

Đánh giá khả năng chịu tải của nền cát san lấp có xử lý xi măng cho giải pháp móng nông

■ TS. NGUYỄN TUẤN PHƯƠNG⁽¹⁾; KS. NGUYỄN MINH THÔNG⁽²⁾

Trường Đại học Xây dựng Miền Tây

Email: ⁽¹⁾nguyentuanphuong@mtu.edu.vn; ⁽²⁾nguyenminhthongtg1994@gmail.com

TÓM TẮT: Khu vực đồng bằng sông Cửu Long nói chung và khu vực ven sông Tiền có đặc điểm địa chất đất yếu khá dày trên bề mặt, địa tầng phức tạp, mực nước ngầm cao, địa hình trũng thấp. Việc xây dựng công trình 1, 2 tầng, giải pháp nền móng thường gặp nhiều khó khăn trong việc vận chuyển thiết bị cơ giới và nhiều tổn kém. Đa phần các công trình đều xây dựng trên nền cát san lấp, có nhiều công trình xây dựng trên nền cát san lấp cao hơn 2,0 m có giao thông không thuận tiện. Thông thường, giải pháp thiết kế móng cọc bê tông cốt thép (BTCT) hoặc móng cọc tràm. Điều này có thể dẫn đến nhiều hao tổn nguyên vật liệu khi phát sinh chiều sâu chôn móng (có những công trình chôn móng sâu đến 3 - 4 m) là nguyên nhân chính làm tăng tải trọng ngoài lên móng, tăng lún, lún lệch. Một trong những giải pháp xem như đơn giản và mang lại không ít hiệu quả (như kinh tế, kỹ thuật thi công, thời gian...) cho loại công trình này là tận dụng lớp cát san lấp trong trường hợp có xử lý xi măng làm nền công trình. Kết quả của bài báo cho thấy khả năng chịu tải của nền công trình tăng lên đáng kể (200 - 250%) và độ lún giảm nhiều (50%).

TỪ KHÓA: Móng nông, độ lún, đất yếu, ứng suất và biến dạng.

ABSTRACT: In general, the Mekong Delta region and the area along the Tien River have the geological characteristic of soft soil thickly distributed on the surface, complex geological layers, high groundwater levels and low-lying topography. Building structures of 1 or 2 floors, foundation solutions have many difficulties in transporting mechanized equipment and costly. Most of the structures are built on filled sand layers, with many structures being constructed on sand layers higher than 2.0 m, with inconvenient traffic. Normally, The foundation solution is designed concrete pile foundations or deep excavation for melaleuca wood piles foundations. This can lead to material waste when the depth of burying the piles increases

(some existing structures have piles buried as deep as 3 - 4 m), directly causing increase the load on the foundation, increase the settlement and increase the Subsidence of foundation structure. One of the seemingly simple and effective solutions such as (economically, technically in construction, construction time...) used a sand layer for leveling in case of cement treatment as the foundation of the construction. The results of the paper show that the load-bearing capacity of the construction foundation is significantly increased (200 - 250%) and settlement is greatly reduced (50%).

KEYWORDS: Shallow foundations, settlement, soft soil, stress and deformation.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay, thiết kế giải pháp móng nông cho công trình 1, 2 tầng trên nền đất yếu khu vực đồng bằng sông Cửu Long thường sử dụng giải pháp trên móng cọc tràm hoặc móng cọc BTCT. Giải pháp này thường gặp không ít khó khăn khi phải sử dụng thiết bị cơ giới hóa và tổn kém. Một trong những giải pháp xem như đơn giản và mang lại không ít hiệu quả cho loại công trình 1, 2 tầng trên nền đất yếu này trở nên cấp bách, giúp cho người thiết kế có cách nhìn tổng quan hơn về khả năng chịu tải của lớp đệm cát san lấp, đặc biệt là đệm cát san lấp sau khi xử lý xi măng để từ đó ứng dụng vào thiết kế tiết kiệm kinh phí một cách đáng kể và tăng tính khả dụng của vật liệu san lấp trong điều kiện khan hiếm như hiện nay.

