

NGHIÊN CỨU MỐI QUAN HỆ GIỮA ỨNG SUẤT KÉO LỚN NHẤT TRONG CỌC BÊ TÔNG NGAY SAU KHI ĐÓNG VỚI ĐỆM ĐẦU CỌC VÀ ĐẦU BÚA KHI ĐÓNG TRONG NỀN KHÔNG ĐỒNG NHẤT ĐÁY CỌC CHỊU LỰC CHỐNG KHÔNG ĐỔI ĐỂ LỰA CHỌN ĐẦU BÚA TRONG MỌI ĐIỀU KIỆN

TS. Bùi Quang Nhung

Ban Quản lý Đầu tư và Xây dựng Thủy lợi 9 - Bộ NN&PTNT

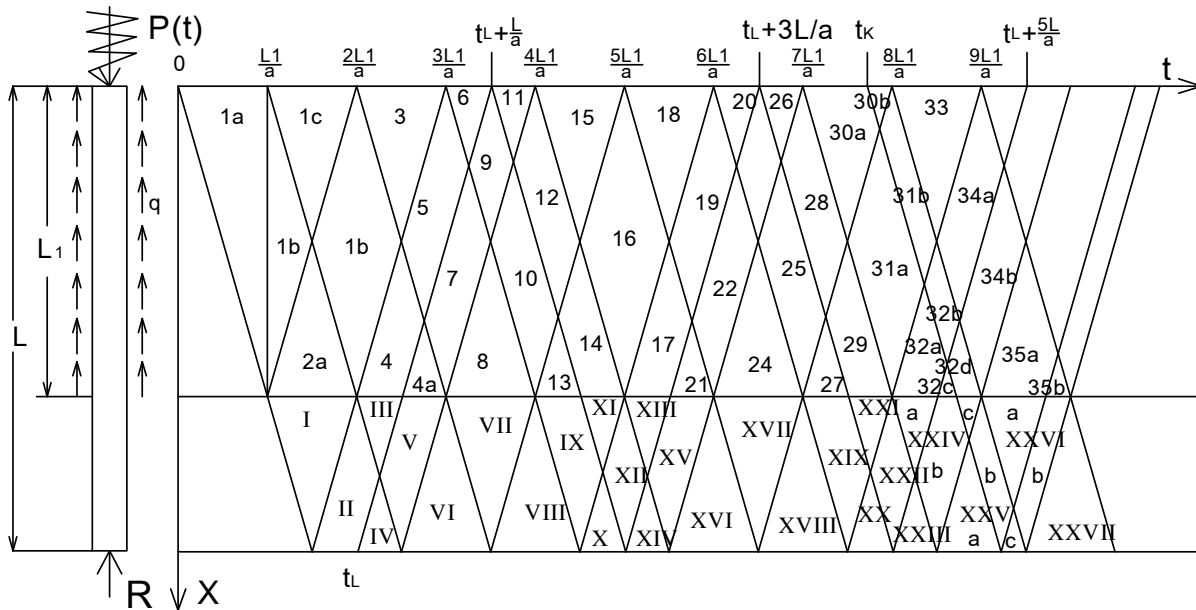
1. Đặt vấn đề

Khi nghiên cứu trạng thái ứng suất của cọc đóng trong nền hai lớp đáy cọc gặp lực chống không đổi [1], tác giả đã nghiên cứu ảnh hưởng của đệm đầu cọc đến ứng suất nén của cọc trong khi đóng và chọn đầu búa chọn đệm theo hệ số truyền năng lượng. Trong thực tế đóng cọc tại công trường, việc lựa chọn đầu búa cũng gặp nhiều khó khăn do địa bàn hoặc Nhà thầu thi

công không có đầy đủ các loại búa để lựa chọn đầu búa thích hợp, vấn đề đặt ra cần nghiên cứu về mối quan hệ giữa ứng suất kéo lớn nhất trong cọc bê tông ngay sau khi đóng với đệm đầu cọc và đầu búa khi đóng trong nền đồng nhất đáy cọc chịu lực chống không đổi để lựa chọn đầu búa trong mọi điều kiện.

