

NGHIÊN CỨU VỊ TRÍ CỦA ĐÀM DÙI TRONG MÁY BÓ VIA HỀ CỐP PHA TRƯỢT

Lưu Thanh Tùng, Lương Văn Tới

Trường Đại học Bách Khoa, ĐHQG-HCM

(Bài nhận ngày 27 tháng 05 năm 2013, hoàn chỉnh sửa chữa ngày 11 tháng 6 năm 2013)

TÓM TẮT: Trong máy bó via hề cốp pha trượt, bộ phận đầm dùi là một bộ phận quan trọng ảnh hưởng đến chất lượng và năng suất của bê tông. Những thông số của đầm dùi cần quan tâm là tần số rung, biên độ rung, vị trí của đầm dùi. Các thông số này tác động tới các yếu tố: bán kính ảnh hưởng của đầm dùi, số lượng đầm dùi, vị trí đầm dùi. Các yếu tố cần phải hợp lý nhằm đạt một yêu cầu đầu ra về ứng suất nén, ứng suất cắt của bê tông. Nội dung bài báo sẽ đưa ra các phương trình lý thuyết được tính toán để ứng dụng trong máy bó via hề nhằm tính được bán kính ảnh hưởng, số lượng đầm dùi. Riêng vị trí đầm dùi sẽ được kiểm nghiệm thực tế nhằm đưa ra thông số hợp lý để đạt chất lượng bê tông theo yêu cầu.

Từ khóa: Máy bó via hề, cốp pha trượt, bán kính ảnh hưởng.

1. GIỚI THIỆU

Bê tông là hỗn hợp chất kết dính và hạt rời đã được sử dụng từ rất lâu, tuy nhiên xi măng là chất kết dính chỉ được sử dụng trong bê tông vào khoảng thập niên 1840. Vài thập niên gần đây người ta đã đưa rung động vào trong bê tông. Việc rung động này giúp cho bê tông tăng mật độ, độ bền và tuổi thọ. Ngay cả một số bê tông có cho thêm các chất phụ gia thì việc làm tăng thêm rung động cũng làm tăng thêm chất lượng của bê tông so với không rung động [1].

Theo [2], việc rung động có tác động tốt tới ứng suất cắt của bê tông. Trong một số trường hợp khi việc rung động được thực hiện sau khi bê tông đã được đông kết sau một vài giờ thì ứng suất cắt của bê tông có giảm nhưng không quá 10%. Đối với ứng suất nén thì việc rung động luôn có tác động tốt.

Việc rung động trong bê tông có tác dụng làm bê tông giảm ứng suất chày (Yield Stress) dẫn đến bê tông trở nên chảy lỏng ra và nó có thể tự chảy dưới sức nặng của nó [1], [3]. Chính việc chảy này giúp cho khí từ trong bê tông thoát ra và giúp cho bê tông được cô đặc tốt hơn. Tuy nhiên việc đạt được hiệu quả tốt nhất lại phụ thuộc vào tần số dao động, biên độ và gia tốc của đầu rung.

Trong một số trường hợp đặc biệt, bê tông còn có thể thay đổi cách trộn giữa các thành phần trong bê tông cũng như thứ tự trộn nhằm nâng cao các tính chất ưu điểm của bê tông [4]. Với trường hợp này việc rung động cũng mang lại hiệu quả cao trong việc tăng chất lượng bê tông.

Việc áp dụng rung động vào trong bê tông đã mang lại hiệu quả cao, tuy nhiên vấn đề này gặp vấn đề khi áp dụng vào máy bó via hề cốp pha trượt là tìm tần số dao động, biên độ hợp

lý, vị trí của đầm dùi trong khuôn để có thể tạo chất lượng bê tông tốt nhất. Trong bài báo này sẽ trình bày các phương trình tính toán số được các thông số trên, đồng thời thí nghiệm để tìm được vị trí đầm dùi hợp lý trong khuôn của máy bố via hệ cốp pha trượt.

2. CÁC LÝ THUYẾT VÀ NGHIÊN CỨU VỀ DAO ĐỘNG ĐẦM DÙI TRONG BÊ TÔNG

Dao động của bê tông khi sử dụng đầm dùi được hình thành do độ lệch tâm của bộ phận quay. Phương trình dao động của đầm dùi được mô tả dưới phương trình hình sin:

$$x = s \sin \omega t = s \sin 2\pi ft \quad (1)$$

Vận tốc của đầm dùi có thể trình bày như dưới đây:

$$\dot{x} = 2\pi fs \cos 2\pi ft = v \cos 2\pi ft \quad (2)$$

Và gia tốc được biểu diễn như sau:

$$\ddot{x} = 4\pi^2 f^2 s \sin 2\pi ft = a \sin 2\pi ft \quad (3)$$

Trong đó:

s : Biên độ dao động của đầm dùi (mm).