2. CƠ SỞ TÍNH TOÁN SỨC CHỊU TẢI CỦA NỀN

2.1. Sức chịu tải của đất nền dựa trên mức độ phát triển vùng biến dạng dẻo trong nền

Lời giải của Puzurievski khi vùng dẻo bằng 0:

$$P_{at} = \frac{\pi}{\cot g\varphi + \varphi - \frac{\pi}{2}} (\gamma D_f + c \cot g\varphi) + \gamma D_f \quad (1)$$

Lời giải của Maxlov:

$$P_{cp} = \frac{\pi}{\cot g\varphi + \varphi - \frac{\pi}{2}} (\gamma x b \tan g\varphi + \gamma D_f + c \cot g\varphi) + \gamma D_f \quad (2)$$

Lời giải của Laropolxki:

$$P_{gh}^{II} = P_{ult} = \frac{\pi}{\cot g\varphi + \varphi - \frac{\pi}{2}} \left(\gamma x \frac{b}{2tg(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2})} + \gamma D_f + c \cot g\varphi \right) + \gamma D_f \quad (3)$$

Theo TCVN 9362-2012:

$$R = \frac{m_1 m_2}{k_{tc}} (Ab\gamma_{II} + Bh\gamma'_{II} + Dc_{II} - \gamma_{II} h_0) \quad (4)$$

2.2. Sức chịu tải của đất nền dựa trên giả thuyết bằng giới hạn điểm

Theo Meyerhoff:

$$q_{ult} = cN_c F_{cs} F_{ci} + qN_q F_{qs} F_{qi} + 0,5\gamma b N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma} \quad (5)$$

Theo Terzaghi:

Đối với móng vuông:

$$P_{gh} = q_{ult} = 1,3cN_c + qN_q + 0,4\gamma b N_\gamma \quad (6)$$

3. TÍNH LÚN MÓNG NÔNG

Để thiết kế nền móng công trình, cần phải tính tổng độ lún và vận tốc của nó. Với nền đất biến dạng được, độ lún của móng thường được tính bằng với biến dạng đúng của nền đất, nó gồm ba thành phần.

$$S = S_i + S_c + S_s \quad (7)$$

Độ lún cố kết của nền đất được tính theo phương pháp tổng phân tố với đường quan hệ: $e - \sigma'$ của thí nghiệm cố kết.

$$P_{gl} = \sigma'_{gl} = p - \gamma' D_f \quad (8)$$

$\sigma'_{gl} \leq 0,2\sigma'_{bt(z)}$: Đối với đất nền có mô-đun biến dạng

$$E \geq 5.000 \text{ kN/m}^2.$$

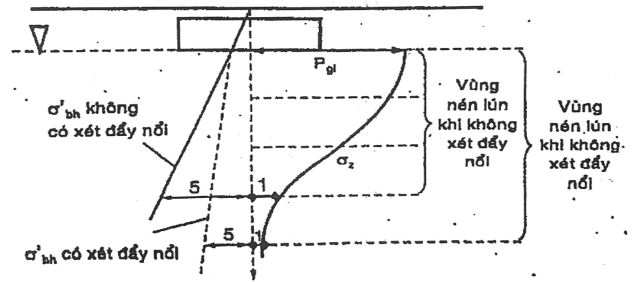
$\sigma'_{gl} \leq 0,1\sigma'_{bt(z)}$: Đối với đất nền có mô-đun biến dạng $E \leq 5.000 \text{ kN/m}^2$.

Công thức tính lún của lớp thứ i trong nền đất:

$$s_i = \frac{e_{1i} - e_{2i}}{1 + e_{1i}} h_i \quad (9)$$

Độ lún của móng là tổng các độ lún của các lớp n phân tố trong vùng chịu tải trọng:

$$S = \sum_{i=1}^n s_i = \sum_{i=1}^n \frac{e_{1i} - e_{2i}}{1 + e_{1i}} h_i \quad (10)$$



Hình 3.1: Sơ đồ tính lún theo phương pháp tổng phân tố [1, 6]

4. PHÂN TÍCH KHẢ NĂNG CHỊU TẢI CỦA NỀN CÁT SAN LẤP CÓ XỬ LÝ XI MĂNG CHO GIẢI PHÁP MÓNG NÔNG CHO CÔNG TRÌNH KHU VỰC VEN SÔNG TIỀN

