Dmax)	mm	10	TCVN 11969:2018

3. Kết quả nghiên cứu và bàn luận

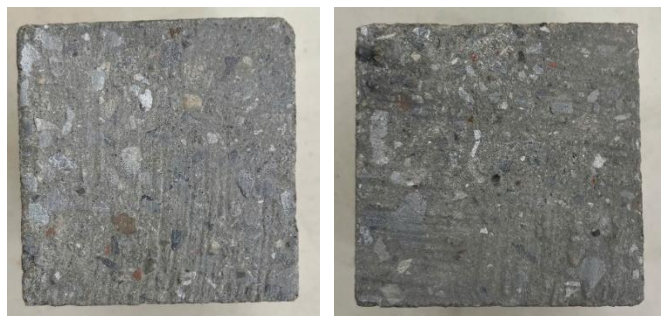
GBTLTN là loại vật liệu lát nền được thiết kế với các lỗ rỗng hoặc kênh liên thông nhằm tăng khả năng thấm và thoát nước xuống lớp nền bên dưới, hạn chế hiện tượng đọng nước trên bề mặt sân, vỉa hè, bãi đỗ xe, công viên,... Mục đích để khi mưa hoặc rửa đường, nước sẽ chảy qua các lỗ rỗng hoặc kênh liên thông của gạch, thấm xuống lớp cát hoặc đá dăm bên dưới, sau đó thấm vào nước ngầm. Điều này giúp giảm ngập úng và bảo vệ kết cấu nền nhờ đảm bảo áp lực nước ngầm. Ngoài ra, khi thoát nước sẽ mang theo bụi, bùn, sét,... đi qua lỗ rỗng công nghệ từ đó thu hồi được chúng đồng thời cũng giúp giảm lượng bụi trong không khí.

3.1. Tính chất cơ lý của bê tông

Trong nghiên cứu này, thiết kế chế tạo bê tông đạt mác M50 và sử dụng thành phần như Bảng 9.

Hỗn hợp bê tông này có độ sụt 20 ± 2 cm và khối lượng thể tích là 2375 kg/m³.

Sau đó, đúc mẫu để xác định các tính chất về cường độ nén, cường độ uốn và độ mài mòn. Cường độ nén và độ mài mòn của bê tông xác định với mẫu có kích thước $100 \times 100 \times 100$ mm. Cường độ uốn của bê tông thử nghiệm với mẫu có kích thước $100 \times 100 \times 400$ mm. Kết quả thu được là giá trị trung bình của 03 mẫu thí nghiệm. Cường độ nén, uốn và độ mài mòn của bê tông được xác định ở các tuổi 7 và 28 ngày.



Hình 2. Bề mặt mẫu sau thí nghiệm mài mòn.

Kết quả cho thấy: Cường độ nén của bê tông sử dụng CLTC thấp hơn từ 3-13 % so với mẫu bê tông sử dụng cốt liệu nhỏ là cát vàng, điều đó chứng tỏ chất lượng cốt liệu tái chế thấp hơn so với cốt liệu cát vàng. Ở tuổi 28 ngày, cường độ nén của bê tông CLNTN và CLTC đều đạt trên 50 MPa, đạt yêu cầu mác bê tông thiết kế đặt ra.

Cường độ uốn bê tông được thử nghiệm trên mẫu có kích thước $10 \times 10 \times 160$ mm. Kết quả thí nghiệm cho thấy cường độ kéo uốn của cấp phối sử dụng CLTC cũng luôn thấp hơn so với cấp phối sử dụng CLNTN, đạt khoảng 1/6 cường độ uốn của bê tông. Cường độ kéo khi uốn giảm khi tăng hàm lượng thay thế CLTC điều này cũng tương tự như ở cường độ nén. Kết quả cho thấy độ mài mòn của bê tông sử dụng CLTC lớn hơn so với CLNTN. Các kết quả đều thỏa mãn mức yêu cầu về độ mài mòn của gạch xi măng lát nền và gạch tezaro [TCVN 6415 2016].

