

# XÁC ĐỊNH ĐỘ LÚN CỌC ĐƠN CHỊU TÁC DỤNG TẢI TRỌNG ĐÚNG

KS. ĐẶNG QUANG LIÊN

*Hội Cảng Đường thủy – Thềm lục địa Việt Nam*

## 1. MỞ ĐẦU

Có rất nhiều phương pháp có thể sử dụng để xác định độ lún của cọc đơn chịu tác dụng của tải trọng đúng. Tổng quát lại, có thể chia các phương pháp này thành ba nhóm:

- Nhóm dựa theo kinh nghiệm;
- Nhóm theo lý thuyết nền biến dạng tổng quát;
- Nhóm theo lý thuyết hệ số nền cục bộ.

Bài viết này giới thiệu một phương pháp nằm trong nhóm theo lý thuyết hệ số nền cục bộ..

## 2. NỘI DUNG PHƯƠNG PHÁP ĐỀ XUẤT

### 2.1 Nguyên lý thành lập công thức

Theo nguyên lý thông thường, độ lún ở đỉnh cọc đơn ( giả thiết ngang mặt đất) có thể xác định được theo các phương trình sau:

$$S_d = S_m + \frac{1}{EF} \int_0^l N_z \cdot dz \quad (1)$$

$$N_z = N_d - U \cdot \int_0^z f_z \cdot dz \quad (2)$$

Trong đó:

$S_d$  là độ lún ở đỉnh cọc,

$S_m$  là độ lún ở mũi cọc,

$N_d$  là tải trọng tác dụng ở đỉnh cọc,

$N_z$ : là tải trọng tác dụng trên tiết diện cọc tại độ sâu  $z$ , tính từ mặt đất,

$f_z$ : là cường độ ma sát quanh thân cọc, tại độ sâu  $z$ ,

$U$  và  $F$  là chu vi và diện tích tiết diện cọc,

$E$ : là mô đun đàn hồi vật liệu cọc,

$l$ : là chiều sâu ngập đất của cọc.

### 2.2 Xác định các tham số tính toán

#### a) Khả năng chịu lực của cọc

Có nhiều phương pháp xác định khả năng chịu lực của cọc theo đất nền.

Để phù hợp với số đông và cũng để tiện cho việc áp dụng tiêu chuẩn kỹ thuật hiện hành, có thể sử dụng các phương pháp thống kê thực nghiệm; ví dụ phương pháp được nêu trong TCXD 205-98.

Theo TCXD 205-98, khả năng chịu lực cực hạn của cọc theo đất nền, được xác định theo:

$$P_{ch} = P_{m,ch} + P_{tc,ch} \quad (3)$$

$$= F \cdot R + U \cdot \int_0^l f_z \cdot dz \quad (4)$$

Trong đó:

$P_{m,ch}$  là khả năng chịu lực cực hạn của đất nền ở mũi cọc,

$P_{tc,ch}$  là khả năng chịu lực cực hạn của ma sát đất quanh thân cọc.,

$R$  là sức chống của đất mũi cọc;

$f_z$  là ma sát bên của cọc;

$F$  và  $U$  lần lượt là diện tích và chu vi tiết diện cọc.

Khảo sát số liệu nén cọc cũng như phân tích lý thuyết cho thấy, khi chịu nén, các lớp đất quanh cọc tiến đến trạng thái cực hạn trước so với lớp đất ở mũi cọc; do đó khi tải trọng trên đỉnh cọc không lớn thì sức chịu tải của cọc chủ yếu là phụ thuộc lực ma sát quanh thân cọc; kết quả là tỷ lệ

$\frac{P_m}{P_{tc}}$  sẽ không lớn (trong đó  $P_m$  là thành

phần lực chống mũi cọc và  $P_{tc}$  là thành phần ma sát quanh thân cọc). Khi tải trọng tác dụng trên đỉnh cọc ( $N_d$ ) tăng dần lên thì

tỷ lệ  $\frac{P_m}{P_{tc}}$  cũng tăng dần lên và đạt trị số

$\frac{P_{m,ch}}{P_{tc,ch}}$  khi  $N_d$  đạt trị số tải trọng cực hạn

$P_{ch}$  của cọc theo sức chịu của đất nền.

