

ỨNG DỤNG MÔ HÌNH NỀN HARDENING SOIL TRONG PLAXIS 3D DỰ TÍNH SỨC CHỊU TẢI CỌC KHOAN NHỒI

APPLICATION OF HARDENING SOIL MODEL IN PLAXIS 3D TO ESTIMATE THE BEARING CAPACITY OF BORED PILES

➔ **ThS. Nguyễn Tiến Dũng** - *BM. Địa kỹ thuật - Khoa Xây dựng Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội -*
SĐT: 0988120252

Tóm tắt: Đối với công trình sử dụng móng cọc, sức chịu tải của cọc là thông số đầu vào quan trọng trong thiết kế nền móng. Tiêu chuẩn Việt Nam hiện hành đã chỉ dẫn nhiều phương pháp dự tính sức chịu tải của cọc đơn thẳng đứng; tuy nhiên, phương pháp phần tử hữu hạn tiên tiến chưa được chỉ dẫn ứng dụng. Bài báo sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn thông qua phần mềm Plaxis 3D để mô phỏng và đối chiếu với kết quả thí nghiệm nén tĩnh cọc, từ đó đánh giá được độ tin cậy và khả năng ứng dụng của phương pháp trong thực tiễn.

Từ khóa: Sức chịu tải cọc, cọc khoan nhồi, Plaxis 3D, mô hình nền Hardening Soil, thí nghiệm nén tĩnh cọc.

1. Dẫn nhập

Sức chịu tải của cọc có thể được xác định theo các chỉ tiêu cơ lý hoặc kết quả thí nghiệm hiện trường [3,4,5] đã không còn xa lạ trong các đồ án thiết kế công trình. Ưu điểm của các phương pháp này là dễ thực hành, tính toán theo công thức giải tích, bảng tra, sử dụng biểu đồ để xác định được giá trị sức chịu tải cực hạn của cọc. Hạn chế các phương pháp trên là không trực quan, bảng tra chưa phản ánh hết sự tương tác giữa cọc và đất. Sức chịu tải của cọc xác định theo kết quả thí nghiệm nén tĩnh hiện trường có độ tin cậy cao nhất, là cơ sở để kiểm tra giá trị sức chịu tải thiết kế (tính theo các phương pháp khác nhau) có phù hợp hay không và kiểm tra chất lượng thi công cọc; tuy nhiên, để tiết kiệm chi phí và tận dụng cọc thí nghiệm làm cọc chịu lực cho công trình nên người ta thường không tiến hành thí nghiệm phá hoại cọc, do đó trong nhiều trường hợp thí nghiệm nén tĩnh chưa xác định rõ sức chịu tải cực hạn của cọc.

Phương pháp phân tích tiên tiến nhất hiện nay là phương pháp phần tử hữu hạn (PTHH), đây là phương pháp phức tạp cần sự hỗ trợ của máy tính, có yêu cầu cao về độ chính xác của các thông số đầu vào và cho kết quả tin cậy. Ưu điểm của phương pháp này là ứng xử của đất, tương tác giữa đất và kết cấu có thể mô phỏng tương đối chính xác và hợp lý trong các giai đoạn xây dựng. Mặc dù có nhiều ưu điểm nhưng tính toán theo phương pháp PTHH

Abstract: For constructions using pile foundations, the bearing capacity of piles is an important input parameter in foundation design. Current Vietnamese standards have guided many methods for estimating the bearing capacity of vertical single piles; however, the advanced finite element method has not been instructed for application. This article uses the finite element method using Plaxis 3D software to simulate and compare with the results of static pile compression tests, thereby evaluating the reliability and applicability of the method in practice.

Keywords: Pile bearing capacity, bored pile, Plaxis 3D, Hardening Soil model, static pile compression test.