3.2. Thiết kế hệ thống lỗ rỗng công nghệ cho gạch bê tông thoát nước

Hình dáng, kích thước và số lượng của lỗ rỗng công nghệ đóng vai trò then chốt trong việc quyết định khả năng thoát nước và chống tắc của GBTLTN sử dụng lỗ rỗng công nghệ. Lỗ rỗng công nghệ được thiết kế với hình dạng đảm bảo có đường kính trên mặt viên gạch nhỏ đường kính dưới lớn hơn. Hình dạng này được tối ưu để đảm bảo cho dòng nước có thể chảy qua dễ dàng kể cả khi trong nước có các tác nhân gây tắc. Các lỗ rỗng công nghệ được thiết kế phân bố đều trên bề mặt viên gạch nhằm đảm bảo khả năng thoát nước đồng đều, ngăn ngừa hiện tượng tích tụ nước.

Để tăng cường hiệu quả thoát nước, cần có các kênh dẫn nước để kết nối các lỗ rỗng công nghệ ở chân viên gạch. Những kênh dẫn nước này tạo dòng chảy nước thoát kết nối các viên gạch với nhau và đồng thời thu hồi các tác nhân gây tắc tại đây. Thiết kế này đảm bảo nước chảy thông suốt, giảm thiểu nguy cơ gây tắc nghẽn và duy trì hiệu quả thoát nước của GBTLTN trong thời gian dài. Lưu lượng thoát nước hay còn gọi là lưu lượng của dòng chảy, là lượng thể tích nước chảy qua một bề mặt cụ thể trong một khoảng thời gian nhất định. Đơn vị tính lưu lượng thường là m³/s hoặc l/s. Công thức để tính lưu lượng là [26]:

$$Q = \mu \omega \sqrt{2gH_o}, (\text{m}^3/\text{s})$$

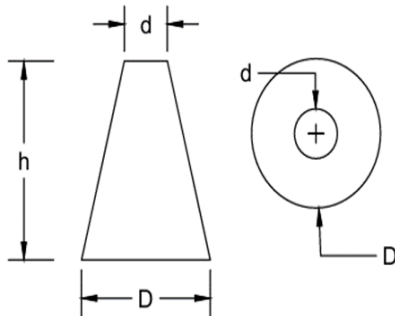
Trong đó :

ω - diện tích của lỗ hoặc vôi, m^2 ; g - gia tốc trọng trường, m/s^2

μ - hệ số lưu lượng; H_0 - cột nước toàn phần tác dụng lên lỗ hoặc vôi, m

3.2.1. Thiết kế lỗ rỗng công nghệ thoát nước

Lỗ rỗng công nghệ thoát nước được thiết kế sao cho tiết diện nhỏ ở mặt trên, tiết diện to ở mặt dưới. Tiết diện lỗ có thể dạng hình tròn, vuông, tam giác, khe, rãnh,...



Hình 3. Kiểu lỗ rỗng thoát nước công nghệ dạng tròn.

Từ đó, nhóm đã thiết kế được lưu lượng nước chảy qua lỗ rỗng công nghệ đối với từng kích thước lỗ d là 2 mm, 4 mm, 6 mm, 8 mm 10 mm được thiết kế cho mẫu 150x150x60 mm có 1; 2 hoặc 4 lỗ với các tiết diện lỗ khác nhau – Bảng 11.

Qua số liệu cho thấy, kích thước lỗ ảnh hưởng rất lớn đến lưu lượng thoát nước. Do đường kính lỗ sẽ ảnh hưởng đến diện tích lỗ, và làm cũng thay đổi lưu lượng nước thoát.

Trường hợp, tính với viên gạch có kích thước 150x150x60 mm, lỗ rỗng công nghệ có các kích thước lần lượt là $h = 40$ mm, $d(a)=2$; 4; 6; 8; 10 mm, $D = 30$ mm, ta có xác định được thể tích lỗ rỗng công nghệ - Bảng 12.