Quy luật tăng lên theo  $N_d$  của tỷ lệ

$\frac{P_m}{P_{tc}}$  có thể giả thiết là theo hàm số mũ, và

viết dưới dạng sau đây:

$$\frac{P_m}{P_{tc}} = a^n \frac{P_{m,ch}}{P_{tc,ch}} = a^n \cdot B \quad (5)$$

Trong đó:

$$a = \frac{N_d}{P_{ch}} \quad (5a)$$

$n$  là bậc lũy thừa;

$$\text{Và } B = \frac{P_{m,ch}}{P_{tc,ch}} \quad (5b)$$

b) *Độ lún mũi cọc và hệ số nền của đất*

Theo nhiều số liệu thử cọc, người ta thấy rằng độ lún mũi cọc ứng với tải trọng ở đỉnh cọc bằng khoảng 50% sức chịu cực hạn của cọc, có thể được xác định theo:

$$S_m = \frac{P_m}{K_m} \quad (6)$$

Trong đó  $K_m$  là hệ số nền của đất ở mũi cọc, t/m<sup>3</sup>;

$P_m$  là áp lực dưới mũi cọc, t/m<sup>2</sup>.

Trên thực tế, khi đạt đến tải trọng cực hạn, độ lún mũi cọc vẫn còn nằm trong giai đoạn được xem là đàn hồi; do đó  $K_m$  có thể dùng để xác định độ lún của mũi cọc, kể cả khi  $N_d > 0.5 P_{ch}$ .

c) *Ma sát quanh thân cọc*

Cường độ ma sát quanh thân cọc ứng với thời điểm tải trọng tác dụng trên đỉnh cọc chỉ  $\leq 50\%$  khả năng chịu lực cực hạn của cọc theo đất nền, được giả định là tỷ lệ thuận với cường độ ma sát cực hạn, tức là:

$$f = \beta \cdot f_{ch} \quad (8)$$

Sau một số bước biến đổi đơn giản, tỷ lệ  $\beta$  được xác định như sau:

$$\beta = \frac{a \cdot (1 + B)}{a^n \cdot B + 1} \quad (9)$$

Như vậy, trình tự tính độ lún của cọc sẽ là:

- Xác định cường độ ma sát cực hạn của đất quanh thân cọc cùng với cường độ chống nén của đất ở mũi cọc. Đây thực chất là xác định khả năng chịu lực cực hạn của cọc theo đất nền;
- Lựa chọn hệ số nền của đất tại mũi cọc ( $K_m$ ) và chỉ số mũ  $n$ ;
- Dùng công thức (1) để tính độ lún của đầu cọc ứng với tỷ lệ  $a$  cho trước..

### 2.3 Ví dụ tính toán

*Ví dụ A*

Cọc bê tông cốt thép 0.40 x 0.40 m, đóng vào nền đất khá phức tạp, mũi cọc ngập vào lớp đất cát mịn ở độ sâu 36 m.

Khả năng chịu lực cực hạn của cọc đã được xác định bằng 151 t, trong đó thành phần mũi cọc là  $P_{m, ch} = 49$  tấn, thành phần ma sát  $P_{tc, ch} = 102$  tấn. (xem bảng A.1)

Bảng A.1

Lớp đất	z(m)	f(t/m2)	Ulf (t)	Ghi chú
1	0	0	0	Đỉnh cọc
2	2	0.90	2.88	
3	4	0.20	0.64	
4	6	0.00	0	
5	8	0.00	0	
6	10	1.25	4.0	
7	12	1.25	4.0	
8	14	1.25	4.0	
9	16	1.00	3.2	
10	18	1.00	3.2	
11	20	1.00	3.2	
12	22	2.00	6.4	
13	24	3.30	10.56	
14	26	3.30	10.56	
15	28	3.30	10.56	
16	30	3.30	10.56	
17	32	3.30	10.56	
18	34	5.50	17.60	
19	36			Mũi cọc

Hãy tính toán độ lún của cọc khi nén cọc đến 75.5 t.

