

CHƯƠNG 6

CÁC THÍ NGHIỆM KHÁC

6.1. THÍ NGHIỆM CẮT CÁNH (VST)

6.1.1. NGUYÊN LÝ THÍ NGHIỆM

Thí nghiệm cắt cánh (VST-Vane Shear Test) được phát minh vào năm 1918 tại Thụy Điển và ngày nay vẫn rất thông dụng ở châu Âu. Ta cắm vào trong đất sét một cánh chữ thập bằng thép, sau đó, quay cánh chữ thập quanh trục của nó và đo mômen xoắn. Ta tính được ứng suất tiếp τ , từ đó có sức kháng cắt không thoát nước S_u (tức là c_u) của đất sét ($\varphi_u = 0$).

Thí nghiệm này không phù hợp với đất cát vì các nguyên nhân sau:

- Lưỡi xuyên rất mỏng, vì vậy khó xuyên vào đất cát.
- Với đất sét không thoát nước, ta có thể suy ra được S_u vì $S_u = \tau$.

Còn với đất cát, ta có: $\tau = \sigma'_h \operatorname{tg}\varphi$, do đó $\varphi = \operatorname{arctg}(\tau / \sigma'_h)$;

trong đó σ'_h - ứng suất bản thân theo phương ngang (vì cánh chữ thập cắt ngang, ứng suất pháp tác dụng lên nó là theo phương ngang):

$$\sigma'_h = K_0 \sigma'_{vo}$$

Do ta không biết K_0 nên cũng khó xác định chính xác φ .

- Với đất sét, mặt bị cắt là mặt trụ tròn mà đường sinh là những cạnh biên của cánh. Còn với đất cát, do các hạt "lớn nhón", do đó, mặt bị cắt không phải là trụ tròn.

6.1.2. THIẾT BỊ VÀ CÁCH THÍ NGHIỆM

Hiện nay có khá nhiều loại thiết bị cắt cánh khác nhau. Dưới đây, chúng tôi trình bày hai loại chính:

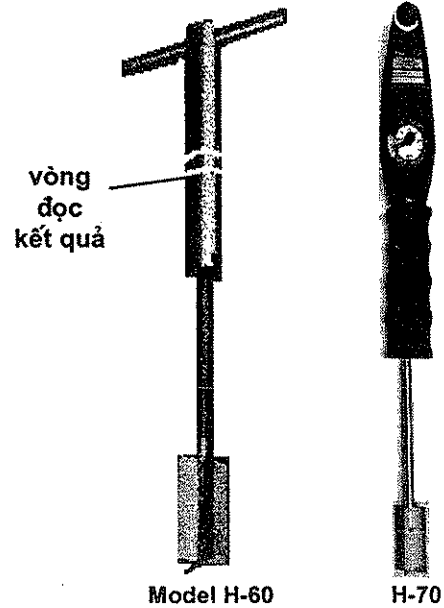
- 1) Loại nhẹ, đọc ngay kết quả (Field inspection vane, model H-60, H-70 - minh họa

ở hình 6.1). Loại này chỉ thí nghiệm được ở độ sâu nhỏ, nhưng thí nghiệm rất đơn giản:

