

NGHIÊN CỨU SỰ ẢNH HƯỞNG CỦA VỊ TRÍ ĐẦM DÙI VÀ TỈ SỐ NÉN CỦA KHUÔN ĐẾN CHẤT LƯỢNG BÓ VỈA BÊTÔNG TRONG MÁY ĐÚC BÓ VỈA HÈ SỬ DỤNG ĐẦM DÙI ĐỂ TẠO RUNG ĐỘNG

RESEARCH ON THE INFLUENCE OF THE POSITION OF THE POKER VIBRATOR AND THE COMPRESSION RATIO OF THE MOLD ON THE QUALITY OF THE CONCRETE CURB IN THE SLIPFORM CURB MACHINE USING THE POKER VIBRATOR TO CREATE VIBRATION

Lương Văn Tới*, Huỳnh Công Lớn

Khoa Cơ khí, Trường Đại học Bách khoa, Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh

*Email: luongtoitt@hcmut.edu.vn

TÓM TẮT

Bó vỉa hè, nơi tiếp giáp giữa mặt đường và vỉa hè được chế tạo bằng nhiều phương pháp khác nhau. Trong đó, phương pháp đúc tại chỗ liên tục kết hợp với rung động là một phương pháp tiên tiến, cho năng suất cao hơn so với các phương pháp khác. Tuy nhiên, máy đúc bó vỉa hè loại này có nhiều thông số ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng bó vỉa sau khi đúc cần được xác định hợp lý và tối ưu. Trong bài báo này, một mô hình máy đúc bó vỉa hè sử dụng nguyên lý đúc liên tục tại chỗ với sự rung động tạo ra từ đầm dùi được chế tạo và thực nghiệm nhằm tìm ra thông số hợp lý của vị trí đặt đầm dùi tạo rung và tỉ số nén của khuôn tạo hình bó vỉa bê tông.

Từ khóa: Máy đúc bó vỉa hè; Bó vỉa hè cốt pha trượt; Máy tạo bó vỉa hè tại chỗ.

ABSTRACT

The curb, which is the interface between the roadway and the sidewalk, is constructed using various methods. Among them, the continuous in-situ making method combined with vibration is an advanced technique that offers higher productivity compared to other methods. However, concrete curb machines of this type have many parameters that directly affect the quality of the curb after casting, and these parameters need to be reasonably determined and optimized. In this paper, a concrete curb machine model utilizing the principle of continuous in-situ casting with vibration generated by poker vibrator was developed and tested to determine the optimal parameters for the vibrator positioning and the compression ratio of the curb shaping mold.

Keywords: Pavement molding machine; Slipform curb machine; Concrete curb paver; Curb maker.

1. TỔNG QUAN

Hiện nay, việc đáp ứng cơ sở hạ tầng cho sự phát triển của nền kinh tế Việt Nam là rất cấp thiết. Toàn bộ chi phí cho xây dựng đường lưu thông là rất lớn. Trong chi phí xây dựng đường thì chi phí làm vỉa hè cũng đòi hỏi một chi phí không nhỏ. Hiện tại, việc xây bó vỉa hè vẫn thực hiện chủ yếu bằng thủ công do công nhân thực hiện. Một số ít trường hợp thì bó vỉa hè được chế tạo sẵn tại nhà máy với chiều dài khoảng nhất định, sau đó đưa đến công trình và đặt xuống từng thanh một. Tất cả cách làm này rất chậm, làm giảm tốc độ dự án, gây tăng giá thành con đường, giảm khả năng cạnh tranh. Để tăng năng suất, giảm chi phí công nhân thì cần sử dụng loại máy đúc bó vỉa hè liên tục tại chỗ. Loại máy này được nghiên cứu và sử dụng phổ biến ở một số nước trên thế giới. Tuy nhiên, ở Việt Nam vẫn còn hạn chế trong việc nghiên cứu và ứng dụng loại máy này vì chi phí đầu tư ban đầu tương đối cao và có nhiều thông số của máy ảnh hưởng đến chất lượng bó vỉa hè cần được nghiên cứu để phù hợp với đặc tính địa hình con đường ở Việt Nam. Trong bài báo này, phương pháp thực nghiệm được sử dụng để tìm ra hai thông số quan trọng nhất ảnh hưởng đến chất lượng của bó vỉa hè là vị trí đặt đầm dùi tạo rung và tỉ số nén của khuôn tạo hình bó vỉa dựa trên một mô hình máy thật được chế tạo sử dụng nguyên lý đúc liên tục tại chỗ và kết hợp sự rung động.