2. Thiết lập bài toán [2]

2.1. Sơ đồ bài toán



2.2. Phương trình vi phân chuyển động của cọc (PTVPCĐ).

- PTVPCĐ của phần cọc chịu ma sát mặt bên phân bố đều có dạng:

$$\text{với } 0 \leq x \leq L_1; t > 0 \quad (2-1)$$

- PTVPCĐ của phần cọc tự do có dạng:

$$\frac{\partial^2 U_2}{\partial t^2} = a^2 \frac{\partial^2 U_2}{\partial x^2} \quad \text{với } L_1 \leq x \leq L; \quad (2-2)$$

2.3. Nghiệm tổng quát của bài toán (NTQ).

- NTQ của (2-1) ở miền 1a có dạng:

$$U_1(t, x) = \varphi_1(at - x) + \frac{Kx^2}{2} - Katx \quad (2-3)$$

- a. NTQ của (2-1) ở các miền 1c, 2a, 2b và 3 có dạng:

$$U_1(t, x) = \varphi_1(at - x) + \frac{1}{2}K(L_1 - x)^2 \quad (2-4)$$

- b. NTQ của (2-1) ở các miền còn lại của phần cọc chịu ma sát mặt bên có dạng:

$$U_1(t,x) = \varphi_1(at-x) + \psi_1(at+x) + \frac{1}{2}K(L_1-x)^2 \quad (2-5) \quad U_1 = 0 ; \quad \frac{\partial U_1}{\partial t} = 0 \text{ với } 0 \leq x \leq L_1 \quad (2-7)$$

• NTQ của (2-2) có dạng:

$$U_2 = \varphi_2(at-x) + \psi_2(at+x) \quad (2-6)$$

$$U_2 = 0 ; \quad \frac{\partial U_2}{\partial t} = 0 \text{ với } L_1 \leq x \leq L \quad (2-8)$$

2.3. Điều kiện biên của bài toán:

• Điều kiện đầu của bài toán

Ta chọn thời điểm ban đầu $t = 0$ trùng với thời điểm bắt đầu va chạm của búa vào cọc:

• Điều kiện biên của bài toán

Tại đầu cọc $x = 0$ ta có:

$$\frac{\partial U_1(t,0)}{\partial x} = -\frac{P(t)}{EF} \quad (2-9)$$

$$\text{Tại tiết diện } x = L_1 \text{ ta có: } \frac{\partial U_1}{\partial x} = \frac{\partial U_2}{\partial x} ; \quad \frac{\partial U_1}{\partial t} = \frac{\partial U_2}{\partial t} \quad (2-10)$$

Tại đáy cọc khi $x = L$ ta có:

$$\left. \begin{array}{l} + \text{ Khi cọc chưa lún: } \quad EF \frac{\partial U_2}{\partial x} < -R \text{ và } \frac{\partial U_2}{\partial t} = 0 \\ + \text{ Khi cọc lún: } \quad EF \frac{\partial U_2}{\partial x} = -R \text{ và } \frac{\partial U_2}{\partial t} \neq 0 \\ + \text{ Khi cọc dừng lún: } \quad EF \frac{\partial U_2}{\partial x} < -R \text{ và } \frac{\partial U_2}{\partial t} = 0 \end{array} \right\} \quad (2-11)$$

3. Xác định lực nén của đệm đàn hồi lên đầu cọc và các hàm sóng trong cọc Trong [2] đã xác định lực nén của đệm đàn hồi lên đầu cọc và các hàm sóng trong cọc.

4. Ứng suất kéo của cọc ngay sau khi đóng

4.1. Xác định các hàm sóng trong cọc

1. Xác định các hàm sóng trong cọc

Giả sử va chạm kết thúc trong khoảng thời gian: $\left(\frac{7L_1}{a}, \frac{8L_1}{a}\right)$

Trong mục trên tác giả đã xác định lực nén của đệm đàn hồi lên đầu cọc và các hàm sóng $\varphi'(at-x)$; $\psi'(at+x)$ trong thời gian va chạm.