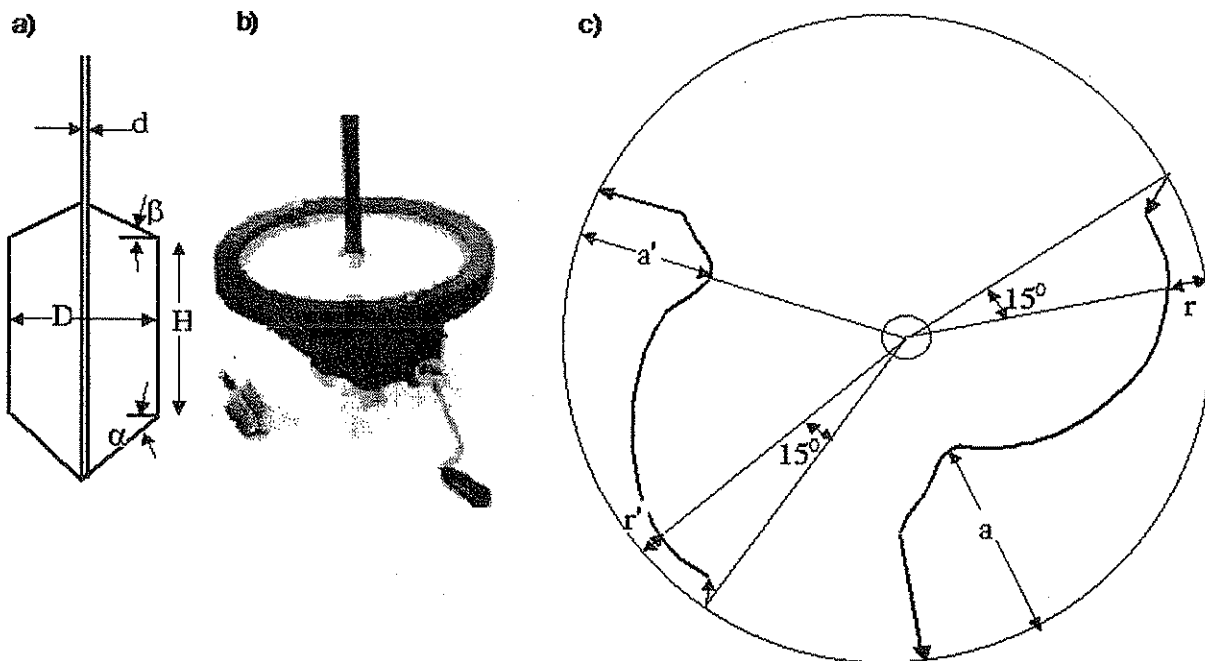
- Ấn cánh cắt xuống đất;
- Chỉnh vòng đọc kết quả về 0;
- Quay tay quay để cắt đất. Lực dính không thoát nước S_u sẽ được hiển thị trên vòng đọc. Với model H-70, thì S_u được hiển thị trên đồng hồ.

2) Loại ghi đồ thị lên giấy vẽ (còn gọi là cắt cánh cơ học, MVST - Mechanical Vane Shear Test - minh họa ở hình 6.2). Trình tự thí nghiệm như sau:

- Ấn cánh cắt xuống đất;
- Lắp giấy vẽ hình tròn vào bàn vẽ (hình 6.2b). Vòng tròn nét mảnh ngoài cùng gọi là "đường 0". Nguyên lý hoạt động của bàn vẽ như sau: Khi cánh cắt quay tròn, thì kim trên bàn vẽ cũng quay và vẽ lên đường đậm nét ở hình 6.2c;
- Quay tay quay với tốc độ 1 vòng/giây. Do hệ thống bánh răng chuyển đổi, cần cánh cắt chỉ quay với tốc độ $6^\circ/\text{phút}$;



Hình 6.1



Hình 6.2. Thí nghiệm MVST

a) Cánh cắt; b) Giấy vẽ hình tròn; c) Cách tính T

Lưu ý: Nếu đoạn cần quá ngắn, thì r thường bằng 0, do đó, không cần đo góc 15° như hình vẽ.