ω : vận tốc góc (rad/s).

f : tần số (Hz).

v : vận tốc cực đại của phần tử sát đầm dùi (mm/s)

a : gia tốc cực đại của phần tử sát đầm dùi (mm/s²)

Theo tài liệu [1], việc rung động đã làm lỏng bê tông mà làm cho ma sát có thể giảm đi 20 lần. Điều này giúp khí thoát ra khỏi bê tông dễ dàng và làm các vật liệu điền chặt với nhau. Việc bắt đầu có sự dịch chuyển các phần tử bê

tông chỉ xảy ra khi gia tốc đạt 4.9 m/s². Sự ép bê tông chặt với nhau bắt đầu khi gia tốc từ 9.8 đến 39.2 m/s². Khi lớn hơn gia tốc này, việc lên chặt bê tông không tăng thêm nữa. Một thí nghiệm khác về dao động cũng chứng tỏ rằng chi gia tốc không thôi thì chưa đủ hữu hiệu cho việc đầm chặt. Để tăng mức độ chặt của bê tông thì biên độ rung động cũng phải vượt qua một giá trị nào đó. Theo [1] thì biên độ đó phải lớn hơn 0.04 mm. Theo [2], tần số có ảnh hưởng không nhiều tới việc tăng độ cứng và có phổ rất rộng của tần số có thể thực hiện được việc đảm bảo độ cứng của bê tông.

Ngoài vấn đề cần đạt là tăng độ cứng của bê tông do rung động, một vấn đề khác cũng rất được quan tâm là bán kính ảnh hưởng của đầm dùi. Bán kính ảnh hưởng sẽ quyết định số lượng đầm dùi trên mặt cắt ngang của mẫu bê tông. Theo [5], việc biết được bán kính ảnh hưởng sẽ giúp cho người thiết kế thiết bị có thể đưa ra tham số hoạt động phù hợp nhưng vẫn đạt được yêu cầu độ chặt của bê tông. Theo Dessoiff [8], vận tốc tại một điểm có bán kính r sẽ được xác định như sau:

$$u_r = u_0 \sqrt{\frac{r_i}{r}} \exp\left[-\frac{\Omega}{2}(r - r_i)\right] \quad (4)$$

Trong đó: u_r là vận tốc tại bán kính r , r_i là bán kính đầm dùi, u_0 là vận tốc tại điểm r_i , Ω là hệ số giảm chấn trong bê tông có giá trị từ 0.04 đến 0.08.

Theo một nghiên cứu khác [6], việc xác định bán kính ảnh hưởng nên sử dụng tọa độ trụ. Trong đó vận tốc sẽ xác định như sau:

$$u_r = u_0 \cos \theta (\cos \omega t + i \sin \omega t) \quad \text{và}$$

$$u_\theta = -u_0 \sin \theta (\cos \omega t + i \sin \omega t) \quad (5)$$

Phương trình bảo toàn khối lượng và động lượng có thể tuyến tính hóa như phương trình (6) với giả sử rằng biên độ rung động nhỏ hơn rất nhiều so với kích thước đường kính đầm dùi.

$$\nabla^4 \psi - \frac{1}{\nu} \frac{\partial}{\partial t} \nabla^2 \varphi = 0 \quad (6)$$

Trong đó ψ là hàm dòng chảy, ν là độ nhớt động học của chất lỏng. Từ đó có thể xác định vận tốc của chất lỏng như sau:

$$u_r = -\frac{\partial \psi}{r \partial \theta} \quad \text{và} \quad u_\theta = \frac{\partial \psi}{\partial r} \quad (7)$$

Phép giải phương trình (6) cho kết quả như sau:

$$\psi = u_0 \left[\left(A \frac{r_i^2}{r} \right) + Br + Cr I_1(kt) + Dr K_1(kr) \right] \sin \theta \exp(i\omega t) \quad (8)$$