Từ số liệu ban đầu, ta có:

$$B = 49/102 = 0.48$$

Thay vào (9) với  $n = 1.0$  và  $a = 0.50$  được  $\beta = 0,597$ .

Cường độ ma sát quanh thân cọc f tương ứng tính theo (8), kết quả ghi trong cột thứ 3 bảng A.2. Tổng lực ma sát dọc cọc; lực nén dọc cọc  $N_z$  tính theo (2), lần lượt ghi trong các cột tương ứng của bảng a.2.

Độ lún của cọc ( $S_j$ ) dọc theo độ sâu tính theo (10) dưới dạng chia cọc thành  $\frac{L}{\Delta L}$  đoạn và cộng dồn từ mũi cọc lên

phía đỉnh cọc, kết quả ghi trong cột 6 bảng a.2.

$$S_j = S_{j+1} + 0.5*(N_{j+1} + N_j) \frac{\Delta L}{EF} \quad (10)$$

Trong đó j biến đổi từ  $\frac{L}{\Delta L} + 1$  ( tức là ở mũi cọc) đến 1.

Từ bảng A.2 cho thấy, khi  $N_d = 0.5 P_{ch}$  thì trị số tổng lực ma sát quanh cọc là 60.85 t, lực chống mũi cọc là 14.65 t,

tỷ lệ  $\frac{P_m}{P_{tc}} = 0.24$ . Nên nhớ rằng tỷ lệ

$$\frac{P_{m, ch}}{P_{tc, ch}} = 0,48, \text{ tức là tỷ lệ này đã giảm đi } 50\%.$$

Bảng A.2

Lớp đất	z(m)	f(t/m2)	Ulf	Nz	Lún cọc	Ghi chú
1	0	0.00	0.00	75.5	0.0054	Đỉnh cọc
2	2	0.54	1.72	75.50	0.0051	
3	4	0.12	0.38	73.78	0.0048	
4	6	0.00	0.00	73.40	0.0045	
5	8	0.00	0.00	73.40	0.0042	
6	10	0.75	2.39	73.40	0.0039	
7	12	0.75	2.39	71.01	0.0037	
8	14	0.75	2.39	68.62	0.0034	
9	16	0.60	1.91	66.23	0.0031	
10	18	0.60	1.91	64.32	0.0029	
11	20	0.60	1.91	62.41	0.0026	
12	22	1.19	3.82	60.50	0.0024	
13	24	1.97	6.30	56.68	0.0022	
14	26	1.97	6.30	50.38	0.0020	
15	28	1.97	6.30	44.07	0.0018	
16	30	1.97	6.30	37.77	0.0016	
17	32	1.97	6.30	31.47	0.0015	
18	34	3.28	10.51	25.16	0.0014	
19	36		60.85	14.65	<b>0.00131</b>	Mũi cọc

\*Ghi chú: Trong tính toán độ lún mũi cọc đã sử dụng hệ số nền Km tại mũi cọc theo số liệu thí nghiệm 69895 t/m<sup>3</sup>.

Kết quả độ lún đỉnh cọc là 5,4 mm và độ lún mũi cọc là 1,31 mm.

## CẢNG – ĐƯỜNG THỦY

Ví dụ B

Cọc ống bê tông cốt thép dài 38.6 m, đóng vào lớp đất dính, với các chỉ tiêu về độ sệt như trong bảng B1 và đã xác định được cường độ ma sát tương ứng (cột 5 trong bảng B1).