Như vậy, từ những số liệu tính toán trên có thể khẳng định rằng lưu lượng thoát nước có thể được điều chỉnh theo ý muốn bằng cách tăng giảm kích thước lỗ rỗng công nghệ và số lượng lỗ trên mỗi viên gạch mà không thay đổi đáng kể độ rỗng của viên gạch. Chỉ cần điều chỉnh đường kính mặt trên của lỗ rỗng, lưu lượng thoát nước tăng đáng kể trong khi đó tỷ lệ độ rỗng cũng tăng nhưng tăng rất ít. Tức hoàn toàn có thể kiểm soát được độ rỗng của lỗ rỗng công nghệ, khả năng thoát nước. Như vậy, mức độ thoát nước phụ thuộc rất mạnh vào đường kính lỗ thoát nước.

3.2.2. Thiết kế kênh thoát nước và độ rỗng của mẫu gạch

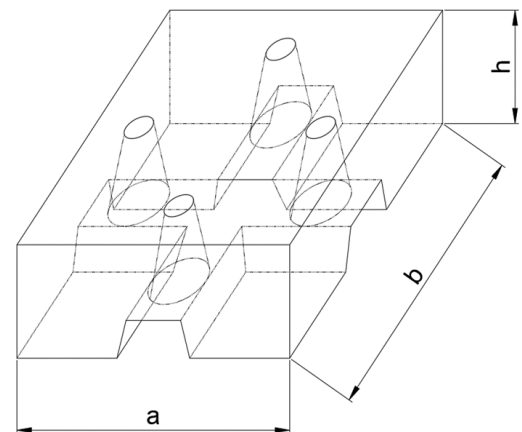
Gạch cần phải có hệ thống kênh thoát nước ở phía dưới để tăng khả năng thoát nước. Kênh hay rãnh thoát nước trong gạch là một thiết kế độc đáo, góp phần nâng cao khả năng thoát nước và tạo không gian tránh việc tắc nghẽn bùn bụi cũng như là không gian để thu hồi các loại

hạt mong muốn. Cách bố trí rãnh thoát nước cũng rất đa dạng, khi ta tăng lượng rãnh thoát nước thì độ rỗng của gạch sẽ tăng cùng với khả năng thoát nước và không gian chứa lượng bụi, hạt,... thu hồi. Việc xuất hiện kênh thoát nước cũng sẽ khiến cho độ dày viên gạch bị giảm từ đó làm suy giảm khả năng chịu kéo khi uốn của viên gạch (1 tính chất cơ lý quan trọng đối với gạch lát).

Kênh liên thông thoát nước có thể có dạng hình nhật hình, hình vuông, bán nguyệt. Kênh thoát nước không ảnh hưởng đến lưu lượng thoát nước của gạch.

3.2.3. Thiết kế mô hình viên GBTLTN có các lỗ rỗng công nghệ

Với tất cả những nghiên cứu và thiết kế trên, nhóm đưa ra được những mô hình viên gạch có kích thước từ 100 mm ÷ 1000 mm. Trong đó, ta có thể điều chỉnh kích thước và số lượng lỗ rỗng công nghệ, kênh thoát nước để phù hợp với yêu cầu làm việc mong muốn – Hình 4.



Hình 4. Mô hình 4 lỗ và 2 kênh liên thông thoát nước.

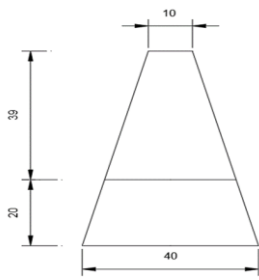
Áp dụng với trường hợp viên gạch 150x150x60 mm, với 1 hay 4 lỗ rỗng công nghệ hình côn có kích thước $d = 2$; 4; 6; 8; 10 mm, $D = 30$ mm, $h = 40$ mm và kênh thoát nước hình thang cân có $a = 30$ mm, $A = 40$ mm, $h = 20$ mm, ta thu được kết quả như Bảng 13.