Công trình 2 tầng được thiết kế giải pháp móng bằng cọc tràm, chiều sâu chôn móng 3,5 m so với chiều cao san lấp được xây dựng trên địa chất như sau:

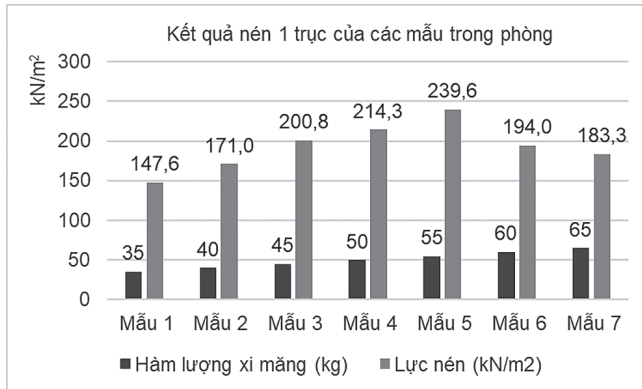
Bảng 4.1. Kết quả thí nghiệm các chỉ tiêu cơ lý đặc trưng của các lớp đất

Tính chất cơ lý		Ký hiệu	Đơn vị	Lớp đất				
				1	2	3	4	5
Thành phần hạt	Sỏi sạn	-	%	-	-	-	-	-
	Hạt cát	-	%	95,7	10,0	77,1	16,3	18,6
	Hạt bụi	-	%	4,3	43,7	16,2	45,3	52,2
	Hạt sét	-	%	-	46,4	6,7	38,5	29,3
Độ ẩm		W	%	24,45	66,34	25,18	54,35	43,17
Dung trọng tự nhiên		γ	kN/m ³	19,0	15,6	19,2	16,3	17,1
Dung trọng khô		γ_d	kN/m ³	15,3	9,4	15,3	10,5	11,9
Dung trọng đẩy nổi		γ'	kN/m ³	9,5	5,8	9,3	6,5	7,5
Tỷ trọng hạt		G_s	-	2,65	2,63	2,55	2,65	2,68
Hệ số rỗng		e_0	-	0,732	1,793	0,667	1,519	1,248
Độ bão hòa		S_r	%	88,5	97,1	96,3	94,6	92,5
Giới hạn chảy		W_L	%		62,8		54,9	47,3
Giới hạn dẻo		W_p	%		32,2		31,6	26,3
Chỉ số dẻo		I_p	%	NP	30,6	NP	23,3	21,0
Độ sệt		I_L	-		1,12		0,98	0,80
Góc ma sát trong		φ	độ	25°29'	13°40'	26°07'	05°43'	07°26'
Lực dính		c	kN/m ²	2,0	5,7	5,3	6,9	11,7
Hệ số nén lún		a_{1-2}	m ² /kN.10 ⁻²	0,014	0,121	0,016	0,098	0,062
Mô-đun biến dạng		E_{1-2}	kN/m ²	10.593,8	1.381,9	8.542,1	1.558,9	2.298,9
Mô-đun tổng BD		$E_{0(1-2)}$	kN/m ²	8.475	552,7	6.833,7	722,8	2.316,6
Chỉ số SPT		N	búa	-	3	6	2-3	4-5

Các kết quả thí nghiệm của cát san lấp: Dung trọng riêng 17,69 kN/m³, dung trọng khô 14,01 kN/m³, tỷ trọng 2,672, góc ma sát trong 23°24', mô-đun biến dạng 8.930,5.

Cường độ chịu nén của các mẫu được xác định tại 28 ngày tuổi bằng thiết bị nén một trục nở hông tự do. Mục đích của thí nghiệm là xác định sức kháng nén một trục không hạn chế nở hông của mẫu tiêu chuẩn. Quy trình thí nghiệm nén mẫu tuân thủ Tiêu chuẩn TCVN 9403-2012 [2], ASTM D2166 [3] và ASTM D1633 [4, 8, 9, 10].

Kết quả nén một trục các mẫu thí nghiệm quy đổi theo 7.9.1 ASTM International - ASMT C42/C42M-04.