Trong bảng,  $R_u$  là lực ma sát trong đoạn cọc tính toán

Bảng B1

Đỉnh	3.5	h	B	f	$R_u$	R
Đáy						
SL	0	3.5	*	1.2	9.24	
2	-2	2	1.51	1.6025	14.31	
2	-4	2	1.51	1.6025	14.31	
2	-5.05	1.05	0.75	3.3125	15.53	
4	-7.05	2	0.75	3.3125	29.58	
4	-9.35	2.3	0.55	3.7625	38.63	
5a	-11.35	2	0.55	3.7625	33.59	
6	-13.35	2	0.31	4.3025	38.41	
6	-15.35	2	0.31	4.3025	38.41	
6	-17.35	2	0.31	4.3025	38.41	
6	-19.35	2	0.31	4.3025	38.41	
6	-21.35	2	0.31	4.3025	38.41	
6	-23.35	2	0.31	4.3025	38.41	
6	-25.35	2	0.31	4.3025	38.41	
6	-27.35	2	0.31	4.3025	38.41	
6	-29.35	2	0.31	4.3025	38.41	
6	-31.35	2	0.31	4.3025	38.41	
6	-33.35	2	0.31	4.3025	38.41	
6	-35.1	1.75	0.31	4.3025	33.61	
	Lcọc	38.6		f*hi	611.35	177.30172
	Cọc	<b>CT 04</b>			611.35	68.23
	H/koan	<b>HK 7</b>		Pch	<b>679.59</b>	Pmc

Từ kết quả này cho

$$B = 37.26 / 454.15 = 0.08$$

Với  $n = 2$ ;  $a = 0.5$  tính được  $\beta = 0.53$

Kết quả, lực ma sát quanh cọc và độ lún đỉnh cọc được tính trong bảng B2 (cột 2 và 4).

Với  $P_{ch}$ , độ lún đỉnh cọc là 25.4 mm, và độ lún đỉnh cọc khi  $N_d = 0.5 P_{ch}$  là 7.0 mm (Với  $K_m = 6000 \text{ t/m}^3$ )

Bảng B2

M/s c/hạn	a = 0.5			a = 1.0		
	$R_u$	$R_u$ ,tt	$N_z$	S	$R_u$ ,tt	$N_z$
9.24	4.99	339.79	0.0070	9.24	679.59	0.0254
14.31	7.74	334.80	0.0063	14.31	670.35	0.0238
14.31	7.74	327.06	0.0058	14.31	656.04	0.0230
15.53	8.40	319.33	0.0054	15.53	641.73	0.0221
29.58	15.99	310.93	0.0052	29.58	626.21	0.0217
38.63	20.89	294.94	0.0048	38.63	596.63	0.0209
33.59	18.16	274.05	0.0044	33.59	558.00	0.0200
38.41	20.77	255.88	0.0040	38.41	524.41	0.0193
38.41	20.77	235.11	0.0037	38.41	485.99	0.0187
38.41	20.77	214.34	0.0034	38.41	447.58	0.0181
38.41	20.77	193.57	0.0032	38.41	409.16	0.0175
38.41	20.77	172.80	0.0029	38.41	370.75	0.0170
38.41	20.77	152.03	0.0027	38.41	332.33	0.0166
38.41	20.77	131.26	0.0025	38.41	293.92	0.0162
38.41	20.77	110.48	0.0024	38.41	255.50	0.0158
38.41	20.77	89.71	0.0022	38.41	217.09	0.0155
38.41	20.77	68.94	0.0021	38.41	178.68	0.0152
38.41	20.77	48.17	0.0021	38.41	140.26	0.0150
33.61	18.18	27.40	0.0020	33.61	101.85	0.0149
Mũi cọc	0.000	9.224	0.0020	0.00	68.23	0.0148

### 2.4 Thảo luận

a) Khả năng xác định đường cong nén lún của cọc

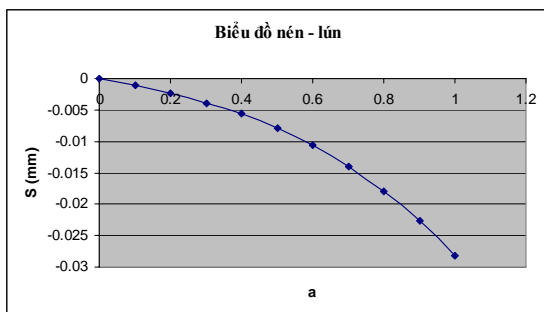
Như trên đã đề cập, quan hệ (5) có thể được giả thiết là phù hợp cả khi  $N_d > 0.5 P_{ch}$ . Như vậy, có thể dùng các công thức đã nêu để xác định độ lún đầu cọc khi tải trọng tác dụng trên đỉnh cọc thay đổi từ 0 đến  $P_{ch}$ .