đòi hỏi kinh nghiệm và sự hiểu biết của người phân tích không chỉ về vấn đề địa kỹ thuật mà còn về phương pháp tính, thông số sử dụng và mô hình sử dụng. Plaxis 3D một chương trình thương mại khá phổ biến trong phân tích các bài toán liên quan đến địa kỹ thuật; tích hợp nhiều loại mô hình tính toán phù hợp với nhiều loại đất nền, kết cấu khác nhau. Việc nghiên cứu, đánh giá các mô hình tính toán trong Plaxis nhằm ứng dụng tăng độ chính xác cho quá trình tính toán, thiết kế sức chịu tải của cọc là cần thiết. Trong bài báo này, tác giả sử dụng Plaxis 3D để mô phỏng tính toán sức chịu tải cọc khoan nhồi cho công trình “Tòa nhà hỗn hợp thương mại dịch vụ, văn phòng và căn hộ cao tầng Pandora” có vị trí tại Số 53, phố Triều Khúc, quận Thanh Xuân, Hà Nội bằng việc sử dụng mô hình đất nền Hardening Soil (HS). Kết quả phân tích cho thấy phù hợp với kết quả thí nghiệm nén tĩnh hiện trường và thiên về an toàn.

2. Ứng dụng mô hình nền Hardening Soil trong bài toán dự tính sức chịu tải của cọc khoan nhồi

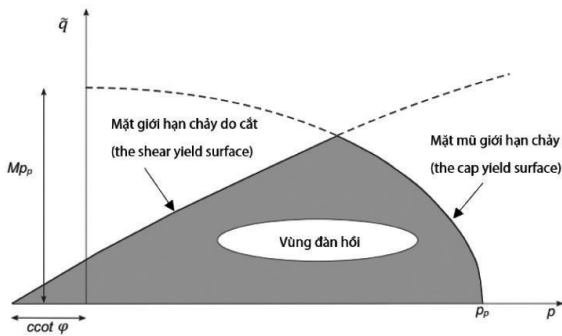
2.1 Mô hình Hardening Soil (HS) trong Plaxis3D

Mô hình HS là một mô hình tiên tiến để mô phỏng ứng xử của các loại đất khác nhau, cả đất mềm và đất cứng, Schanz (1998). Sự tiến bộ của mô hình HS so với mô hình Mohr-Coulomb (MC) có thể tóm tắt như sau:

- Bề mặt giới hạn chảy của mô hình HS có thể

thay đổi trong không gian ứng suất chính do biến dạng dẻo. Biến dạng dẻo này gồm hai thành phần là biến dạng dẻo do ứng suất lệch chính gây ra – đặc trưng bởi độ cứng cắt (shear hardening) với tham số đầu vào là độ cứng cát tuyến (Secant stiffness) E_{50}^{ref} và biến dạng dẻo do ứng suất nén chính trong thí nghiệm hộp nén Oedometer, tải trọng đẳng hướng gây ra – đặc trưng bởi độ cứng nén (compression hardening) với tham số đầu vào là độ cứng tiếp tuyến (Tangent stiffness) E_{oed}^{ref} .

- Bề mặt giới hạn chảy của mô hình HS được bổ sung thêm mặt mũ giới hạn chảy (cap yield surface) để mô tả được biến dạng dẻo thể tích của đất. Mặt mũ giới hạn chảy để đóng vùng đàn hồi các đường ứng suất nén. Nếu không có mặt mũ giới hạn chảy này, sẽ không thể xây dựng mô hình có đầu vào độc lập của cả E_{50}^{ref} và E_{oed}^{ref} . Mô đun E_{50}^{ref} kiểm soát phần lớn mặt giới hạn chảy do cắt và mô đun E_{oed}^{ref} kiểm soát mặt giới hạn chảy mũ.