- Ở 15° đầu tiên (như vậy mất khoảng 2,5 phút), do cấu tạo của thiết bị chỉ có cần quay mà cánh cắt không quay. Như vậy, lực đo được (tương đương đoạn r trên hình 6.2c) chính là ma sát giữa cần và đất;
- Sau đó, cánh cắt bắt đầu quay, ta thấy lực tăng dần. Đến lúc đất bị phá hoại, đường cong thu được trên hình 6.2c đạt cực đại (giá trị a) rồi giảm dần;
- Mômen quay là $T = \xi (a - r)$ (T còn được ký hiệu là M_{\max} hoặc T_{\max});
 ξ phụ thuộc vào tỷ lệ của giấy vẽ, nhưng thông thường $T = 125 (a - r)$, với a và r đo bằng cm, còn T có thứ nguyên là kg.cm
- Sức kháng cắt S_u tính theo công thức sau:

$$S_u = \frac{2T}{\pi \left[D^3 \frac{H}{D} \right] + \frac{d^3}{6} + \frac{a}{4} (D-d)^3 (\tan \alpha + \tan \beta + 2)} \quad (6.1)$$

trong đó D, H, α, β - các kích thước của cánh cắt;
 d - đường kính của cần;

Nếu coi ứng suất cắt trên hai mặt (đáy và đỉnh) của hình trụ đất bị cắt là:

phân bố đều thì $a = 0,667$;

phân bố tuyến tính thì $a = 0,5$;

phân bố dạng parabol thì $a = 0,6$;

Nếu bỏ qua ảnh hưởng của cần (coi $d = 0$), với các loại xuyên thông thường thì $H/D = 2, \alpha = \beta = 0$, và nếu lấy $a = 0,667$, thay vào phương trình trên ta có:

$$S_u = \frac{6T}{7\pi D^3} \approx 0,857 \frac{T}{\pi D^3} \quad (6.2a)$$

$$\text{Còn nếu } a=0.6 \text{ thì } S_u = \frac{2T}{2,3\pi D^3} \approx 0,870 \frac{T}{\pi D^3} \quad (6.2b)$$

Phương trình (6.2a) (tức là $a = 0,667$) thường được dùng hơn. Tuy nhiên, giả thiết $a = 0,6$ thì đúng đắn hơn.

- Nếu cần đo sức kháng cắt không thoát nước của đất xáo động S_{ur} (remolded), ta thao tác tiếp như sau:
 - ◆ Quay ngược (nhANH) tay quay để kim vẽ trên giấy quay lại "đường 0";
 - ◆ Quay nhanh 10 vòng để làm đất bị xáo động;
 - ◆ Sau đó quay chậm (1 vòng/giây) như ở trên. Lần này ta đo được r' và a' , từ đó tính được $T' = 125(a' - r')$, và do đó tính được S_{ur} bằng công thức 6.1;

- ♦ Độ nhạy cảm của đất là S_u / S_{ur} . Đất có độ nhạy cảm cao thường là đất yếu, dễ bị phá hoại khi có tải trọng động.

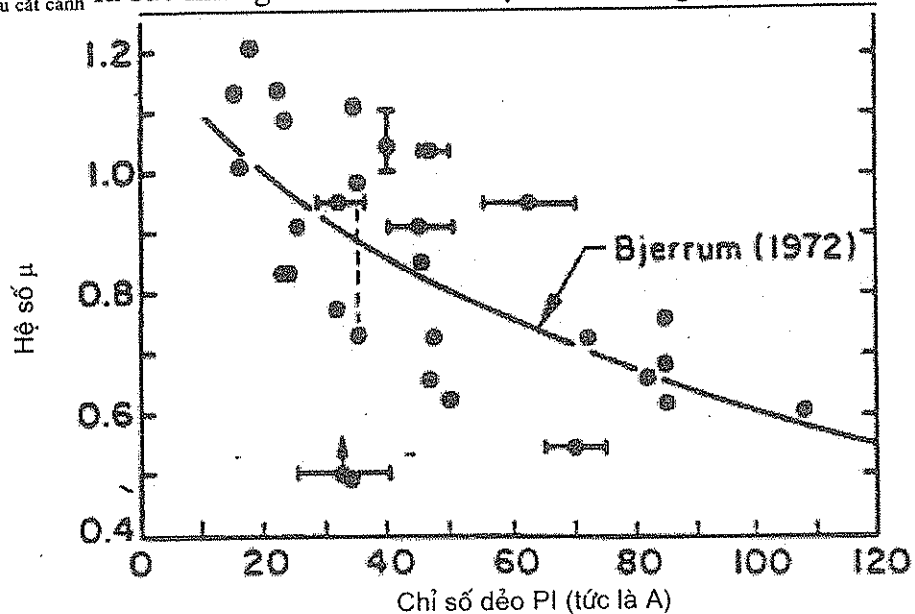
6.1.3. HIỆU CHỈNH S_u ĐO ĐƯỢC TỪ THÍ NGHIỆM CẮT CÁNH