Như vậy, ta dễ dàng thấy được độ rỗng của viên gạch và lưu lượng thoát nước Q là tuyến tính. Khi ta tăng số lượng lỗ rỗng công nghệ hay đường kính lỗ thì lưu lượng thoát nước tăng nhiều lần nhưng độ rỗng của viên gạch tăng không đáng kể. Tức ta có thể thiết kế được lưu lượng thoát nước của viên mà không gây ảnh hưởng nhiều đến tính chất cơ lý của viên gạch.

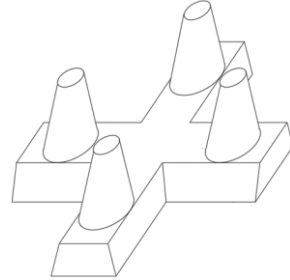
3.3. Thử nghiệm chế tạo GBTLTN

3.3.1. Thiết kế khuôn

Vì điều kiện phòng thí nghiệm, nghiên cứu quyết định sẽ chế tạo viên mẫu có kích thước 15x15x6 mm. Ta sử dụng khuôn gạch có kích thước 15x15x15 mm, cắt gọt chính xác để tạo hình khuôn gạch 15x15x6 mm – Hình 5, Hình 6.



a) Thiết kế lỗ thoát nước



b) Thiết kế kênh và lỗ thoát nước



a) Khuôn tạo lỗ thoát



b) khuôn tạo kênh liên thông

Hình 5. Thiết kế và chế tạo khuôn tạo lỗ rỗng công nghệ cho gạch.



a) Khuôn ban đầu
150 x 150 x 150 mm



b) Khuôn mẫu sau cắt
150 x 150 x 60 mm

Hình 6. Chế tạo khuôn ngoài 150 x 150 x 60 mm.

3.3.2. Thực nghiệm chế tạo gạch lát thoát nước



a) Trộn hỗn hợp bê tông



b) Đúc mẫu

Hình 7. Đúc mẫu gạch bê tông lát thoát nước.

Hỗn hợp bê tông sau khi đạt yêu cầu về tính công tác được đúc mẫu trong khuôn lập phương có kích thước cạnh là 100 mm, được bảo dưỡng ở điều kiện tiêu chuẩn. Các tính chất của mẫu bê tông được thực hiện ở tuổi 28 ngày.



a) Mặt dưới của mẫu

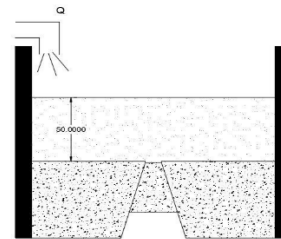


b) Mặt trên của mẫu

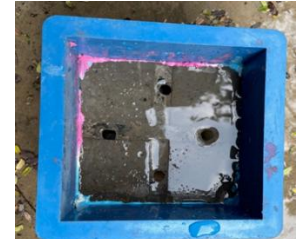
Hình 8. Mẫu GBTLTN sau khi tháo khuôn.

3.4. Thí nghiệm tính năng thoát nước và khả năng chống tắc của GBTLTN

Khả năng thoát nước của GBTLTN được xác định qua lưu lượng dòng chảy qua các lỗ rỗng công nghệ, tính toán sử dụng công thức lưu lượng dòng chảy qua lỗ. Lưu lượng này biểu thị thể tích nước đi qua các lỗ rỗng công nghệ và kênh dẫn nước trong một đơn vị thời gian nhất định, với đơn vị đo là m^3/s hoặc l/s . Thí nghiệm tiến hành bằng cách cấp nước vào khuôn với lưu lượng xác định từ nguồn cấp nước, đảm bảo chiều cao cột nước đạt 50 mm. Nước sau đó được cho chảy qua các lỗ rỗng với các thể tích khác nhau, đồng thời ghi lại thời gian chảy hết. Kết quả của thí nghiệm là lượng nước chảy qua và thời gian chảy hết, từ đó có thể tính toán lưu lượng thoát nước của GBTLTN.



a) Mô hình



b) Mẫu thực nghiệm

Hình 9. Thí nghiệm xác định khả năng thoát nước của GBTLTN.