2. CÁC PHƯƠNG PHÁP TẠO BÓ VỈA HÈ

Hiện nay, có hai phương pháp thi công bó vỉa hè: Phương pháp đúc sẵn và phương pháp đúc tại chỗ.

2.1. Phương pháp đúc sẵn

Phương pháp đúc sẵn (hình 1) là các

đoạn bó vỉa hè được đúc thành các đoạn mô-đun có kích thước và hình dạng giống nhau, việc đúc các đoạn bó vỉa hè này được thực hiện tại xưởng và sau đó vận chuyển chúng đến công trình thi công để công nhân lắp chúng xuống mặt đường, kết nối lại với nhau bằng xi măng. Ngoài ra, trong phương pháp đúc sẵn thì bó vỉa hè còn được làm bằng đá và được cắt sẵn tại nhà máy. Sau đó, đá bó vỉa hè được vận chuyển đến công trình thi công, chúng được đặt vào đúng vị trí và được nối lại với nhau.



Hình 1. Phương pháp đúc sẵn

Ưu điểm: Các đoạn bó vỉa hè được đúc tại xưởng nên thực hiện dễ dàng; Chi phí đầu tư ban đầu (máy móc, thiết bị) không cao; Dễ dàng chữa khe hở nhiệt giữa các đoạn bó vỉa hè (công việc này thực hiện dễ dàng khi công nhân lắp đặt các đoạn bó vỉa hè xuống mặt đường).

Nhược điểm: Dễ bị hư hỏng khi vận chuyển các đoạn bó vỉa hè từ nơi đúc đến công trình thi công; Việc lắp đặt các đoạn bó vỉa hè đã được đúc sẵn xuống mặt đường được thực hiện bằng tay nên năng suất không cao và dễ bị vỡ; Chất lượng phụ thuộc vào trình độ tay nghề của công nhân; Khó thực hiện trên các đoạn đường có nhiều góc cua nhỏ vì phải sử dụng các đoạn bó vỉa hè đúc sẵn có chiều dài ngắn để có thể kết nối lại thành góc cua; Chất lượng có thể không đồng đều giữa các vị trí nối các đoạn bó vỉa hè với nhau.



2.2. Phương pháp đúc tại chỗ

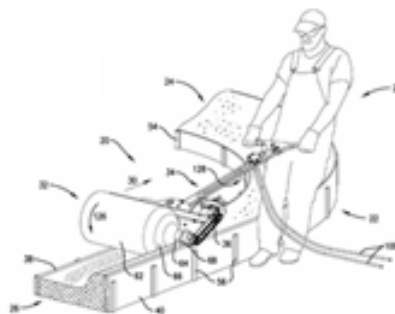
Phương pháp đúc tại chỗ là bó vỉa hè được đúc ra tại nơi thi công nhờ vào một tổ hợp các máy móc thiết bị (máy trộn bê tông, băng tải, vít tải liệu, máy đúc bó vỉa hè,...). Có ba cách thường sử dụng trong phương pháp đúc tại chỗ để tạo ra bó vỉa hè là:

2.2.1. Phương pháp đúc tại chỗ định hình bằng khuôn cốp pha cố định

Đối với bó vỉa hè có hình dạng mặt cắt ngang đơn giản (hình chữ nhật, hình thang) thì tại nơi cần lắp đặt bó vỉa hè sẽ hình thành các khuôn cốp pha, sau đó bê tông sẽ được trộn và đổ vào khuôn cốp pha, sau khi bê tông đã đông cứng thì tiến hành tháo khuôn cốp pha ra và bó vỉa hè được hình thành đúng với biên dạng của khuôn. Cách thi công này đơn giản, dễ thực hiện, ít tốn kém chi phí đầu tư máy và thiết bị ban đầu, tuy nhiên vì làm thủ công nên năng suất không cao, chất lượng không đồng đều và rất dễ làm hỏng bề mặt bó vỉa hè khi tháo khuôn.