Trình tự tính toán được thực hiện tương tự như đã tiến hành đối với ví dụ B ở trên, với a thay đổi từ 0.1; 0.2; 0.3 cho đến 0.9 và 1.0.

Kết quả tính theo ví dụ B được tập hợp trong bảng B.3 và minh họa trên hình dưới đây.

**Bảng B.3**

a	0	0.2	0.4	0.5	0.6	0.8	1
N (t)	0	136	272	340	408	544	680
S (m)	0	-0.002	-0.005	-0.007	-0.010	-0.016	-0.025

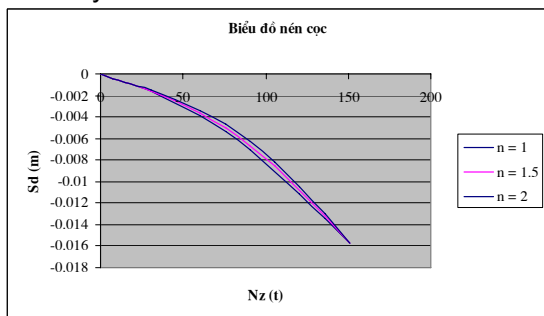


Hình 1

Đường cong nén lún này khá phù hợp với thực tế nén cọc tại công trình [4]

*b) Ảnh hưởng của chỉ số mũ n*

Cùng ví dụ A ở trên song cho chỉ số mũ  $n$  thay đổi từ 1 đến 1.5 và 2.0 thì đường đồ thị nén cọc tính toán được xây dựng trên hình dưới đây..



Hình 2

Từ đồ thị cho thấy khi  $n$  tăng lên thì độ cong của đường đồ thị cũng tăng lên. Trị số  $n$  tùy thuộc vào loại đất mà cọc xuyên qua, cùng với quan hệ kích thước tiết diện ngang và chiều dài cọc.

*c) Về độ lún của đỉnh cọc*

Qua một số ví dụ cho thấy, nếu cọc được đóng vào đất sét trạng thái dẻo cứng, dẻo mềm, dẻo chảy thì độ lún của đỉnh cọc khá lớn.

Kết quả nhiều tính toán cho thấy, công thức (169) theo phương pháp của học giả Nga N.A. Xmôrôđinski tính độ mềm của đầu cọc hiện đang được quy định trong 22TCN207-92 là không phù hợp với thực tế Việt Nam.

*d) Về hệ số nền  $K_m$*

Giá trị của hệ số nền  $K_m$  có ảnh hưởng lớn đến kết quả tính toán độ lún của cọc đơn.

Ngoài việc xác định  $K_m$  theo số liệu thử cọc, cũng đã có nhiều tư liệu giới thiệu về trị số  $K_m$  tùy thuộc vào chủng loại và trạng thái của nền đất.

Tuy vậy, vẫn cần có những nghiên cứu thực nghiệm nhiều hơn nữa để có thể đúc rút được những kết luận có giá trị thực dụng.

**TÀI LIỆU THAM KHẢO**

- [1] TCXD 205-98 Tiêu chuẩn thiết kế móng cọc;
- [2] Tài liệu thử cọc Dự án bến 3.000 DWT của NMDT ĐN;
- [3] 22 TCN 207-92 Tiêu chuẩn thiết kế - Công trình bến cảng biển;
- [4] Báo cáo kết quả thử cọc công trình PV tại Vũng Tàu.