Trong đó:

$$k = \sqrt{i \frac{\omega}{\nu}} \quad (9)$$

và:

$$A = \{-\alpha^2 [I_0(\alpha)K_0(\beta) - I_0(\beta)K_0(\alpha)] + 2\alpha [I_1(\alpha)K_0(\beta) + I_0(\beta)K_1(\alpha)] - 2\alpha\delta [I_0(\alpha)K_1(\beta) + I_1(\beta)K_0(\alpha)] + 4\delta [I_1(\alpha)K_1(\beta) - I_1(\beta)K_1(\alpha)]\} / \Delta \quad (10)$$

$$B = \{2\alpha\delta [I_1(\alpha)K_0(\beta) - I_0(\beta)K_1(\beta)] + \alpha^2\delta^2 [I_0(\alpha)K_0(\beta) - I_0(\beta)K_0(\alpha)] - 2\alpha\delta^2 [I_1(\alpha)K_0(\beta) + I_0(\beta)K_1(\alpha)]\} / \Delta \quad (11)$$

$$C = \{-2\alpha K_0(\beta) - 4\delta K_1(\beta) + \delta^2 [2\alpha K_0(\alpha) + 4K_1(\alpha)]\} / \Delta \quad (12)$$

$$D = \{-2\alpha I_0(\beta) - 4\delta I_1(\beta) + \delta^2 [2\alpha I_0(\alpha) - 4I_1(\alpha)]\} / \Delta \quad (13)$$

Với

$$\alpha = kr_i \quad (14)$$

$$\beta = kr_0 \quad (15)$$

$$\delta = r_i / r_0 \quad (16)$$

và

$$\Delta = \alpha^2(1 - \delta^2)[I_0(\alpha)K_0(\beta) - I_0(\beta)K_0(\alpha)] + 2\alpha\delta[I_0(\alpha)K_1(\beta) - I_1(\alpha)K_0(\alpha) + I_1(\beta)K_0(\alpha) - I_0(\beta)K_1(\beta)] + 2\alpha\delta^2[I_0(\beta)K_1(\alpha) - I_0(\alpha)K_1(\alpha) + I_1(\alpha)K_0(\beta) - I_1(\alpha)K_0(\alpha)] \quad (17)$$

Để có thể xem xét sự suy giảm của rung động, tài liệu [7] cũng đề nghị sử dụng phương trình (7), (8) để có thể xác định sự giảm vận tốc kể từ bề mặt đầm dùi.

Một vấn đề cũng được đề cập trong [8] là nơi ứng suất tiếp trong bê tông nhỏ hơn ứng suất chảy của bê tông. Khi điều này xảy ra tại điểm nào đó thì bê tông sẽ chuyển từ trạng thái lỏng sang trạng thái rắn. Điểm này rất quan trọng để có thể xác định được bán kính ảnh hưởng của đầm dùi. Để chỉ ra điểm này, tài liệu [7] cũng đã chỉ ra phương trình để xác định bán kính tới hạn trong tọa độ trụ. Trước hết phương trình sóng của phân tử dao động ở một bán kính r bất kỳ có thể viết dưới dạng:

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial u_r}{\partial r} \right) = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 u_r}{\partial t^2} \quad (18)$$

Trong đó u_r là vận tốc của bê tông tại bán kính r , c là vận tốc của âm thanh trong bê tông (khoảng 500m/s), t là thời gian tín bằng giây.

Nếu như gọi r_{ls} là bán kính mà tại đó có sự chuyển đổi giữa lỏng và rắn và giả sử r_{ls} là nhỏ

so với chiều dài sóng của phân tử rung động trong bê tông thì:

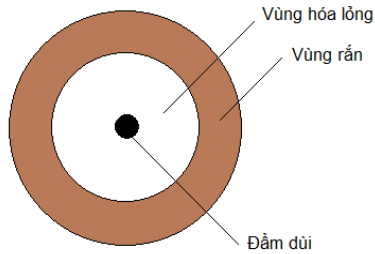
$$u_r = u_{ls} \pi r_{ls} \sqrt{\frac{f}{cr}} \exp \left[i \frac{\omega}{c} (r - ct) - i \left(\frac{\pi}{4} \right) \right] \quad (19)$$

Trong đó u_{ls} là vận tốc của vật liệu tại nơi bán kính r_{ls} .

Vận tốc của 1 điểm bất kỳ có bán kính r và vận tốc nơi bán kính r_{ls} có thể biểu diễn dưới dạng:

$$\frac{u_r}{u_{ls}} = \pi r_{ls} \sqrt{\frac{f}{cr}} \quad (20)$$

Việc phát hiện ra vùng bê tông hóa lỏng sẽ giúp cho người thiết kế thiết bị rung động xác định vùng đạt được độ rung động và vùng không đạt độ rung động thích hợp mà bố trí các đầm dùi một cách thích hợp (hình 1).