2.2.2. Phương pháp đúc tại chỗ định hình bằng khuôn cốp pha và trống lăn

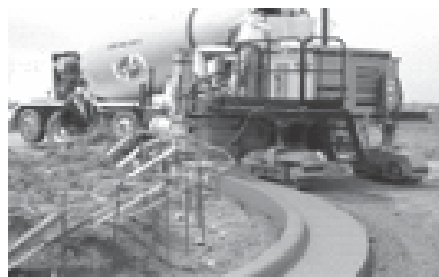
Đối với các loại bó vỉa hè có hình dạng mặt cắt ngang tương đối phức tạp (có bậc, cung lượn tròn,...) thì thường sử dụng phương pháp định hình bằng khuôn cốp pha và trống lăn (hình 2). Bê tông được đổ vào khuôn cốp pha, hình dạng hai bên hông của bó vỉa được định hình theo khuôn cốp pha, bề mặt phía trên được định hình theo hình dạng của trống lăn. Phương pháp này tạo ra được bề mặt bó vỉa hè đẹp, đạt được độ nhẵn bóng, tuy nhiên việc thực hiện vẫn còn thực hiện bằng tay nên năng suất không cao.



Hình 2. Phương pháp đúc tại chỗ định hình bằng khuôn cốp pha và trống lăn

2.2.3. Phương pháp đúc tại chỗ định hình bằng khuôn cốp pha trượt

Đối với các máy đúc bó vỉa hè tại chỗ liên tục và được định hình bằng khuôn cốp pha trượt thì bê tông được trộn và đổ vào phễu chứa liệu của máy bó vỉa hè, đầu ra của máy có khuôn định hình, sau khi vật liệu ra khỏi khuôn thì tạo thành bó vỉa hè có hình dạng như mong muốn.



Hình 3. Phương pháp đúc tại chỗ liên tục và được định hình bằng khuôn cốp pha trượt

Ưu điểm: Năng suất rất cao; Không phải tốn thời gian và chi phí vận chuyển như phương pháp đúc sẵn; Dễ dàng tạo ra nhiều kiểu (dạng) bó vỉa hè khác nhau bằng cách thay đổi hình dạng của khuôn ra; Có thể đúc ra các dạng cung tròn, góc cua,....

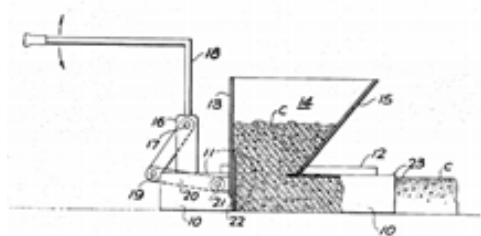
Nhược điểm: Chi phí đầu tư cho máy móc, thiết bị ban đầu cao; Việc vận hành máy không tốt sẽ làm ảnh hưởng đến chất lượng sản phẩm ra, làm cho sản phẩm ra không đồng đều;

Khó khăn trong việc tạo khe hở nhiệt cho bó vỉa hè; Việc tạo khe hở nhiệt được thực hiện thành một công đoạn riêng sau khi bó vỉa hè đã được đúc liên tục, đối với các bó vỉa hè có kích thước mặt cắt ngang lớn thì việc cắt khe hở nhiệt thực hiện rất khó khăn.

Trong phương pháp đúc tại chỗ liên tục và được định hình bằng khuôn cốp pha trượt, các máy đúc bó vỉa hè làm việc chủ yếu dựa trên ba nguyên lý:

2.2.3.1. Máy đúc bó vỉa hè hoạt động theo nguyên tắc tay quay con trượt (hoặc cơ cấu bốn khâu bản lề)

Máy bó vỉa hè hoạt động theo nguyên tắc tay quay con trượt (hình 4) có tấm đẩy chuyển động song phẳng: chuyển động theo phương ngang sẽ có tác dụng ép vật liệu về phía trước khuôn, chuyển động theo phương thẳng đứng có tác dụng hất vật liệu lên trên để xới vật liệu, làm cho vật liệu không tạo vòm trên phễu. Vật liệu sau khi đi ra khỏi khuôn sẽ được định hình theo hình dạng của khuôn, nhờ lực ma sát giữa vật liệu và mặt đường lớn hơn lực cản di chuyển gây ra do trọng lượng bản thân của máy nên tạo ra phản lực đẩy máy chuyển động lùi về phía sau.