Hình 1. Bề mặt giới hạn chảy trong mặt phẳng tọa độ $p-q$ [2]

- Mô tả được trạng thái đất khi dỡ tải/ chất lại, tham số đầu vào là độ cứng dỡ tải/ chất lại E_{ur}^{ref} , v_{ur}
 - Độ cứng của đất (E_{50} , E_{oed} , E_{ur}) thay đổi theo độ sâu phụ thuộc vào ứng suất chính (σ_3 , σ_1) ở độ sâu đó theo các biểu thức sau:

$$E_{50} = E_{50}^{ref} \left(\frac{c \cos \varphi - \sigma_3 \sin \varphi}{c \cos \varphi + p^{ref} \sin \varphi} \right)^m \quad (1)$$

$$E_{ur} = E_{ur}^{ref} \left(\frac{c \cos \varphi - \sigma_3 \sin \varphi}{c \cos \varphi + p^{ref} \sin \varphi} \right)^m \quad (2)$$

$$E_{oed} = E_{oed}^{ref} \left(\frac{c \cos \varphi - \sigma_1 \sin \varphi}{c \cos \varphi + p^{ref} \sin \varphi} \right)^m \quad (3)$$

Trong đó:

σ_1 , σ_3 lần lượt là ứng suất bản thân hữu hiệu và áp lực hông hữu hiệu, có giá trị âm khi chịu nén.

Hệ số mũ, m , phụ thuộc vào loại đất.

Áp lực tham chiếu, p^{ref} , chính là áp lực buồng trong thí nghiệm nén 3 trục theo sơ đồ CD hoặc thí nghiệm nén Oedometer; từ các thí nghiệm đó xác định được E_{50}^{ref} và E_{oed}^{ref} .

2.2 Các thông số của mô hình Hardening Soil

Các thông số cơ bản của mô hình HS gồm có các thông số về độ cứng (E_{50}^{ref} , E_{oed}^{ref} , E_{ur}^{ref} , v_{ur} , m , p^{ref}) và thông số về cường độ (c_{ref} , φ , Ψ). Dựa theo chỉ dẫn trong sổ tay Plaxis [2], các tiêu chuẩn liên quan [3-10] và các nghiên cứu gần đây [1,11,12], chỉ dẫn xác định các thông số trong mô hình HS được tóm tắt như sau:

- Độ cứng cát tuyến E_{50}^{ref} là giá trị hữu hiệu, được xác định từ thí nghiệm nén 3 trục sơ đồ CD theo hình 2; khi không có kết quả theo sơ đồ CD có thể tính E_{50}^{ref} theo sơ đồ CU, khi đó quy đổi sang độ cứng hữu hiệu theo công thức sau [8]:

$$E' = \frac{2(1+v')}{3} E_u \approx 0.73 E_u \quad (4)$$

Trong đó: $v' \approx 0.25 + 0.00225(I_p)$ (5)

Xác định E_{50}^{ref} theo kết quả thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn SPT [8] như sau:

Đất dính, theo Butler (1975):

$$E' = (600 \div 700) N_{30} \text{ (kPa)} \quad (6)$$

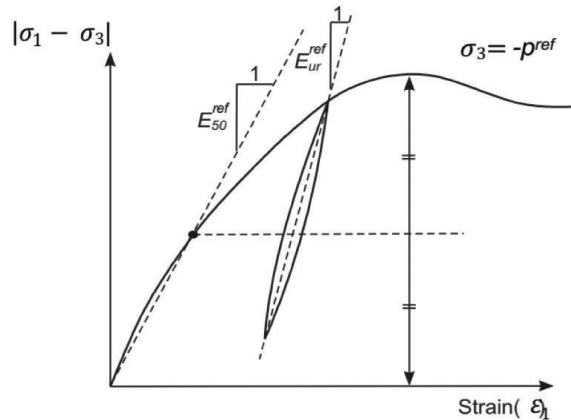
Đất rời, theo Burland và Burbidge (1985):

$$E' = (1000 \div 5600) N_{30} \text{ (kPa)} \quad (7)$$

Xác định E_{50}^{ref} theo lực dính không thoát nước, S_u , từ thí nghiệm UU, QU, VST như sau [8]:

$$E' = (200 \div 500) S_u \text{ (kPa)} \quad (8)$$

- Độ cứng tiếp tuyến E_{oed}^{ref} xác định từ thí nghiệm nén 3 trục sơ đồ CD theo hình 2, thông thường $E_{ur}^{ref} = 3 E_{50}^{ref}$.