Hình 1. Các vùng khác nhau khi rung và bán kính ảnh hưởng

Trong máy bố via hè sử dụng rung động, việc xác định bán kính sẽ giúp xác định số đầm dùi hợp lý, giảm thiểu số lượng đầm dùi mà vẫn cho một sản phẩm bê tông có kết quả tốt.

Bán kính ảnh hưởng có thể tính được dựa trên ứng suất trượt τ_w tại bề mặt của đầm dùi và τ_0 là của bê tông chưa bị hóa lỏng.

$$r_{ls} = \sqrt{\frac{\tau_w}{\tau_0} r_i^2} \quad (21)$$

Trong đó r_i là bán kính của đầm dùi. τ_w được tính bằng công thức sau:

$$\tau_w = \tau_0 + \mu \dot{\gamma}_w \quad (22)$$

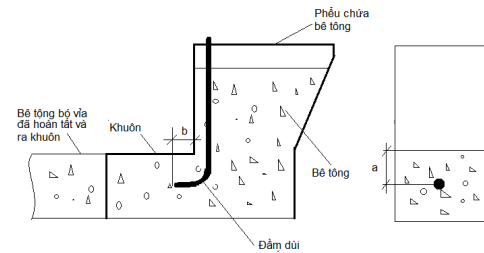
μ là độ nhớt đàn hồi của bê tông, $\dot{\gamma}_w$ được cho bởi công thức.

$$\dot{\gamma}_w = r \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{u_\theta}{r} \right) + \frac{1}{r} \frac{\partial u_r}{\partial \theta} \quad (23)$$

Trong đó u_r và u_θ được tính từ phương trình (7).

3. THÍ NGHIỆM VÀ KẾT QUẢ

Với các lý thuyết về bán kính ảnh hưởng cũng như xác định vùng hóa lỏng của bê tông, thí nghiệm sẽ tiến hành trên mặt khuôn của máy bố via hè. Sơ đồ bố trí các đầm dùi được minh họa trong hình 2.



Hình 2. Sơ đồ bố trí đầm dùi

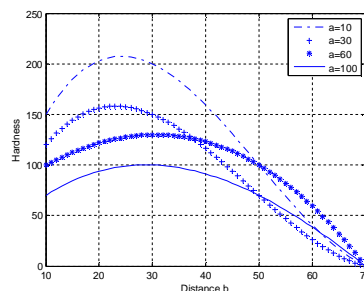
Để có thể tìm vị trí đầm dùi hợp lý, đầm dùi sẽ được đặt tại các vị trí khác nhau trong khuôn. Có 2 kích thước cần quan tâm khi đặt đầm dùi. Đầu tiên, kích thước a là kích thước độ sâu của đầm dùi so với mặt của khuôn. Thứ 2 là kích thước độ sâu của đầm dùi đưa vào trong khuôn. Các kích thước a và b sẽ được thay đổi để tìm hiểu chất lượng bê tông

Kích thước b được thực hiện trước với kích thước từ 0 đến 200 mm. Tiến hành đo độ cứng của mẫu bê tông để xác định chất lượng đầu ra theo kích thước b. Theo tài liệu [4], vận tốc đỉnh của đầm dùi nên từ 0.005 tới 0.1 m/s thì công thức lý thuyết và thực nghiệm sẽ tương đối trùng nhau. Khi tốc độ thấp hơn thì bê tông sẽ hóa rắn và phương trình lý thuyết áp dụng cho bê tông lỏng không còn phù hợp nữa. Với các vận tốc và bán kính ảnh hưởng được tính từ phương trình (7) và (19). Tần số rung động của đầm dùi trong thí nghiệm được chọn là 160 Hz, biên độ của đầm dùi và vận tốc đầm dùi được tính toán và áp dụng tương ứng là 0.5 mm, 1.1m/s. Bán kính ảnh hưởng được tính từ công thức (19) là 230 mm. Chọn kích thước mặt cắt ngang của khuôn là 460 x 230 mm. Kết quả thí nghiệm đo độ cứng của bê tông sau 7 ngày với các khoảng cách a, b khác nhau.