Hình 4.1: Biểu đồ nén 1 trục của các mẫu cát san lấp xử lý xi măng

Qua kết quả nén mẫu khi nền cát san lấp được xử lý xi măng với hàm lượng 50 kg/500 lít nước dùng tươi cho 1 m² nền cát san lấp thì đạt được kết quả là 214,3 kN/m² đảm bảo với biện pháp móng nông thi công cho công trình dân dụng 1 - 2 tầng tương đương với tải trọng 200 kN.

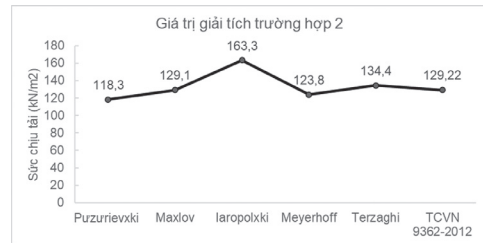
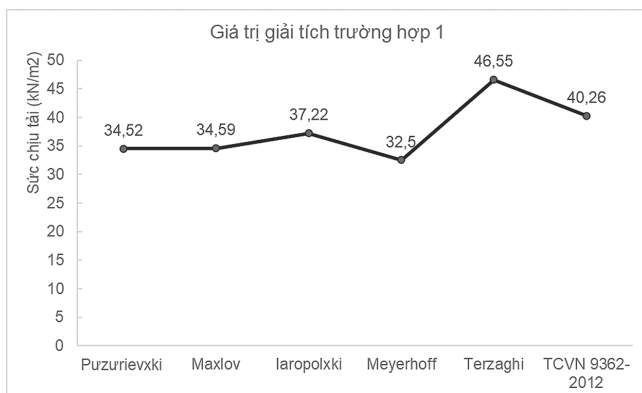
Kết quả thí nghiệm các chỉ tiêu cơ lý của nền cát san lấp có xử lý xi măng: Dung trọng riêng 35,9 kN/m³, dung trọng khô 29,9 kN/m³, góc ma sát trong 33° 2', mô-đun biến dạng 49.823,5 kN/m², sức kháng cắt 25,67 kN/m².

Tính sức chịu tải của nền cho móng (1*1)m, $N^t = 200$ kN, chiều sâu chôn móng 4,2 m (đặt tại lớp đất số 2) so với nền cát san lấp bằng PP giải tích (trường hợp 1).

Tính sức chịu tải của nền cho móng (1*1)m, $N^t = 200$ kN, chiều sâu chôn móng 2,5 m (đặt tại lớp đất số 1) so với nền cát san lấp bằng PP giải tích (trường hợp 2).

Tính sức chịu tải của nền cho móng (1*1)m, $N^t = 200$ kN, chiều sâu chôn móng 0,5 m (đặt tại lớp cát san lấp) so với nền cát san lấp bằng PP giải tích (trường hợp 3).

Tính sức chịu tải của nền cho móng (1*1)m, $N^t = 200$ kN, chiều sâu chôn móng 0,5 m (đặt tại lớp cát san lấp có xử lý bằng nước xi măng) so với nền cát san lấp bằng PP giải tích (trường hợp 4).



Hình 4.2: Biểu đồ giá trị giải tích sức chịu tải nền của 4 trường hợp [2], [7], [8], [9], [10]

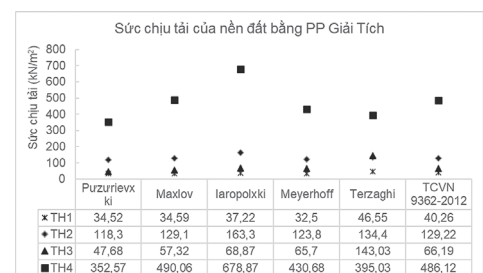
- Trường hợp 1: Sức chịu tải của nền rất bé và đạt giá trị cao nhất tính theo Terzaghi trong khi thấp nhất theo phương pháp tính của Meyerhoff.