Hình 4. Máy đúc bó vỉa hè hoạt động theo nguyên tắc tay quay con trượt

Ưu điểm: Tự di chuyển, không cần bộ phận kéo để di chuyển; Kết cấu đơn giản; Kích thước nhỏ gọn.

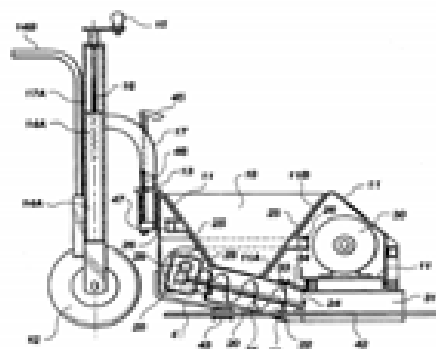
Nhược điểm: Năng suất thấp; Máy tự di chuyển nên khó di chuyển thẳng, rất dễ bị cong vẹo; Khó tạo ra bó vỉa hè có dạng cung tròn hoặc có nhiều khúc cua.

2.2.3.2. Máy đúc bó vỉa hè hoạt động theo nguyên tắc ép đùn trực vít

Hình 5 là kết cấu của một loại máy bó vỉa hè sử dụng vít đùn để tạo ra lực nén chặt vật liệu. Vật liệu được cung cấp từ phễu chứa liệu, tại đây vật liệu rơi xuống và được ép chặt nhờ vít đùn, khi vật liệu được nén chặt và tiếp xúc với mặt đường sẽ sinh ra phản lực đẩy máy chuyển động về phía sau nhờ lực ma sát giữa vật liệu và mặt đường thẳng được lực cản di chuyển do trọng lượng bản thân của toàn bộ máy gây ra.

Ưu điểm: Kết cấu đơn giản; Máy có khả năng tự di chuyển không cần phải có bộ phận dẫn động di chuyển riêng; Vật liệu được nén chặt tốt; Việc nén chặt vật liệu không phụ thuộc vào tốc độ cấp liệu đầu vào.

Nhược điểm: Năng suất thấp do tốc độ di chuyển phụ thuộc vào việc nén chặt vật liệu; Rất dễ di chuyển cong vẹo, khó di chuyển theo đường thẳng; Rất khó tạo ra bó vỉa hè có dạng cung tròn và có nhiều khúc cua.



Hình 5. Máy đúc bó vỉa hè hoạt động theo nguyên tắc ép đùn trực vít

2.2.3.3. Máy đúc bó vỉa hè cấp pha trượt dựa trên nguyên lý rung

Máy bó vỉa hè sử dụng nguyên lý rung để làm chặt vật liệu được thể hiện trên hình 6. Vật liệu sẽ được đổ vào phễu chứa liệu, trong phễu có lắp đầm dùi tạo rung, dưới tác dụng rung của đầm dùi và cùng với trọng lượng bản thân của vật liệu thì vật liệu sẽ được nén chặt. Hình dạng của bó vỉa hè được định hình bằng khuôn cấp pha trượt. Sự di chuyển của máy sẽ được dẫn động bằng máy kéo (bộ phận dẫn động) riêng biệt, máy loại này không có khả năng tự hành. Năng suất của máy rất cao. Đặc biệt, đối với mặt đường nhấp nhô không bằng phẳng, máy sẽ tự điều chỉnh độ cao để đảm bảo bó vỉa hè được tạo ra gần như nằm ngang tuyệt đối. Máy có khả năng thích ứng cao đối với các bó vỉa hè có dạng hình tròn hay có nhiều khúc cua quẹo. Hiện nay, loại máy này được sử dụng rất phổ biến trên thế giới.



Hình 6. Máy bó vỉa hè cấp pha trượt sử dụng phương pháp rung

3. XÂY DỰNG MÔ HÌNH THỰC NGHIỆM

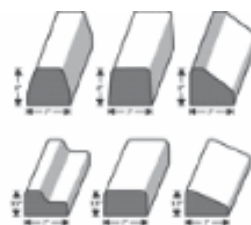
3.1. Mô hình máy bó vỉa hè

Với những sự phân tích ở trên, bài báo này sẽ tiến hành nghiên cứu mô hình máy đúc bó vỉa hè cấp pha trượt sử dụng nguyên lý rung nhằm tìm ra các thông số phù hợp để máy có thể đáp ứng được các yêu cầu sau:

- Máy làm việc phù hợp với môi trường Việt Nam;

- Máy có khả năng tạo ra nhiều biên dạng bó vỉa hè khác nhau (hình 8);

- Máy có khả năng chạy tự động theo đường dây chuẩn được gióng sẵn, máy tự điều chỉnh hướng chạy và điều chỉnh độ cao khi vào các khúc cua và khi mặt đường mấp mô không bằng phẳng.