Bảng 1. Độ cứng và khoảng cách b

STT	a (mm)	b (mm)	Độ cứng (kg/cm ²)
01	10	10	150
02		30	200
03		50	100
04		70	0
05	30	10	120
06		30	150
07		50	70
08		70	0
09	60	10	100
10		30	130
11		50	100
12		70	0
13	100	10	70
14		30	100
15		50	70
16		70	0

Trong hình 3 một số đặc điểm có thể nhận xét như sau:



Hình 3. Quan hệ giữa độ cứng và khoảng cách

Điểm đặt của đầm dùi là rất quan trọng đối với trường hợp đúc bê tông vỉa hè bằng cốp pha trượt. Trong tài liệu [5], việc đưa đầm dùi cần phải sâu trong bê tông, cách bề mặt của bê tông là 200mm. Tuy nhiên trong máy bó vỉa hè, việc đưa xuống thấp sẽ làm quá trình hóa lỏng của bê tông bị cản trở, dẫn đến việc bê tông tự chảy từ phễu vào khuôn là gặp nhiều khó khăn. Theo thí nghiệm thì a nên vào khoảng 5% chiều cao khuôn là hợp lý. Ngoài ra việc đưa đầm dùi quá sâu vào khuôn cũng không giải quyết được độ chặt của bê tông bởi khi bê tông ra khỏi khuôn được tốt là do sự hóa lỏng từ đầu của khuôn và sự điền đầy từ lúc đầu vào. Vì vậy nơi đầu khuôn cần phải có sự hóa lỏng nhất. Chính vì thế chỉ đưa đầm dùi vào khuôn khoảng cách rất nhỏ vào khoảng 20 – 25 mm để bảo đảm cho việc hóa lỏng tại cửa vào của khuôn mà thôi.

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã giải quyết được vấn đề bán kính ảnh hưởng của đầm dùi khi đưa vào trong bê tông. Với tần số dự kiến, biên độ đầm dùi và bán kính ảnh hưởng có thể tính toán được từ lý

thuyết nhằm bảo đảm tính chảy lỏng của bê tông.

Không chỉ vậy, vị trí của đầm dùi trong máy bó vỉa hè cũng rất quan trọng ảnh hưởng đến độ cứng của bê tông. Trong bê tông, khi dùng đầm dùi thì mục tiêu là thoát khí. Tuy

nhien trong máy bó vỉa hè thì vấn đề ưu tiên lại là hóa lỏng để bê tông vào khuôn nhẹ nhàng.

Bài báo đã đưa ra các vị trí cần thiết để có thể đặt được đầm dùi nhằm hóa lỏng bê tông ở những vị trí cần thiết.

STUDY ON POSITION OF VIBRATOR IN CURB MACHINE WITH SLIDING FORMWORK

Luong Van Toi, Luu Thanh Tung

Ho Chi Minh city university of technology, VNU -HCM

ABSTRACT: *In curb machine with sliding formwork, the vibrator is the important thing to influence quality of concrete and productivity of machine. Factors of the vibrator are frequency, amplitude and position of vibrator. These factors have effects on radius of action, number of vibrators and shear stress. This paper will show theoretical equations to find these factors. Only position of vibrator will be experimented to find the good position to achieve requiring qualities.*

Keyword: *curb machine, sliding formwork, radius of action.*

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. 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, 932-941 (2011).
- [2]. Ralph O. Lane, Behavior of Fresh Concrete During Vibration, *Reported by ACI Committee 30* (1998).
- [3]. Compaction of Concrete, Cement Concrete and Aggregates (2006).
- [4]. Scott Edward Burlingame, Application of infrared imaging to fresh concrete: monitoring internal vibration, *a master thesis* (2004).
- [5]. François de Larrard, Nicolas Roussel, Flow Simulation of Fresh Concrete under a Slipform Machine, *Road Materials and Pavement Design*, 547-566 (2011).
- [6]. Tayyeb Akram, Shazim Ali Memon, Humayun Obaid, Production of low cost self compacting concrete using bagasse ash, *Construction and Building Materials* 23, 703-712 (2009).
- [7]. Michael R. Dunham, Adam S. Rush, James H. Hanson, Effects of Induced Vibrations on Early Age Concrete, *Journal*

- of performance of constructed facilities,*
21, 3 (2007).
- [8]. Shigeyuki Date, Yuji Goryozono, Shinichiro Hashimoto, Study on Consolidation of Concrete with Vibration, *International Conference on Solid State Devices and Materials Science* (2012).
- [9]. Alvaro García, Daniel Castro-Fresno, Juan Antonio Polanco, Evolution of penetration resistance in fresh concrete, *Cement and Concrete Research* 38 (2008).