Kết quả thí nghiệm lưu lượng thoát nước của GBTLTN sử dụng lỗ rỗng công nghệ được trình bày trong bảng dưới là giá trị trung bình của 5 lần thí nghiệm với cùng 1 điều kiện. Thí nghiệm loại gạch có đường kính lỗ rỗng công nghệ ở trên mặt viên gạch lần lượt là 10 mm với các lượng nước cho chảy qua là lần lượt là 5, 10, 15 lít và chiều cao cột nước cố định là 50 mm.

Bảng 9. Lượng vật liệu sử dụng cho 1 m^3 bê tông.

Vật liệu	Xi măng	Tro bay	Cốt liệu nhỏ	Cốt liệu lớn	Nước	Phụ gia
Giá trị	408 kg	102 kg	761 kg	924 kg	175 lít	4,8 lít

Bảng 10. Tính chất cơ lý của bê tông chế tạo gạch.

Tính chất theo loại cốt liệu và tuổi bê tông	Cường độ nén, MPa		Cường độ uốn, MPa		Độ mài mòn khi khô và bão hòa nước, g/cm ²	
	CLNTN	CLNTC	CLNTN	CLNTC	CLNTN	CLNTC
7 ngày	33,0	31,0	7,8	6,3	-	-
28 ngày	56,0	50,5	9,8	9,3	0,13; 0,22	0,16; 0,24

Bảng 11. Lưu lượng thoát nước qua lỗ thiết kế hình tròn.

Thông số của cửa 1 lỗ tròn				Lưu lượng nước		
d (m)	h (m)	S (m ²)	v (m/s)	Q (m ³ /s)	Q (l/s) 1 lỗ	Q (l/s) 4 lỗ
0,002	0,05	0,00000314	0,990	0,00000311	0,00311	0,0124
0,004	0,05	0,00001256	0,990	0,00001244	0,01244	0,0498
0,006	0,05	0,00002826	0,990	0,00002799	0,02799	0,1120
0,008	0,05	0,00005024	0,990	0,00004976	0,04976	0,1990
0,01	0,05	0,0000785	0,990	0,00007775	0,077751	0,3110

Bảng 12. Tỷ lệ lỗ thoát nước công nghệ so trong viên gạch.

d (m)	V mẫu (m ³)	Thể tích 1 lỗ, m ³		Tỷ lệ thể tích lỗ/thể tích mẫu	
		Lỗ tròn	Lỗ vuông	Lỗ tròn	Lỗ vuông
0,002	0,00135	0,00001010	0,00001285	0,75 %	0,95 %
0,004	0,00135	0,00001085	0,00001381	0,80 %	1,02 %
0,006	0,00135	0,00001169	0,00001488	0,87 %	1,10 %
0,008	0,00135	0,00001260	0,00001605	0,93 %	1,19 %
0,010	0,00135	0,00001361	0,00001733	1,01 %	1,28 %

Bảng 13. So sánh khả năng tăng lưu lượng Q với sự gia tăng của độ rỗng.

d (m)	V _{kênh} /V _{mẫu}	V _{r1 lỗ} /V _m	V _{r4 lỗ} /V _{mẫu}	Độ rỗng viên 4 lỗ	Q(l/s) 4 lỗ
0,002	13,24 %	0,75 %	2,99 %	16,23 %	0,0124
0,004	13,24 %	0,80 %	3,21 %	16,45 %	0,0498
0,006	13,24 %	0,87 %	3,46 %	16,70 %	0,1120
0,008	13,24 %	0,93 %	3,73 %	16,97 %	0,1990
0,010	13,24 %	1,01 %	4,03 %	17,27 %	0,3110

Bảng 14. So sánh lưu lượng thoát nước thực tế với lý thuyết tính toán.