Bjerrum cho rằng, cần phải hiệu chỉnh sức kháng cắt S_u như sau:

$$S_u = \mu S_{u \text{ cắt cánh}} \quad (6.3)$$

trong đó, μ phụ thuộc vào chỉ số dẻo của đất dính như ở hình 6.3.

$S_{u \text{ cắt cánh}}$ là sức kháng cắt tính toán được theo thí nghiệm cắt cánh.



Hình 6.3. Hệ số hiệu chỉnh μ cho thí nghiệm cắt cánh

6.1.4. DỰ BÁO HỆ SỐ OCR TỪ KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM CẮT CÁNH

Hệ số quá cố kết OCR có thể dự báo được từ S_u của đất sét không nứt nẻ như sau:

$$OCR \approx \alpha_{VST} S_{u(VST)} / \sigma'_{vo} \quad (6.4)$$

trong đó, $S_{u(VST)}$ là sức kháng cắt không thoát nước thu được từ thí nghiệm cắt cánh (Vane Shear Test);

Mayne và Mitchell (1988) cho rằng:

- ♦ Thông thường, $\alpha_{VST} \approx 3,22 \div 3,54$;
- ♦ Tổng quát, $\alpha_{VST} \approx 22 PI^{-0,48}$; PI (hay I_p , hay A) là chỉ số dẻo;

Tiến hành nghiên cứu trên đất sét Thụy điển, Hanbo cho rằng:

$$\alpha_{VST} \approx \frac{222}{LL};$$

trong đó

LL (hay w_L , hay w_{ch}) - giới hạn chảy;

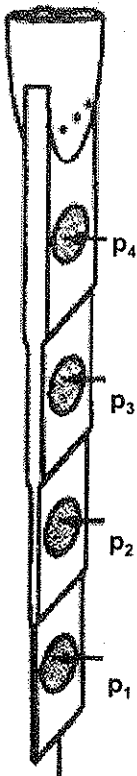
Nếu đơn giản, ta có thể lấy $\alpha_{vst} \approx 0,9$.

6.1.5. ĐỘ TIN CẬY CỦA THÍ NGHIỆM CẮT CÁNH

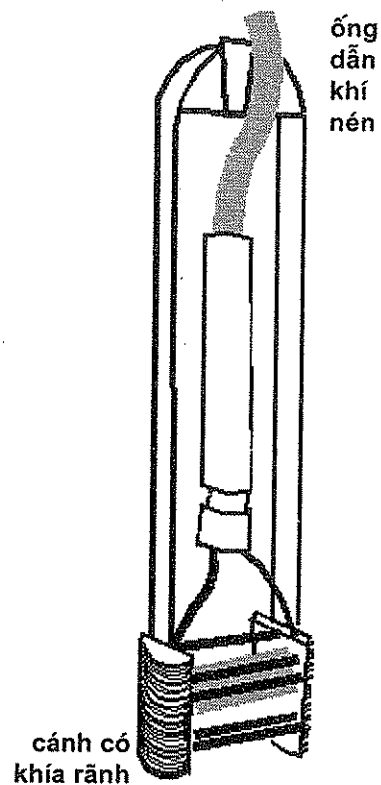
Thí nghiệm cắt cánh có độ tin cậy tương đối tốt. Các sai sót có thể có do thí nghiệm cắt cánh là: cánh cắt dày quá, tỷ lệ chiều cao với bề rộng cánh không phù hợp, ma sát giữa cần xuyên với đất không được trừ đi thích hợp, tốc độ cắt không phù hợp. COV của thí nghiệm cắt cánh (Kulhawy và Trautmann, xem phụ lục 2) vào khoảng 0,1 đến 0,2.