- Trường hợp 2: Sức chịu tải của nền đã cải thiện đáng kể do móng đặt trên cát tự nhiên không bị đào sâu do chôn móng và đạt giá trị cao nhất tính theo Iaropolxki trong khi thấp nhất theo phương pháp tính của TCVN. Độ lún của móng không thỏa điều kiện ổn định lún vượt quá độ lún giới hạn cho phép.

- Trường hợp 3: Sức chịu tải của nền thấp do móng đặt trên cát san lấp chưa đạt độ chặt theo yêu cầu và đạt giá trị cao nhất tính theo Terzaghi trong khi thấp nhất theo phương pháp tính của Puzurievski. Độ lún của móng không thỏa điều kiện ổn định lún vượt quá độ lún giới hạn cho phép.

- Trường hợp 4: Sức chịu tải của nền tăng cao đáng kể do móng đặt trên nền cát san lấp có xử lý bằng nước xi măng và đạt giá trị cao nhất tính theo Iaropolxki trong khi thấp nhất theo phương pháp tính của Puzurievski. Độ lún của nền đáp ứng yêu cầu ổn định.

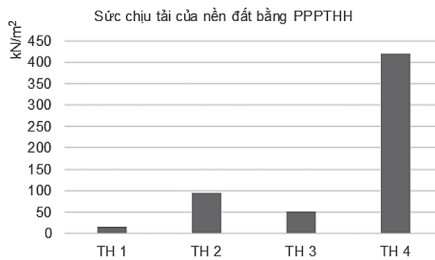
Tổng hợp sức chịu tải của nền bằng phương pháp giải tích thông qua các trường hợp đặt móng.



Hình 4.3: Biểu đồ giá trị giải tích sức chịu tải nền trong các trường hợp bằng PPGT

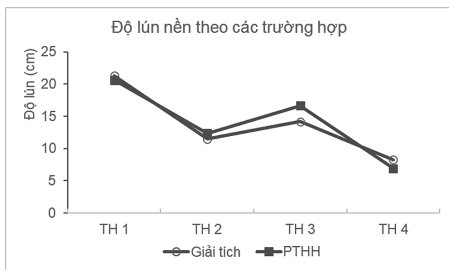
Sức chịu tải của nền tăng cao đáng kể trong trường hợp móng đặt trên nền cát san lấp có xử lý bằng nước xi măng và đạt giá trị tính toán P_{gh} theo TCVN 9362:2012. Với P_{gh} này, nền móng công trình đáp ứng với chiều cao 1, 2 tầng trong khi độ lún của nền đáp ứng yêu cầu ổn định.

Tính sức chịu tải của nền cho móng (1*1)m, $N^t = 200$ kN, chiều sâu chôn móng ở các trường hợp khác nhau: Trường hợp 1 chiều sâu chôn móng 4,2 m (đặt tại lớp đất số 2), trường hợp 2 chiều sâu chôn móng 2,5 m (đặt tại lớp đất số 1), trường hợp 3 chiều sâu chôn móng 0,5 m (đặt tại lớp cát san lấp), trường hợp 4 chiều sâu chôn móng 0,5 m (đặt tại lớp cát san lấp có xử lý bằng nước xi măng) so với nền cát san lấp bằng phương pháp phần tử hữu hạn [5].



Hình 4.4: Biểu đồ tổng hợp sức chịu tải của nền đất trong các trường hợp bằng phương pháp phần tử hữu hạn

Sức chịu tải của nền tính theo phương pháp phần tử hữu hạn có độ dốc biến thiên tương đối tiệm cận với cách tính theo phương pháp giải tích.



Hình 4.5: Tổng hợp độ lún của nền đất bằng phương pháp giải tích và phần tử hữu hạn

Trong các trường hợp tính toán độ lún nền bằng phương pháp giải tích và phần tử hữu hạn độ lún nền có những biến thiên thay đổi, nhưng về cơ bản độ lún tính toán tiệm cận nhau.

5. KẾT LUẬN

Khi móng đặt trên nền đất tự nhiên, chiều sâu chôn móng -4,4 m. Sức chịu tải của nền đất đạt $P_{gh}=40,26$ kN/m², độ lún $S=21,33$ cm không đảm bảo khả năng chịu tải công trình $N^t=200$ kN.