Mẫu Gạch có 4 lỗ công nghệ d = 10 mm	GBTLTN			
Độ rỗng, %	17,21			
Lượng nước, l	Lý thuyết	5	10	15
Thời gian, s	-	18	35	52
Chiều cao cột nước, mm	50	50	50	50
Lưu lượng thoát nước, l/s	0,31	0,278	0,285	0,288
Lưu lượng thoát nước, ml/s	310	277,77	285,71	288,46

Kết quả thí nghiệm cho thấy lưu lượng thoát nước qua gạch bê tông lỗ thoát nước (GBTLTN) trong thực tế luôn nhỏ hơn so với giá trị tính toán lý thuyết, do chịu ảnh hưởng của nhiều yếu tố gây sai số. Khi tăng lượng nước sử dụng trong thí nghiệm, lưu lượng đo được có xu

hướng tiến gần hơn với giá trị lý thuyết. Hiện tượng này xuất hiện vì trong quá trình thoát nước, chiều cao cột nước giảm dần ở giai đoạn cuối, dẫn đến sự chênh lệch giữa hai giá trị.

Ngoài ra, lưu lượng thoát nước qua GBTLTN còn phụ thuộc trực

tiếp vào hình dạng và kích thước của lỗ rỗng công nghệ trên bề mặt viên gạch. Các kết quả thu được từ thí nghiệm nhìn chung phù hợp với các tính toán lý thuyết về lưu lượng thoát nước.

3.4.1. Thí nghiệm khả năng chống tắc, tự làm sạch bề mặt



Hình 10. Thí nghiệm về khả năng chống tắc, tự làm sạch bề mặt.

Về mặt lý thuyết, GBTLTN này sẽ không bị tắc cho đến khi cả

kênh thoát nước liên thông và lỗ rỗng công nghệ bị lấp đầy và lèn chặt bởi các loại hạt, bụi, bùn, sét,... Nhưng để kiểm chứng khả năng chống tắc của gạch ta sẽ làm thí nghiệm phi tiêu chuẩn xác định khả năng chống tắc, tự làm sạch bề mặt – Hình 10.

Kết quả thử nghiệm cho thấy các hạt cát, sét, bụi... theo dòng nước, dễ dàng chui qua lỗ. Lặp lại thí nghiệm nhiều lần, hiện tượng tắc cũng không xảy ra. Nếu có các tác nhân kích thước lớn, như đá, sỏi hay lá cây, chúng không chảy theo dòng nước qua lỗ rỗng công nghệ được, sẽ đọng lại trên bề mặt GBTLTN, có thể dễ dàng vệ sinh thu hồi. Lưu lượng thoát nước sẽ bị suy giảm khi các tác nhân dần tích tụ, lấp kín kênh dẫn nước và lỗ rỗng công nghệ. Vì thế, tác nhân gây tắc ít thì kênh dẫn nước khả năng thoát nước của GBTLTN vẫn được đảm bảo.

Có thể thấy loại GBTLTN có các lỗ rỗng, hệ thống kênh thoát nước công nghệ không chỉ có ưu điểm giữ được tính chất thoát nước và bổ sung nước ngầm và khắc phục được rất nhiều nhược điểm của BTRTN như về: sử dụng cốt liệu, kiểm soát lượng hồ vữa sử dụng, công nghệ đầm rung, cường độ cơ học, chống tác nhân tắc, khả năng tái chế,... - Bảng 15.

Bảng 15. So sánh GBTLTN và BTRTN.