6.2. THÍ NGHIỆM NÉN NGANG MŨI XUYÊN BẬC (STEPPED BLADE)

Thí nghiệm nén ngang mũi xuyên bậc (K_0 stepped blade) được phát triển nhiều ở trường Đại học Iowa (Mỹ). Nguyên lý tương tự với thí nghiệm DMT, tuy nhiên, mũi xuyên làm thành nhiều bậc. Các bậc thường có độ dày là: 7,5; 6; 4,5 và 3 mm. Hình 6.4 minh họa thiết bị mũi xuyên bậc.



Hình 6.4. Mũi xuyên bậc



Hình 6.5. Mũi cắt trong hố Iowa

6.3. THÍ NGHIỆM CẮT TRONG HỐ IOWA

Thí nghiệm cắt trong hố Iowa (Iowa Borehole Shear Test) là thí nghiệm duy nhất ở hiện trường xác định cả ϕ và c . Thí nghiệm này tương đối nhanh và có độ tin cậy tốt. Hình 6.5 minh họa thiết bị cắt trong hố, gồm hai cánh có khía rãnh. Trình tự thí nghiệm như sau:

- Khoan lỗ đường kính 6,4 cm;
- Dùng ống cắt đường kính 7,6 cm để tủa lỗ;
- Hạ mũi có khía rãnh xuống lỗ khoan. Tác dụng ứng suất pháp σ bằng lực nén từ mũi khía rãnh lên thành hố khoan nhờ áp lực khí nén. Như vậy, dụng cụ sẽ tự đứng được mà không bị rơi xuống đáy hố khoan;
- Quay tay quay để tác dụng ứng suất cắt τ từ mũi có khía rãnh lên đất ở thành hố khoan. Trong quá trình quay như vậy, dụng cụ sẽ di chuyển dứng đứng lên trên, do đó làm cho các khía rãnh cắt vào đất. Từ đó, xác định được c và ϕ .

6.4. CÁC THÍ NGHIỆM ĐỊA VẬT LÝ

Thí nghiệm địa vật lý là thí nghiệm nghiên cứu các tính chất của đất bằng các hiện tượng vật lý như sự truyền điện, sự truyền sóng ánh sáng, sóng âm thanh, v.v... Những thí nghiệm địa vật lý thông dụng là: thí nghiệm phản xạ địa chấn, thí nghiệm khúc xạ địa chấn, thí nghiệm điện trở đất, thí nghiệm rada xuyên đất.

Các thí nghiệm đã trình bày ở các chương trước (như SPT, CPT, DMT, khoan lấy mẫu, ...) chỉ xác định được cột địa chất tại vị trí hố khoan, do đó, bề dày các lớp đất ở các vị trí khác vị trí hố khoan là không thể biết chính xác được. Nhưng, thí nghiệm địa vật lý xác định được bề dày các lớp đất ở hầu như toàn bộ mặt đất. Đây chính là ưu điểm mạnh nhất của thí nghiệm địa vật lý.

Tuy nhiên, nhược điểm của thí nghiệm địa vật lý là: ngoài bề dày các lớp đất (và môđun biến dạng ở một vài loại thí nghiệm), ta không ước tính được chỉ tiêu cơ lý nào khác.

Chương 12 sách Cơ học đất của Whitlow có trình bày vắn tắt về thí nghiệm khúc xạ địa chấn và thí nghiệm điện trở. Bạn đọc muốn tham khảo chi tiết, có thể download thêm các ấn phẩm của US Army Corp tại website sau: www.usce.army.mil/inet/usce-docs/eng-manuals/cecw.htm.