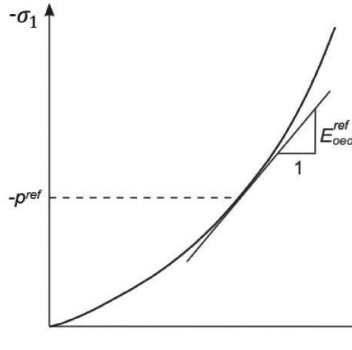


Hình 2. Định nghĩa E_{50}^{ref} và E_{ur}^{ref} trong kết quả thí nghiệm nén 3 trục thoát nước [2]

- Độ cứng tiếp tuyến E_{oed}^{ref} xác định từ thí nghiệm Oedometer theo hình 3, thông thường $E_{oed}^{ref} = E_{50}^{ref}$. Lưu ý đối với đất dính ở trạng thái chảy, dẻo chảy (soft soils) thì $(1.25 \div 2) E_{oed}^{ref} = E_{50}^{ref}$.

- Hệ số mũ, m , phụ thuộc vào loại đất, chương trình để mặc định $m = 1$. Có thể tham khảo giá trị m như sau [1]: cuội sỏi, đất cát lấy $m = 0.5$; cát pha lấy $m = 0.55$; sét, sét pha lấy $m = 0.55 \div 0.9$; đất sét yếu lấy $m = 1$.

- Áp lực tham chiếu, p^{ref} , là áp lực buồng trong thí nghiệm nén 3 trục theo sơ đồ CD hoặc thí nghiệm nén Oedometer. Chương trình mặc định $p^{ref}=100kPa$.



Hình 3. Định nghĩa E_{oed}^{ref} trong kết quả thí nghiệm Oedometer[1]

- Góc ma sát trong hữu hiệu, ϕ' , và lực dính hữu hiệu, c' , được xác định từ thí nghiệm nén 3 trục theo sơ đồ CD; trong trường hợp lấy từ kết quả thí nghiệm CU thì cần quy đổi theo công thức sau [11,12]

Với đất dính trạng thái dẻo mềm đến chảy[12]

$$\phi'_{CD} = \phi'_{CU} (1 + 0.01W / 5.855) \quad (9)$$

$$c'_{CD} = c'_{CU} / (1 + 0.01W / 2.009) \quad (10)$$

Với đất dính trạng thái dẻo mềm đến cứng [11]

$$\phi'_{CD} = 0.99\phi'_{CU} - 2.97 \quad (11)$$

$$c'_{CD} = 1.07c'_{CU} - 1.74 \quad (12)$$

Đối với đất rời, không có kết quả thí nghiệm nén 3 trục thì có thể tính ϕ' theo N_{30} theo công thức: $\phi' = \sqrt{12N_{pt}} + a$, với $a = 15 \div 25$ tùy thuộc vào trạng thái đất; lưu ý với đất rời $c' \approx 0$ kPa, tuy nhiên để tránh sự bất thường, nên nhập ít nhất một giá trị nhỏ (sử dụng $c' > 0,2$ kPa).

- Lực dính không thoát nước S_u (khi sử dụng ứng xử Undraind B) được xác định từ thí nghiệm UU, QU, VST.

- Góc lệch ψ : $\psi = \phi' - 300$ và $\psi=0$ khi $\phi' < 300$.