STT	Tiêu chí	Gạch bê tông rỗng thoát nước	Gạch bê tông lát thoát nước
1.	Chống ngập úng, bổ sung mực nước ngầm	Tốt do thoát nước tốt	Tốt do thoát nước tốt
2.	Tính chất cơ học	Cường độ thấp thường nhỏ hơn M30 và độ mài mòn cao	Cường độ cao hơn, tùy theo thiết kế.
3.	Cốt liệu	Chỉ dùng một cấp hạt; nên cần phải nghiền & sàng	Dùng cấp hạt liên tục, không cần sàng.
4.	Lượng hồ vữa, trộn bê tông	Kiểm soát chặt chẽ, phức tạp do lượng hồ chỉ cần bao bọc hạt	Đơn giản, như bê tông thường
5.	Đầm rung, làm chặt	Chặt chẽ, tuân thủ quy trình vì nguy cơ tách hồ vữa.	Đơn giản, như bê tông thường.
6.	Thời gian thi công	Tốn thời gian đưa vào sử dụng do cần bảo dưỡng	Nhanh chóng do sản phẩm đúc sẵn
7.	Chống tắc, tự làm sạch bề mặt	Kém, nhanh chóng bị tắc do tác nhân gây tắc bị giữ lại	Không bị tắc, tác nhân bề mặt được làm sạch
8.	Khả năng tái chế khi bị hỏng	Khó tái chế do khó loại bỏ tác nhân gây tắc lẫn vào.	Dễ dàng vệ sinh để tái sử dụng sản phẩm.

4. Kết luận

Dựa trên các kết quả nghiên cứu đã thực hiện, đề tài rút ra một số kết luận sau:

1. Hoàn toàn tính toán lý thuyết xác định được diện tích lỗ thoát nước dựa theo lưu lượng thoát nước bề mặt của gạch lát thoát nước.
2. Tỷ diện tích lỗ rỗng (kích thước lỗ, số lỗ) công nghệ ảnh hưởng mạnh đến mức độ thoát nước nhưng không ảnh hưởng nhiều đến tỷ lệ độ rỗng công nghệ hay ảnh hưởng ít đến tính chất cơ lý của gạch lát.
3. Phương pháp đúc mẫu với bề mặt mẫu ở phía dưới khi tạo hình thì chế tạo được sản phẩm GBTLTN bề mặt khe rãnh, dễ tạo hoa văn, nhám chống trơn trượt,...
4. Sản phẩm GBTLTN không chỉ giữ được các ưu điểm tính thoát nước của BTRTN mà còn khắc phục rất nhiều nhược điểm của bê tông này về sử dụng cốt liệu, công nghệ chế tạo, tính chất cơ học, và đặc biệt là khắc phục khả năng chống tắc của loại gạch này.

Lời cảm ơn

Nhóm tác giả chân thành cảm ơn sự hỗ trợ kỹ thuật từ Phòng thí nghiệm và nghiên cứu Vật liệu xây dựng – Trường Đại học Xây dựng Hà Nội hỗ trợ chúng tôi thực hiện các thí nghiệm.

Tài liệu tham khảo

- [1]. Nguyễn Thị Hồng, *Xây dựng những mảng Xanh nhân tạo để đảm bảo thoát nước mặt bền vững*, – Viện Kỹ thuật Xây dựng: Trường Đại học Giao thông – Vận tải, 2014.
- [2]. Bộ Tài nguyên và Môi trường, *Báo cáo môi trường quốc gia 2011* - Chương 3: Chất thải rắn, 2011.
- [3]. Bộ Tài nguyên và Môi trường, *Báo cáo môi trường quốc gia 2017- Chuyên đề: Quản lý chất thải*, 2018.
- [4]. Bộ Xây Dựng, *Xử lý chất thải rắn xây dựng: Xu hướng bền vững, thân thiện*

môi trường, 2025.