Theo điều kiện biên của bài toán, tại đầu cọc: $\frac{\partial U(t,0)}{\partial x} = -\frac{P(t)}{EF}$

Sau khi kết thúc va chạm thì ta có: $P(t) = 0$ nên $\frac{\partial U(t,0)}{\partial x} = 0$ (1)

$$\text{Ta có: } \left. \frac{\partial U}{\partial x} \right|_{x=0} = -\varphi'(at) + \psi'(at) - KL_1 = 0$$

$$\text{Hay } \varphi'(at) = \psi'(at) - KL_1 \quad (2)$$

Sóng thuận ở các miền 30b, 31b, 32b, 32d, XXIVc, XXVb và XXVc có dạng:

$$\varphi'(at-x) = \frac{1}{EF} \left[P_1 \left(t - \frac{x+4L}{a} \right) + P_4 \left(t - \frac{x+2L}{a} \right) - 2R \right] - 3KL_1 \quad (3)$$

Sóng phản ở các miền XXVc, XXVIb, 35b có dạng:

$$\psi'(at+x) = \frac{1}{EF} \left[P_4 \left(t + \frac{x-4L}{a} \right) + P_1 \left(t + \frac{x-6L}{a} \right) - 3R \right] - 3KL_1 \quad (4)$$

Sóng thuận của miền 33, 34a, 34b, 35a, 35b, XXVIa, XXVIb, XXVII có dạng:

$$\varphi'(at-x) = \frac{1}{EF} \left[P_4 \left(t - \frac{x+2L}{a} \right) + P_1 \left(t - \frac{x+4L}{a} \right) - 2R \right] - 3KL_1 \quad (5)$$

Sóng phản ở các miền XXVII có dạng:

$$\psi'(at+x) = \frac{1}{EF} \left[P_4 \left(t + \frac{x-4L}{a} \right) + P_1 \left(t + \frac{x-6L}{a} \right) - 3R \right] - 3KL_1 \quad (6)$$

2. Trạng thái ứng suất trong cọc

Theo định luật Húc thì ứng suất trong cọc ở phần cọc ma sát mặt bên có dạng:

$$\sigma = E \frac{\partial U}{\partial x} = E \left[-\varphi'(at-x) + \psi'(at+x) - K(L_1 - x) \right] \quad (7)$$

ứng suất trong cọc ở phần không có ma sát mặt bên có dạng:

$$\sigma = E \frac{\partial U}{\partial x} = E \left[-\varphi'(at-x) + \psi'(at+x) \right] \quad (8)$$

Từ các hàm sóng thuận, sóng phản và định luật Húc ta tìm được ứng suất xuất hiện trong cọc ngay sau khi va chạm:

* Ứng suất của phần cọc có ma sát mặt bên ngay sau khi kết thúc va chạm:

Ứng suất ở miền 30b, 31b có dạng:

$$\sigma = \frac{1}{F} \left[-P_4 \left(t - \frac{x+2L}{a} \right) - P_1 \left(t - \frac{x+4L}{a} \right) + P_4 \left(t + \frac{x-2L}{a} \right) + P_1 \left(t + \frac{x-4L}{a} \right) \right] + EKx$$

Ứng suất ở miền 32b có dạng:

$$\sigma = \frac{1}{F} \left[-P_4 \left(t - \frac{x+2L}{a} \right) - P_1 \left(t - \frac{x+4L}{a} \right) + P_5 \left(t + \frac{x-2L}{a} \right) + P_2 \left(t + \frac{x-4L}{a} \right) - P_0 \left(t + \frac{x-6L}{a} \right) \right] + EK(at+2x-6L)$$