Hình 7. Các dạng khác nhau của bó vỉa hè

Máy đúc bó vỉa hè cấp pha trượt được thiết kế và chế tạo để tiến hành thực nghiệm có kết cấu như hình 8. Máy sử dụng nguyên lý đúc liên tục cấp pha trượt tại chỗ với việc tạo rung bằng đầm dùi. Thông số máy được chế tạo như sau:

- Kích thước bao (dài x rộng x cao): 2240 x 1900 x 1570 mm;

- Vận tốc di chuyển của máy khi làm việc: 180 (m/giờ);

- Năng suất máy: Tương ứng với tốc độ làm việc của máy 0.18 km/giờ;

- Máy có khả năng tự động điều chỉnh hướng chạy và cao độ theo đường dây chuẩn được gióng trước để đảm bảo rằng máy có thể tạo ra những đoạn bó vỉa hè có hình dạng thẳng hoặc cong (góc cua) và bó vỉa hè luôn nằm ngang trong khi mặt đường chạy có thể mấp mô, cao, thấp khác nhau;

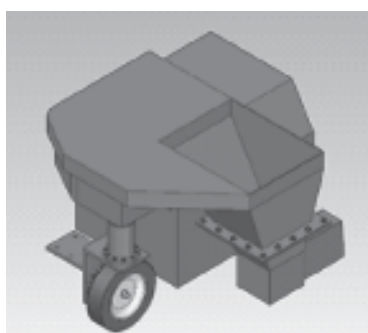
- Máy được thiết kế có thể tạo ra nhiều hình dạng bó vỉa hè khác nhau, việc này được thực hiện bằng cách thay khuôn có hình dạng tương ứng với hình dạng của bó vỉa hè cần tạo ra. Kích thước khuôn lớn nhất có kích thước 450 x 450 mm;

- Cơ cấu di chuyển xe: Dùng động cơ điện xoay chiều với khả năng di chuyển tiến, lùi;

- Cơ cấu lái bánh xe chủ động: Dùng động cơ điện xoay chiều với khả năng lái được hai phương trái, phải;

- Cơ cấu nâng hạ khuôn để đảm bảo bó vỉa hè luôn nằm ngang: Sử dụng động cơ điện xoay chiều, tốc độ nâng/hạ là 0.9 (m/phút);

- Đầm dùi: Sử dụng loại đầm dùi cầm tay động cơ điện đường kính đầu dùi là 36mm, chiều dài 350mm.



a) Mô hình máy được thiết kế trên máy tính



b) Mô hình máy sau khi được chế tạo

Hình 8. Mô hình máy được chế tạo để thực nghiệm

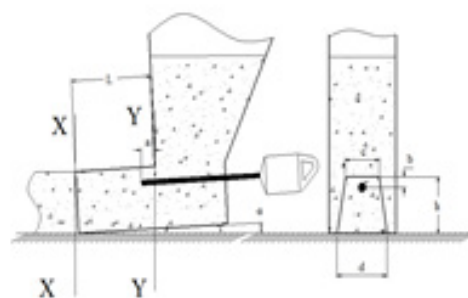
3.2. Các thông số cần thực nghiệm

Có rất nhiều thông số ảnh hưởng đến chất lượng của bó vỉa hè được tạo ra như: Tần số rung của đầm dùi, vị trí đặt đầm dùi, góc nghiêng khuôn, tốc độ di chuyển máy, yếu tố con người, điều kiện môi trường,...

Có nhiều chỉ tiêu đánh giá chất lượng bó vỉa hè được tạo ra như: Độ cứng, độ nhẵn bóng bề mặt,...