Khi móng đặt trên mặt đất tự nhiên chiều sâu chôn móng -2,5 m. Sức chịu tải của nền đạt $P_{gh}=129,22$ kN/m². Độ lún $S=11,49$ cm. Trong trường hợp này sức chịu tải của nền tăng 2,2 lần và độ lún giảm khoảng 0,85 lần so với ban đầu.

Khi móng đặt trên nền cát san lấp chiều sâu chôn móng -0,5 m. Sức chịu tải của nền đất đạt $P_{gh}=66,19$ kN/m². Do nền cát san lấp trong trạng thái xốp nên việc xác định P_{gh} có phần giảm hơn trong trường hợp móng đặt trên nền tự nhiên (chiều sâu chôn móng -2,5 m) khoảng 0,48 lần.

Khi đặt móng trên nền cát san lấp có xử lý xi măng chiều sâu chôn móng -0,5 m. Sức chịu tải của nền đạt $P_{gh}=486,12$ kN/m², độ lún đạt $S=8,26$ cm. Trong trường hợp này, sức chịu tải của nền tăng đáng kể tăng gấp 2,76 lần và độ lún của nền giảm đi 0,4 lần so với trường hợp đặt móng trên nền đất tự nhiên chiều sâu chôn móng là -2,5 m.

Về cường độ của nền cát san lấp có xử lý bằng xi măng được tính toán bằng phương pháp phần tử hữu hạn đạt $P_{gh}=419,4$ kN/m² trong khi tính toán bằng phương pháp giải tích đạt giá trị $P_{gh}=486,12$ kN/m². Độ lún tính toán bằng phương pháp phần tử hữu hạn đạt $S=6,92$ cm, tính toán độ lún bằng phương pháp giải tích đạt $S=8,26$ cm. Cho thấy kết quả tính toán bằng phương pháp phần tử hữu hạn và phương pháp giải tích cho kết quả tiệm cận nhau.

Qua các kết quả phân tích trên cho thấy khả năng sử dụng móng nông trên nền cát san lấp có xử lý xi măng có khả năng mang lại hiệu quả tốt, tiết kiệm chi phí cho phần móng, đạt được sức chịu tải cho công trình có tải trọng tương ứng $N^t=200$ kN (1, 2 tầng).

Tài liệu tham khảo

- [1]. Châu Ngọc Ẩn (2015), *Cơ học đất*, NXB. Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh.
- [2]. TCVN 9403-2012 (2012), *Tiêu chuẩn Quốc gia, "Gia cố đất nền yếu - Phương pháp trụ xi măng đất"*, Hà Nội.
- [3]. American Society for Testing and Materials, *Standard Test Method for Uncon®ned Compressive Strength of Cohesive Soil*, D2166-00.
- [4]. American Society for Testing and Materials, *Standard Test Methods for Compressive Strength of Molded Soil-Cement Cylinders*, D1633-17.
- [5]. *Plaxis Version 8 Manual*.
- [6]. Schanz, T., P. A. Vermeer and P. G. Bonnier, *The hardening soil model: formulation and verification*, Beyond 2000 in computational geotechnics (1999): 281-296.
- [7]. I. N. Markou and A. I. Droudakakis (2013), *Factors Affecting Engineering Properties of Microfine Cement Grouted Sands*, Geotech Geology Engineering 2013, vol.31, pp.1041-1058.
- [8]. S. Akbulut and A. Saglamer (2004), *Modification of hydraulic conductivity on granular soils using waste materials*, Waste Management, vol.24, pp.491-499.
- [9]. I. A. Pantazopoulos, D. K. Atmatzidis, V. G. Basas and S. K. Papageorgopoulou (2013), *Effect of Grout Bleed Capacity on the Engineering Properties of Cement Grouted Sands*, in Proceedings of the 18th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Paris.
- [10]. Muhammad Adil Nawaz, Muhammad Aleem and Hammad Raza (2022), *Experimental Study of Influence The Bearing Capacity of Sandy Soil by Using Cement Grouting*, University of Engineering and Technology.

Ngày nhận bài: 29/10/2024

Ngày nhận bài sửa: 15/11/2024

Ngày chấp nhận đăng: 20/11/2024