- [5]. Ngô Lê An, Phạm Mỹ Linh, Nguyễn Thanh Thùy, *Nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng của biến đổi khí hậu đến quan hệ cường độ mưa- thời đoạn- tần suất và mô hình mưa thiết kế tại Hà Nội*, 2019.
- [6]. Bộ Tài nguyên và Môi trường, *Kịch bản biến đổi khí hậu*. Nhà xuất bản Tài nguyên- Môi trường và bản đồ Việt Nam, 2021.
- [7]. Bộ Xây dựng, *Hiện trạng thoát nước tại các đô thị*. Tạp chí xây dựng số 6-2009", 2009.
- [8]. Bộ Xây dựng, *Thông tư số 08/2017/TT-BXD: Quản lý CTR xây dựng*, 2017.
- [9]. Tam V.W.Y., Soomro M., và Evangelista A.C.J., *A review of recycled aggregate in concrete applications (2000–2017)*. Construction and Building Materials, 2018.
- [10]. Nguyễn Văn Đồng, (2021). *Nghiên cứu chế tạo bê tông rỗng thoát nước, ứng dụng trong công trình giao thông*. Luận án tiến sĩ. Trường Đại học Xây dựng Hà Nội.
- [11]. Directive - 2008/98 - EN - *Waste framework directive* - EUR-Lex.
- [12]. Quyết định số 3230/QĐ-BGTVT, *Về việc Ban hành Quy định tạm thời về thiết kế mặt đường bê tông xi măng thông thường có khe nối trong xây dựng công trình giao thông*, Bộ Giao thông vận tải, 2012.
- [13]. Klee H. *The Cement Sustainability Initiative", Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Engineering Sustainability.*, 2004.
- [14]. Department of Environmental Affairs, *National waste information baseline report*. South Africa, 2012.
- [15]. Trần Nhật Khánh (2024). *Nghiên cứu chế tạo gạch bê tông lát thoát nước sử dụng cốt liệu tái chế từ phế thải xây dựng*. Đề án thạc sĩ, Trường Đại học xây dựng Hà Nội.
- [16]. Tống Tôn Kiên, (2017), *Nghiên cứu sử dụng phế thải xây dựng trong chế tạo bê tông*", Luận án tiến sĩ kỹ thuật, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội. https://thuvien.huce.edu.vn/Opac/DmdInfo.aspx?dmd_id=10772
- [17]. Ngô Kim Tuấn, (2024), *Nghiên cứu chế tạo bê tông rỗng thoát nước sử dụng cốt liệu tái chế từ phế thải xây dựng*, Luận án tiến sĩ kỹ thuật, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội.
- [18]. TCVN 7570:2006, *Cốt liệu cho bê tông và vữa - Yêu cầu kỹ thuật*. Bộ Khoa học và Công nghệ, Việt Nam.
- [19]. TCVN 11969:2018, *Cốt liệu lớn tái chế cho bê tông*. Bộ Khoa học và Công nghệ, Việt Nam.
- [20]. TCVN 2682-2020, *Xi măng poóc lăng*. Bộ Khoa học và Công nghệ, Việt Nam.
- [21]. TCVN 6017:2015, *Xi măng - Phương pháp xác định thời gian đông kết và độ ổn định thể tích*. Bộ Khoa học và Công nghệ, Việt Nam.
- [22]. TCVN 13605:2023, *Xi măng - Phương pháp xác định độ mịn*. Bộ Khoa học và Công nghệ, Việt Nam.
- [23]. TCVN 6016:2011, *Xi măng - Phương pháp thử - Xác định cường độ*. Bộ Khoa học và Công nghệ, Việt Nam.
- [24]. TCVN 10302:2014, *Phụ gia hoạt tính tro bay dùng cho bê tông, vữa và xi măng*. Bộ Khoa học và Công nghệ, Việt Nam.
- [25]. TCVN 4506: 2012, *Nước cho bê tông và vữa - Yêu cầu kỹ thuật*. Bộ Khoa học và Công nghệ, Việt Nam.
- [26]. Phùng Văn Khương, Phạm Văn Vĩnh, (2007), *Giáo trình thủy lực đại cương*, Nhà xuất bản Xây Dựng.