➤ Các thông số nâng cao (được khuyến sử dụng giá trị mặc định)

E_{ur}^{ref}	Độ cứng đỡ tải/ chất lại (mặc định $E_{ur}^{ref}=3 E_{50ref}$)	[kN/m ²]
ν_{ur}	Hệ số poisson đỡ tải/chất lại (mặc định $\nu_{ur} = 0,2$)	[-]
p^{ref}	Áp lực tham chiếu (mặc định $p^{ref} = 100$ kN/m ²)	[kN/m ²]
K_0^{nc}	K_0 - Giá trị cho sự cố kết thông thường (mặc định $K_0^{nc}=1-\sin\phi$)	[-]
R_f	Hệ số phá hoại q_f/q_b (mặc định $R_f = 0,9$)	[-]
$\sigma_{tension}$	Ứng suất kéo (mặc định $\sigma_{tension} = 0$)	[kN/m ²]
$c_{increment}$	Số gia cường kháng cắt của vật liệu theo chiều sâu (mặc định $c_{increment} = 0$)	[kN/m ²]

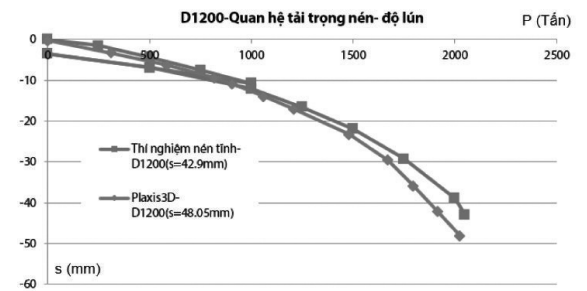
2.3 Ứng dụng trong bài toán xác định sức chịu tải của cọc

Dự án xây dựng công trình “Tòa nhà hỗn hợp

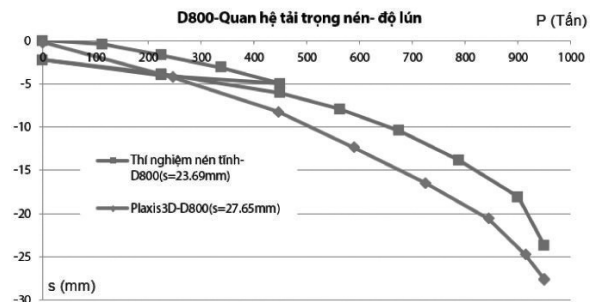
thương mại dịch vụ, văn phòng và căn hộ cao tầng Pandora” có vị trí tại Số 53, phố Triều Khúc, quận Thanh Xuân, Hà Nội. Công trình sử dụng giải pháp móng cọc khoan nhồi đường kính D1200 và D800 với cấp độ bền B35. Cọc D1200 dài 48m, mũi cọc cắm vào lớp cuội sỏi, sức chịu tải thiết kế là 1000T; cọc thí nghiệm ký hiệu TN2, tải trọng thí nghiệm là 2050T. Cọc D800 dài 45m, mũi cọc cắm vào lớp cuội sỏi, sức chịu tải thiết kế là 450T; cọc thí nghiệm ký hiệu TN3, tải trọng thí nghiệm là 950T.

Cọc được mô phỏng bằng phần tử khối (volume) với mô hình đàn hồi tuyến tính (LE), ứng xử không có lỗ rỗng (Non-porous). Địa tầng điển hình và các thông số mô hình HSM đã được xử lý số liệu theo chỉ dẫn mục 2.2 được tổng hợp ở bảng 1.

Phân tích bằng Plaxis 3D, sức chịu tải của cọc được xác định từ đường cong chuyển vị (u_z) và hệ số $\sum Mstage[]$. Sức chịu tải của cọc bằng hệ số $\sum Mstage[]$ trong biểu đồ nhân với tải trọng tác dụng lên cọc, từ đó thiết lập được đường cong chuyển vị (u_z) và tải trọng tác dụng lên cọc. Kết quả thí nghiệm nén tĩnh và phân tích bằng Plaxis 3D thể hiện trên hình 4 (cọc D1200) và hình 5 (cọc D800).