Ứng suất ở miền 32d có dạng:

$$\sigma = \frac{1}{F} \left[-P_4 \left(t - \frac{x+2L}{a} \right) - P_1 \left(t - \frac{x+4L}{a} \right) + P_3 \left(t + \frac{x-4L}{a} \right) + P_6 \left(t + \frac{x-2L}{a} \right) + P_0 \left(t + \frac{x-6L}{a} \right) - R \right] - EK(at-6L)$$

Ứng suất ở miền 33 có dạng:

$$\sigma = \frac{1}{F} \left[-P_4 \left(t - \frac{x+2L}{a} \right) - P_1 \left(t - \frac{x+4L}{a} \right) + P_4 \left(t + \frac{x-2L}{a} \right) + P_1 \left(t + \frac{x-4L}{a} \right) \right] + EKx$$

Ứng suất ở miền 34a có dạng:

$$\sigma = \frac{1}{F} \left[-P_4 \left(t - \frac{x+2L}{a} \right) - P_1 \left(t - \frac{x+4L}{a} \right) + P_5 \left(t + \frac{x-2L}{a} \right) + P_2 \left(t + \frac{x-4L}{a} \right) - P_0 \left(t + \frac{x-6L}{a} \right) \right] + EK(at+2x-6L)$$

Ứng suất ở miền 34b có dạng:

$$\sigma = \frac{1}{F} \left[-P_4 \left(t - \frac{x+2L}{a} \right) - P_1 \left(t - \frac{x+4L}{a} \right) + P_3 \left(t + \frac{x-4L}{a} \right) + P_6 \left(t + \frac{x-2L}{a} \right) + P_0 \left(t + \frac{x-6L}{a} \right) - R \right] - EK(at - 6L)$$

Ứng suất ở miền 35a có dạng:

$$\sigma = \frac{1}{F} \left[-P_4 \left(t - \frac{x+2L}{a} \right) - P_1 \left(t - \frac{x+4L}{a} \right) + P_7 \left(t + \frac{x-2L}{a} \right) + P_4 \left(t + \frac{x-4L}{a} \right) + P_1 \left(t + \frac{x-6L}{a} \right) - R \right] - EK(L_1 - x)$$

Ứng suất ở miền 35b có dạng:

$$\sigma = \frac{1}{F} \left[-P_4 \left(t - \frac{x+2L}{a} \right) - P_1 \left(t - \frac{x+4L}{a} \right) + P_4 \left(t + \frac{x-4L}{a} \right) + P_1 \left(t + \frac{x-6L}{a} \right) - R \right] - EK(L_1 - x)$$

* Ứng suất của phân cọc tự do ngay sau khi kết thúc va chạm:

Ứng suất ở miền XXIVc có dạng:

$$\sigma = \frac{1}{F} \left[-P_4 \left(t - \frac{x+2L}{a} \right) - P_1 \left(t - \frac{x+4L}{a} \right) + P_3 \left(t + \frac{x-4L}{a} \right) + P_0 \left(t + \frac{x-6L}{a} \right) + P_6 \left(t + \frac{x-2L}{a} \right) - R \right] - KE(at + x - 6L - L_1)$$

Ứng suất ở miền XXVb có dạng:

$$\sigma = \frac{1}{F} \left[-P_7 \left(t - \frac{x}{a} \right) - P_4 \left(t - \frac{x+2L}{a} \right) - P_1 \left(t - \frac{x+4L}{a} \right) + P_4 \left(t + \frac{x-4L}{a} \right) + P_7 \left(t + \frac{x-2L}{a} \right) + P_1 \left(t + \frac{x-6L}{a} \right) - R \right]$$

Ứng suất ở miền XXVc có dạng:

$$\sigma = \frac{1}{F} \left[-P_1 \left(t - \frac{x+4L}{a} \right) - P_4 \left(t - \frac{x+2L}{a} \right) + P_4 \left(t + \frac{x-4L}{a} \right) + P_1 \left(t + \frac{x-6L}{a} \right) - R \right]$$