Tuy nhiên, trong bài báo này chỉ giới hạn việc khảo sát bằng thực nghiệm trên hai yếu tố quan trọng đầu vào là vị trí đặt đầm dùi và góc nghiêng khuôn, và sử dụng chỉ tiêu độ cứng làm hàm mục tiêu để đánh giá chất lượng của bó vỉa hè được tạo ra.

Khái niệm “Góc nghiêng khuôn” là góc nghiêng giữa khuôn và mặt đường nằm ngang. Khái niệm này chỉ mang tính chất cục bộ cho từng khuôn cụ thể, nếu hai khuôn có cùng góc nghiêng khuôn nhưng có chiều dài khuôn khác nhau thì tính chất sẽ khác nhau vì thể tích bê tông vào khuôn và ra khỏi khuôn sẽ khác nhau. Vì vậy, khái niệm góc nghiêng khuôn được thay thế bằng khái niệm “Tỉ số nén khuôn” sẽ phù hợp hơn. Tỉ số nén khuôn là tỉ số giữa diện tích mặt cắt ngang của khuôn khi bê tông vào khuôn và diện tích mặt cắt ngang của khuôn khi bê tông ra khỏi khuôn.



Hình 9. Sơ đồ bố trí đầm dùi và tỉ số nén khuôn

Trên hình 9, tỉ số nén khuôn được tính bằng diện tích mặt cắt Y-Y chia cho diện tích mặt cắt X-X.

Tỉ số nén khuôn (i_k) được xác định theo công thức sau:

$$i_k = \frac{S_{YY}}{S_{XX}} \quad (1)$$

Trong đó: S_{YY} – Diện tích mặt cắt ngang của khuôn tại Y-Y; S_{XX} – Diện tích mặt cắt ngang của khuôn tại X-X.

Diện tích S_{XX} được tính theo công thức:

$$S_{XX} = \frac{1}{2} (c + d)h \quad (2)$$

Diện tích S_{XX} được tính theo công thức:

$$S_{XX} = \frac{1}{2} (c + d)(h + L \cdot \sin \alpha) \quad (3)$$

Vậy:

$$i_k = \frac{S_{YY}}{S_{XX}} = \frac{h + L \cdot \sin \alpha}{h} = 1 + \frac{L}{h} \sin \alpha \quad (4)$$

Với khuôn đã được thiết kế có các thông số sau:

$c = 200\text{mm};$
 $d = 250\text{mm};$
 $h = 320\text{mm};$
 $L = 490\text{mm}.$

Góc nghiêng α sẽ được điều chỉnh khác nhau để tạo ra các tỉ số nén khuôn khác nhau trong quá trình thử nghiệm. Việc thay đổi góc nghiêng khuôn được thực hiện một cách dễ dàng vì máy được thiết kế có bộ phận thay đổi được chiều cao của bánh xe dẫn động phía trước.

Các thông số còn lại được chọn như sau:

- Tần số rung của đầm dùi: 7500 v/ph;
- Đường kính đầm dùi: $d = 36\text{mm};$
- Vị trí đặt đầm dùi: Theo chiều cao của khuôn (hình 9), $b = 50\text{ mm};$
- Bê tông được tiến hành thí nghiệm là bê tông có mác 200.

4. THỰC NGHIỆM VÀ KẾT QUẢ

Ta có 02 thông số được xem là thông số đầu vào của bài toán quy hoạch thực nghiệm cần được thực nghiệm là vị trí đầm dùi theo chiều dọc của máy (a) và tỉ số nén khuôn (i_k). Mỗi thông số sẽ được tiến hành thử nghiệm ở 04 giá trị khác nhau, Như vậy, tổ hợp của các giá trị này sẽ có tổng cộng 16 mẫu thí nghiệm ứng với 16 trường hợp khác nhau. Mẫu bó vữa hè sau khi đúc ra được kiểm tra độ cứng (hàm mục tiêu của bài toán quy hoạch thực nghiệm) và cho kết quả ở bảng 1. Các giá trị của $a > 0$ khi đầm dùi nằm trong khuôn (đầm dùi được đút sâu vào bên trong khuôn), $a = 0$ khi đầu đầm dùi nằm tại mép khuôn, $a < 0$ khi đầm dùi nằm ngoài khuôn (không đút vào bên trong khuôn).