Hình 4. Biểu đồ so sánh kết quả gia tải cọc D1200



Hình 5. Biểu đồ so sánh kết quả gia tải cọc D800

Từ kết quả phân tích trên cho ta một số nhận xét sau:

- Sử dụng mô hình nền Hardening Soil (HS) trong Plaxis 3D mô phỏng bài toán nén tĩnh hiện trường từ đó dự tính sức chịu tải của cọc khoan nhồi cho kết quả rất tin cậy và thiên về an toàn. Với Plaxis 3D, chúng ta hoàn toàn có thể mô tả thí nghiệm nén tĩnh đến khi phá hoại cọc hoàn toàn, từ đó dự báo được sức chịu tải cực hạn của cọc.

Bảng 1. Thông số đất nền mô hình Hardening Soil (HS)

Thông số đất	Lớp đất	Lớp 1,2: Sét, màu xám nâu, vàng nâu, trạng thái dẻo cứng	Lớp 3: Sét pha, màu xám nâu, nâu hồng, lẫn hữu cơ, trạng thái dẻo mềm	Thấu kính: Cát pha, màu xám nâu, xám đen, xám xanh, trạng thái dẻo cứng	Lớp 4: Sét, màu xám xanh, xám ghi, trạng thái dẻo cứng	Lớp 5: Sét pha, màu xám nâu, nâu hồng, trạng thái dẻo cứng	Lớp 6: Đất cuội, màu xám ghi, xám xanh, trạng thái rất chặt	
Mô hình		HSM	HSM	HSM	HSM	HSM	HSM	
Ứng xử		Undrained A	Undrained A	Undrained A	Undrained A	Undrained A	Drained	
Trọng lượng riêng tự nhiên	γ_{unsat}	kN/m ³	19.20	16.60	18.40	19.40	19.80	19.90
Chỉ số dẻo	PI	(%)	17.7%	15.5%	6.0%	21.8%	12.9%	-
Trọng lượng riêng bão hòa	γ_{sat}	kN/m ³	19.40	17.07	19.15	19.63	20.17	21.90
Hệ số rỗng tự nhiên	e_{init}	-	0.82	1.36	0.83	0.80	0.69	0.43
Trị số SPT	N_{30}	búa	6	5	6	24	24	50
Sức kháng cắt không thoát nước	Test		UU	UU	UU	SPT/DS	SPT/DS	SPT/DS
	Su	kPa	16.3	8.1	7.0	52.4	53.0	0.0
Sức kháng cắt hữu hiệu	Test		CU	CU	CU	DS	DS	SPT
	c'	kPa	14.41	8.90	8.83	23.30	21.50	0.25
	φ'	Deg	20.99	20.75	22.48	16.20	17.50	44.49
	Ψ	Deg	0	0	0.00	0.00	0.00	14.49
Độ cứng	E_{50}^{ref}	kPa	8150	4050	3500	14800	17100	60000
	E_{oed}^{ref}	kPa	8150	4050	3500	14800	17100	60000
	E_{ur}^{ref}	kPa	24450	12150	10500	44400	51300	180000
	m	-	0.94	0.79	0.79	0.78	0.78	0.50
	v_{ur}	-	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Phần tử tiếp xúc	R_{inter}	-	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.80
Đáy lớp đất	m		-6.5	-30.6	-34.5	-38.4	-43	-60
Mức nước ngầm	h_{GWL}	m				-11.00		

- Đối với cọc khoan nhồi đường kính lớn, lớp đất cuội sỏi ở mũi cọc đóng vai trò quan trọng nhất đến giá trị sức chịu tải của cọc. Tuy nhiên, trong các báo cáo khảo sát địa chất thường thiếu nhiều thông tin về lớp đất này như γ , e , c' , φ' , E_{50}^{ref} ... do không lấy được mẫu nguyên dạng và đặc biệt giá trị N_{30} thường ghi chung chung $N_{30} > 50$ hoặc $N_{30} > 100$. Vì vậy, để xử lý được số liệu đầu vào mô hình HS cho lớp đất cuội sỏi đòi hỏi cần có kiến thức chuyên môn sâu về địa kỹ thuật, tham khảo các tài liệu chuyên ngành và cần nghiên cứu thêm.