Ứng suất ở miền XXVIa có dạng:

$$\sigma = \frac{1}{F} \left[-P_1 \left(t - \frac{x+4L}{a} \right) - P_4 \left(t - \frac{x+2L}{a} \right) + P_4 \left(t + \frac{x-4L}{a} \right) + P_7 \left(t + \frac{x-2L}{a} \right) + P_1 \left(t + \frac{x-6L}{a} \right) - R \right]$$

Ứng suất ở miền XXVIb có dạng:

$$\sigma = \frac{1}{F} \left[-P_1 \left(t - \frac{x+4L}{a} \right) - P_4 \left(t - \frac{x+2L}{a} \right) + P_4 \left(t + \frac{x-4L}{a} \right) + P_1 \left(t + \frac{x-6L}{a} \right) - R \right]$$

Ứng suất ở miền XXVII có dạng:

$$\sigma = \frac{1}{F} \left[-P_1 \left(t - \frac{x+4L}{a} \right) - P_4 \left(t - \frac{x+2L}{a} \right) + P_4 \left(t + \frac{x-4L}{a} \right) + P_1 \left(t + \frac{x-6L}{a} \right) - R \right]$$

4.2. Ảnh hưởng khối lượng đầu búa đến ứng suất của cọc

Với số liệu đầu vào : Cọc bê tông cốt thép

M300, kích thước cọc: 35x35x1200 cm. Đất nền gồm 2 lớp;

+ Lớp trên có chiều sâu 8m, ma sát mặt bên

phân bố đều $q = 2,5 \text{ N/cm}^2$.

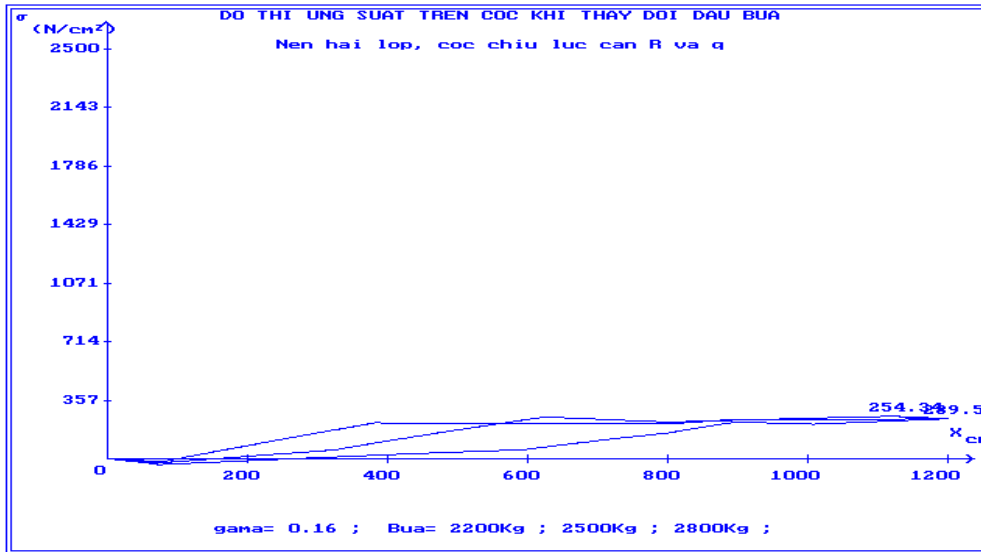
+ Lớp dưới có chiều sâu 4m, ma sát mặt bên khá bé nên ta có thể bỏ qua. Đáy cọc chịu lực chống không đổi: $R = 293400 \text{ N}$.

Đầu búa thay đổi: $M_1 = 2200\text{kg}$; $M_2 = 2500\text{kg}$; $M_3 = 2800\text{kg}$; chiều cao rơi $H = 1,8 \text{ m}$.