Bảng 1. Kết quả thí nghiệm

Tên mẫu	Vị trí đầm dùi theo phương dọc của máy (Khoảng cách a)	Tỉ số nén khuôn (i_k)	Độ cứng (kg/cm ²)
Mẫu 01	-20	1	60
Mẫu 02		1.1	100
Mẫu 03		1.2	150
Mẫu 04		1.3	0
Mẫu 05	0	1	70
Mẫu 06		1.1	130
Mẫu 07		1.2	180
Mẫu 08		1.3	0

Mẫu 09	30	1	100
Mẫu 10		1.1	160
Mẫu 11		1.2	200
Mẫu 12		1.3	0
Mẫu 13	70	1	0
Mẫu 14		1.1	0
Mẫu 15		1.2	0
Mẫu 16		1.3	0

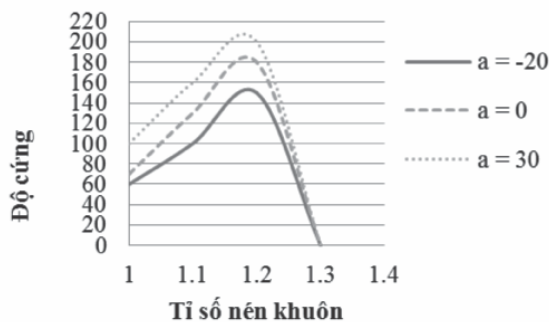
Trong bảng 1 có các mẫu có độ cứng bằng 0, điều này có nghĩa là trong các trường hợp đó bó vữa hệ không được hình thành vì bê tông không điền đầy khuôn hoặc bị đổ vụn khi tạo ra.

Công việc thực nghiệm được thể hiện ở hình 10.

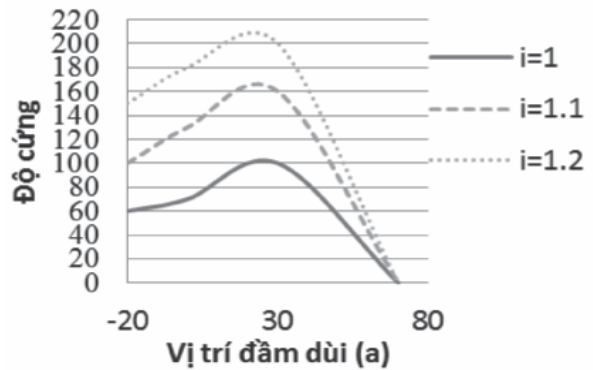


Hình 10. Hình ảnh thực nghiệm

Dựa vào bảng kết quả thực nghiệm (bảng 1), ta vẽ được đồ thị thể hiện mối tương quan giữa tỉ số nén khuôn (i_k), vị trí đầm dùi (a) với độ cứng bê tông trên hình 11a và 11b.



a)



b)

Hình 11. Quan hệ giữa độ cứng và vị trí đầm dùi, tỉ số nén khuôn

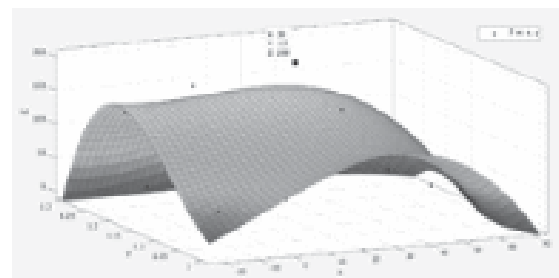
Sử dụng phương pháp bình phương nhỏ nhất để tìm mối quan hệ giữa độ cứng và tỉ số nén khuôn, vị trí đầm dùi.

- Gọi biến x_1 là vị trí đầm dùi (a);
- Gọi biến x_2 là tỉ số nén khuôn (i_k);
- Gọi y là hàm mục tiêu (độ cứng).

Ta tìm được phương trình thể hiện mối quan hệ:

$$y = 33840 + 74.61x_1 - 94740x_2 - 0.1x_1^2 - 125.7x_1x_2 + 88060x_2^2 + 0.08x_1^2x_2 + 53.26x_1x_2^2 - 27080x_2^3$$

Đồ thị thể hiện quan hệ giữa độ cứng và vị trí đầm dùi, tỉ số nén khuôn biểu diễn trong không gian được thể hiện trên hình 12.