- Kết quả thí nghiệm nén tĩnh cho thấy điểm uốn khá rõ ràng ở giá trị tải trọng 2000T với cọc D1200 và 900T với cọc D800. Tuy nhiên, đường cong theo Plaxis 3D chưa thể hiện rõ điểm uốn ở những giá trị tải này; qua đó cho thấy việc nghiên cứu kỹ hơn đối với lớp cuội sỏi là cần thiết.

3. Kết luận

- Bài báo đã phân tích và chỉ dẫn cách xác định các thông số mô hình HS trong Plaxis 3D theo số liệu báo cáo khảo sát địa chất và các tiêu chuẩn,

nghiên cứu hiện hành; điều này mang ý nghĩa thực tiễn vì chúng hỗ trợ người kỹ sư khi thiết kế các công trình có thêm cơ sở để lấy thông số địa chất đầu vào.

- Sử dụng phần mềm Plaxis 3D để mô phỏng bài toán nén tĩnh hiện trường từ đó dự tính sức chịu tải của cọc khoan nhồi cho kết quả khá sát thực tế hiện trường và thiên về an toàn. □

Tài liệu tham khảo:

1. Ngô Đức Trung, xác định mô đun biến dạng dõ tải và tham số mũ (m) của đất yếu TP.HCM trong mô hình hardening soil, tạp chí khoa học và công nghệ thủy lợi số 49-2018.
2. Plaxis 3D 2023.1 Reference manual and Material-Model manual.
3. TCVN 10304:2014. Móng cọc - Tiêu chuẩn thiết kế, NXB Xây dựng, Hà Nội.
4. TCVN 9393:2012. Cọc- Phương pháp thử nghiệm hiện trường bằng tải trọng tĩnh ép dọc trục, NXB Xây dựng, Hà Nội.
5. TCVN 9351:2012. Đất xây dựng- Phương pháp thí nghiệm hiện trường- Thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn (SPT).

Xem tiếp trang 36

và phê duyệt.

Nếu chưa được phê duyệt thì nhà thầu cần xem xét kiểm tra sửa chữa các lỗi đúng theo yêu cầu.

k9. Trình cho tư vấn giám sát – chủ đầu tư nghiệm thu.

k10. Khi được tư vấn giám sát-chủ đầu tư phê duyệt thì hoàn thành tiếp dự án.

k11. Thực hiện thi công bao che: lớp mái tôn, xây tường thưng tôn,...

4. Kết luận

Hiện nay thực trạng quản lý thi công các công trình công nghiệp tại Việt Nam vẫn còn nhiều hạn chế có thể kể đến như: ứng dụng công nghệ số (BIM, phần mềm quản lý), thiếu đồng bộ trong kiểm soát chất lượng vật tư và tiến độ, cùng những rủi ro trong thi công kết cấu thép. Nguyên nhân chính là do các doanh nghiệp xây dựng hầu hết vẫn chưa chủ động để áp dụng những công nghệ mới, còn lỏng lẻo trong khâu kiểm soát, giám sát công trình khiến cho chất lượng thi công của doanh nghiệp trong nước khó cạnh tranh với các doanh nghiệp nước ngoài.

Dựa trên kết quả phân tích tổng hợp các quy trình và những lợi ích cũng như rào cản trong áp dụng vào thực tế thi công của các doanh nghiệp tại Việt Nam, bài báo đề xuất các biện pháp hoàn thiện công tác quản lý thi công các công trình công nghiệp. Các biện pháp được đề xuất từ việc áp dụng công nghệ số cho tới cách kiểm soát chất lượng vật tư và tiến độ, cùng những rủi ro trong thi công kết cấu thép dựa theo các Thông tư, Nghị định của nhà nước ban hành. □