Đệm đầu cọc $\gamma = 0,16$ giữ nguyên. Sử dụng phần mềm máy tính lập sẵn, tính được kết quả như sau:

Đồ thị 4-1 và bảng 4-1 biểu thị ứng suất trong cọc ngay sau khi kết thúc va chạm.

i-



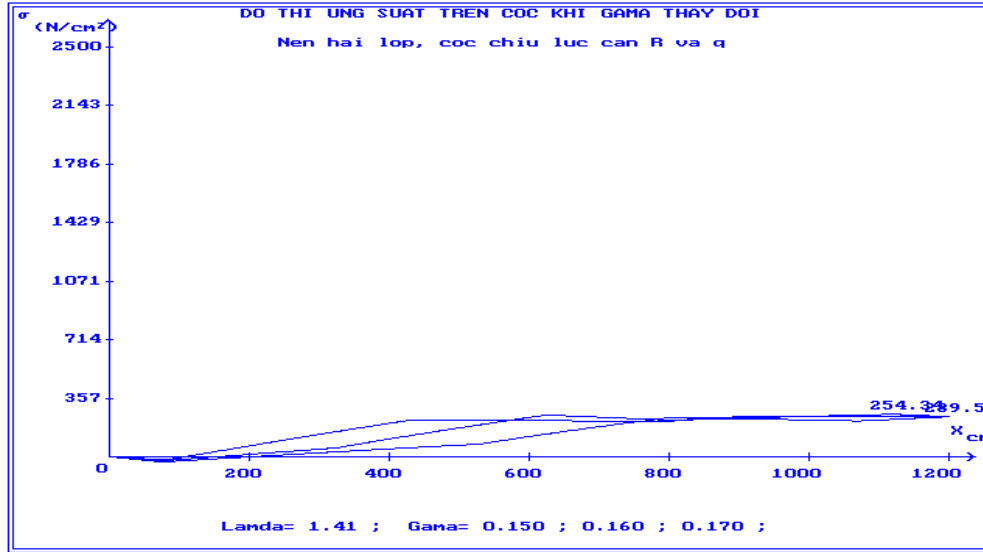
Bảng 4-1:

Ket qua ung suat t=0,01853 s Khi Mb=2200 Kg Tvc= 0,01833 s		Ket qua ung suat t=0,01929 s Khi Mb=2500 Kg Tvc= 0,01909 s		Ket qua ung suat t=0,01997 s Khi Mb=2800 Kg Tvc= 0,01977 s	
Tiet dien	Ung suat	Tiet dien	Ung suat	Tiet dien	Ung suat
0,00	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000
100,00	-29,916	100,00	-16,332	100,00	0,311
200,00	-11,485	200,00	14,646	200,00	78,914
300,00	6,682	300,00	45,556	300,00	154,910
400,00	24,094	400,00	106,604	400,00	214,364
500,00	40,257	500,00	173,051	500,00	210,701
600,00	57,383	600,00	235,296	600,00	208,801
700,00	108,562	700,00	236,768	700,00	208,188
800,00	154,277	800,00	219,505	800,00	208,380
900,00	219,592	900,00	230,946	900,00	231,746
1000,00	207,847	1000,00	242,030	1000,00	233,383
1100,00	222,518	1100,00	252,258	1100,00	236,161
1200,00	239,510	1200,00	239,510	1200,00	239,510
Gia tri ung suat keo lon nhat:- 35,057 N/cm ²		Gia tri ung suat keo lon nhat:- 24,954 N/cm ²		Gia tri ung suat keo lon nhat:- 18,901 N/cm ²	
Tai tiet dien x=72,00 cm		Tai tiet dien x=72,00 cm		Tai tiet dien x=72,00 cm	

4.3. Ảnh hưởng độ cứng đệm đầu cọc đến ứng suất của cọc

Giữ nguyên đầu búa $M_b = 2500\text{kg}$; thay đổi độ cứng đệm $\gamma = 0,15; 0,16; 0,17$.

Đồ thị 4-2 và bảng 4-2 biểu thị ứng suất trong cọc ngay sau khi kết thúc va chạm.