Hình 12. Quan hệ giữa độ cứng và vị trí đầm dùi, tỉ số nén khuôn biểu diễn trong không gian

5. KẾT LUẬN

Thông qua bài nghiên cứu, chúng ta tìm hiểu về các nguyên lý chế tạo bó vỉa hè, trong đó việc sử dụng máy đúc bó vỉa hè cấp pha trượt liên tục tại chỗ chiếm nhiều ưu điểm và cần được áp dụng để nâng cao năng suất. Một mô hình máy đúc bó vỉa hè sử dụng nguyên lý đúc liên tục tại chỗ kết hợp với rung động được tạo ra bởi đầm dùi đã được chế tạo và tiến hành thực nghiệm. Kết quả thực nghiệm cũng tìm ra được mối quan hệ giữa độ cứng bê tông của bó vỉa hè đầu ra và hai thông số đầu vào đó là vị trí đầm dùi và tỉ số nén khuôn. Đây là cơ sở để thiết kế tối ưu một vài thông số kỹ thuật của máy đúc bó vỉa hè sử dụng nguyên lý đúc tại chỗ liên tục. Tuy nhiên, bài nghiên cứu vẫn còn chưa đầy đủ. Chẳng hạn như việc đánh giá chất lượng bó vỉa hè sau khi đúc ra chỉ dựa vào một thông số đó là độ cứng bê tông mà chưa khảo sát hết các yếu tố khác như độ nhẵn bóng bề mặt bê tông. Cũng như các thông số đầu vào khác chưa được xem xét đến, ví dụ như độ cao của vị trí đặt đầm dùi, mác bê tông,....

Đây là những yếu tố cần được khảo sát trong các nghiên cứu tiếp theo.

Ngày nhận bài: **18/4/2025**

Ngày phản biện: **06/5/2025**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Nguyễn Hồng Ngân, “*Máy sản xuất vật liệu và cấu kiện xây dựng*”. NXB. Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh, 2001.
- [2]. Trần Thị Hồng, Nguyễn Hồng Ngân, “*Kỹ thuật rung trong máy xây dựng*”. NXB. Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh, 2008.
- [3]. Vũ Liêm Chính, “*Cơ sở thiết kế máy xây dựng*”. NXB. Xây dựng, 2002.
- [4]. Nguyễn Hữu Lộc, “*Quy hoạch và phân tích thực nghiệm*”. NXB. Đại học Quốc gia TP. Hồ

Chí Minh, 2011.

- [5]. Lưu Thanh Tùng, Lương Văn Tới, “*Nghiên cứu những thông số chính ảnh hưởng đến chất lượng bê tông của máy bó vỉa hè bê tông cấp pha trượt*”. Tạp chí Khoa học & Công nghệ, số 17/2013.
- [6]. Lưu Thanh Tùng, Đề tài nghiên cứu khoa học “*Nghiên cứu, thiết kế và chế tạo máy bó vỉa hè bê tông cấp pha trượt*”.
- [7]. Trần Đăng Phương, Bùi Trọng Nhân, Luận văn tốt nghiệp “*Tìm hiểu, thiết kế, chế tạo máy bó vỉa hè loại rung*”. Trường Đại học Bách Khoa, Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh.
- [8]. P.F.G. Banfill, M.A.O.M. Teixeira, R.J.M. Craik, “*Rheology and vibration of fresh concrete: Predicting the radius of action of poker vibrators from wave propagation*”. Cement and Concrete Research 41, pp. 932-941, 2011.
- [9]. Ralph O. Lane, “*Behavior of Fresh Concrete During Vibration*”. Reported by ACI Committee 30, 1998.
- [10]. Scott Edward Burlingame, “*Application of infrared imaging to fresh concrete: monitoring internal vibration*”. A master thesis, 2004.
- [11]. François de Larrard, Nicolas Roussel, “*Flow Simulation of Fresh Concrete under a Slipform Machine*”. Road Materials and Pavement Design, pp. 547-566, 2011.
- [12]. Michael R. Dunham, Adam S. Rush, James H. Hanson, “*Effects of Induced Vibrations on Early Age Concrete*”. Journal of Performance of Constructed Facilities, Vol. 21, No. 3, 2007.
- [13]. Shigeyuki Date, Yuji Goryozono, Shinichiro Hashimoto, “*Study on Consolidation of Concrete with Vibration*”. International Conference on Solid State Devices and Materials Science, 2012.