Tài liệu tham khảo

- [1] Chính phủ (2021), Nghị định 06/2021/NĐ-CP ngày 26/01/2021 của chính phủ quy định chi tiết một số nội dung về quản lý chất lượng thi công xây dựng và bảo trì công trình xây dựng.
- [2] Phạm Văn Hội, (2021), Kết cấu thép - cấu kiện cơ bản, nhà xuất bản Đại học Bách khoa TP. Hồ Chí Minh.
- [3] Nguyễn Phạm Quang Tú, Nguyễn Quốc Bảo, Thực trạng và xu hướng áp dụng BIM, Tạp chí Xây dựng, trang 16-23, số 4-2023, 2023.
- [4] Chính phủ (2023), Quyết định số 258/QĐ-TTg ngày 17/3/2023 phê duyệt Lộ trình áp dụng Mô hình thông tin công trình (BIM) trong hoạt động xây dựng.
- [5] Bộ Xây dựng (2016), Thông tư số 18/2016/TT-BXD ngày 30/6/2016 về việc Quy định chi tiết và hướng dẫn một số nội dung về thẩm định, phê duyệt dự án và thiết kế, dự toán xây dựng công trình.
- [6] Chính phủ (2020), Nghị định số 01/2020/NĐ-CP ngày 01/01/2020, Giám sát và đánh giá đầu tư.
- [7] Chính phủ (2024), Nghị định số 175/2024/NĐ-CP ngày 30/12/2024 của Chính phủ quy định chi tiết một số nội dung về quản lý dự án đầu tư xây dựng.
- [8] Đinh Tuấn Hải và Lê Anh Dũng (2014), Phân tích các mô hình quản lý trong xây dựng, Nhà Xuất bản Xây dựng, Hà Nội.
- [9] Đinh Tuấn Hải, 2008, Quản lý dự án xây dựng, NXB Xây dựng, Hà Nội.
- [10] Bộ Xây dựng (2024), Thông tư số 09/2024/TT-BXD ngày 30/8/2024 Về việc về việc ban hành định mức xây dựng.
- [11] Bộ Xây dựng (2025), Thông tư số 01/2025/TT-BXD ngày 22/01/2025 về việc Hướng dẫn phương pháp xác định chỉ tiêu kinh tế kĩ thuật và đo bóc khối lượng công trình.
- [12] Quốc hội (2014), Luật Xây dựng số 50/2014/QH13 ngày 18/6/2014.
- [13] Quốc hội (2020), Luật sửa đổi, bổ sung một số điều của Luật Xây dựng (số 62/2020/QH14 ngày 17/6/2020).
- [14] TCVN 5575-2012 Kết cấu thép - Tiêu chuẩn thiết kế.

ỨNG DỤNG MÔ HÌNH NỀN HARDENING SOIL TRONG PLAXIS 3D DỰ TÍNH...

Tiếp theo trang 31

- 6.TCVN 4199 : 1995. Đất xây dựng- Phương pháp xác định sức chống cắt trong phòng thí nghiệm ở máy cắt phẳng.
- 7.TCVN 9438:2012. Đất xây dựng – Phương pháp xác định độ bền nén một trục nở hông
- 8.The Standard Penetration Test (SPT): methods and use, Construction Industry Research and Information Association, CIRIA Report 143, 1995.
- 9.Tiêu chuẩn ngành 22 TCN 272:2005-Tiêu chuẩn thiết kế cầu, Phần 10- Nền móng.
- 10.Tiêu chuẩn ngành 22 TCN 355-06 "Quy trình thí nghiệm cắt cánh hiện trường"

- 11.Trần Ngọc Tuấn, Trần Thanh Danh, Tương quan giữa các thông số sức chống cắt hữu hiệu được xác định từ thí nghiệm ba trục cu & cd của đất loại sét tại TP.HCM, tạp chí Xây dựng, 05-2019.
- 12.Võ Thanh Long, Luận văn Thạc sĩ -Thiết lập tương quan sức chống cắt giữa thí nghiệm ba trục cu và CD cho đất sét yếu khu vực TP. Hồ Chí Minh, Khoa Xây dựng, Trường Đại học Bách Khoa TP. HCM, Hồ Chí Minh, 2009.