Bảng 4-2:

Ket qua ung suat t=0,01992 s Khi gama=0,1500 Tvc= 0,019720 s		Ket qua ung suat t=0,01929 s Khi gama=0,1600 Tvc= 0,019086 s		Ket qua ung suat t=0,01871 s Khi gama=0,1700 Tvc= 0,018510 s	
Tiet dien	Ung suat	Tiet dien	Ung suat	Tiet dien	Ung suat
0,00	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000
100,00	-5,376	100,00	-15,569	100,00	-24,918
200,00	65,525	200,00	15,282	200,00	-0,400
300,00	134,193	300,00	46,062	300,00	23,895
400,00	200,206	400,00	106,429	400,00	47,432
500,00	221,111	500,00	172,779	500,00	69,675
600,00	217,754	600,00	234,924	600,00	121,082
700,00	215,403	700,00	237,331	700,00	180,135
800,00	213,635	800,00	219,881	800,00	233,101
900,00	239,936	900,00	231,134	900,00	227,678
1000,00	238,959	1000,00	242,027	1000,00	219,943
1100,00	238,983	1100,00	252,064	1100,00	219,611
1200,00	239,510	1200,00	239,510	1200,00	239,510
Gia tri ung suat keo lon nhat:- 16,182 N/cm ²		Gia tri ung suat keo lon nhat:- 24,156 N/cm ²		Gia tri ung suat keo lon nhat:- 31,751 N/cm ²	
Tai tiet dien x=72,00 cm		Tai tiet dien x=72,00 cm		Tai tiet dien x=72,00 cm	

Nhận xét:

- Cọc bê tông đóng xuống nền có địa tầng hai lớp đáy cọc gặp lực chống không đổi, ngay sau khi đóng trong cọc xuất hiện ứng suất kéo.
- Nếu tăng khối lượng đầu búa thì ứng suất kéo lớn nhất trong cọc giảm.
- Nếu tăng độ cứng của đệm đàn hồi lên đầu cọc thì ứng suất kéo lớn nhất trong cọc tăng.

- Từ kết quả tính toán và các nhận xét trên về ảnh hưởng khối lượng đầu búa, đệm đầu cọc đến ứng suất của cọc bê tông trong khi đóng và ngay sau khi đóng đối với bài toán này cùng với số liệu đã cho để hạ cọc được an toàn và hiệu quả nhất, thì đầu búa được chọn là 2,8 tấn và đệm được chọn có $\gamma = 0,17$. Tuy nhiên trong thực tế thi công tại công trường có hạn chế về số

lượng đầu búa. Thông qua việc thay đổi đệm đầu cọc, giữ nguyên loại đầu búa, Nhà tư vấn sử dụng phần mềm đã lập để tính toán sẽ lựa chọn được loại đệm đầu cọc thích hợp với loại đầu

búa đó mà khi hạ cọc xuống nền ứng suất kéo xuất hiện trong cọc không vượt quá ứng suất kéo cho phép.

Tài liệu tham khảo

- [1] Nguyễn Đăng Cường, 2000. *Luận án tiến sỹ kỹ thuật năm 2000.*
[2] PGS.TS Khổng Doãn Điền, ThS. Bùi Quang Nhung, KS. Phạm Đình Văn, 2003. Tạp chí Khoa học kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường ĐHTL. *Ảnh hưởng khối lượng, chiều cao rơi của búa, đệm đầu cọc và diện tích tiết diện ngang của cọc đến lực nén của đệm lên đầu cọc.*

Abstract

RESEARCH ON THE RELATIONSHIP BETWEEN THE BIGGEST PULLING STRESS IN THE CONCRETE PILES IMMEDIATELY AFTER

When studying stress status of pile in 2 beds, bottom of pile meets supporting force which is not much mutable, many authors have studied influence of buffer of pile head to compressing stress of pile when being pile, choosing hammer head is also facing many difficulties due to specific conditions or construction contractors do not have a full range of hammers to choose the proper hammer. The problem given is to study about pulling stress in the concrete piles and to consider effect of volume of hammer cushion to pull stress greatest of piles after being piled that help us to make selecting solution in order to pile safely and efficiently.