PHỤ LỤC 1

VÀI KHÁI NIỆM THỐNG KÊ

Nếu ta có λ_{xi} ($i = 1 \div N$) là dãy các số liệu thống kê thì:

Giá trị trung bình:

$$\lambda_x = \frac{\sum \lambda_{xi}}{N}$$

Độ lệch chuẩn:

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum (\lambda_{xi} - \lambda_x)^2}{N-1}}$$

Hệ số thay đổi(Coefficient of variation):

$$COV_x = \frac{\sigma_x}{\lambda_x}$$

PHỤ LỤC 2

TÓM TẮT VỀ CÁC THÍ NGHIỆM HIỆN TRƯỜNG

Bảng P1. Tóm tắt độ tin cậy của các thí nghiệm hiện trường

Thí nghiệm	DMT	ECPT	Cắt cánh	MCPT	PMT	SPT
COV	0,05÷0,15	0,07÷0,15	0,10÷0,20	0,15÷0,25	0,10÷0,25	0,15÷0,45
Khoảng COV có thể						0,14÷1,0

Dựa vào bảng trên ta thấy, thí nghiệm DMT và ECPT có độ tin cậy cao nhất (COV nhỏ nhất), còn thí nghiệm SPT có độ tin cậy kém nhất (COV lớn nhất).

Bảng P2. Tóm tắt ưu, nhược điểm của các thí nghiệm hiện trường

	SPT	CPT	DMT	PMT
Ưu điểm	+ Đơn giản + Xuyên qua mọi đất + Lấy được mẫu đất + Dự báo sức chịu tải (cọc, móng nông), φ , S_u	+ Chính xác + Nhanh + Dự báo loại (tên) đất + Dự báo sức chịu tải (cọc, móng nông), φ , S_u	+ Chính xác + Rẻ tiền + Đơn giản + Dự báo loại (tên) đất + Dự báo môđun E, độ lún + Ít xáo động đất + Thí nghiệm tĩnh	+ Dự báo môđun E, độ lún
Nhược điểm	+ Không chính xác + Xáo động đất + Thí nghiệm động	+ Thiết bị đắt tiền + Nếu muốn qua mọi đất, cần xe ≥ 30 tấn + Thí nghiệm bán tĩnh	+ Mới, chưa biết đến ở Việt Nam	+ Cực kỳ phức tạp + Ít ứng dụng
Không lấy được mẫu đất				

TÓM TẮT CÁC ĐẶC TRƯNG VÀ ỨNG DỤNG

Ghi chú: Tùy thuộc độ chặt và áp lực lên mẫu đất, φ_p có thể lớn hơn φ_{cv} từ 0 đến 8° , thậm chí còn hơn. Với cát rời, φ_p bằng φ_{cv} . Góc φ ước tính trong tài liệu này không được ghi chép đầy đủ bởi các nhà khoa học là φ_p hay φ_{cv} . Để an toàn, ta chọn φ_{cv} cho thiết kế. Do đó với các loại cát chặt, ta có thể trừ bớt đi vài độ khi ước tính góc φ theo tài liệu này.

Bảng P3. Tương quan giữa các đặc trưng cơ lý

	Định nghĩa	Tương quan	Độ tin cậy
Tính chất vật lý	$D_r = \frac{e_{max} - e}{e_{max} - e_{min}}$		
	$LI = B = I_L = \frac{W - W_p}{I_p}$	Sét không nhạy cảm thì : $LI = 1 - 0,5 \cdot \log \frac{\sigma'_{vo} / p_a}{0,063}$ LI tương quan với S_t (độ nhạy cảm), σ'_o (áp lực tiền cố kết) -- hình 1.12	thấp
	$PI = \Phi = A = I_w = I_p = W_L - W_p$	$S_u / \sigma'_{vo} = 0,11 + 0,0037 PI$ (1.10)	trung
Tính biến dạng	ν : hệ số Poisson	cát $\nu \approx 0,1 + 0,015 \cdot (\varphi' - 25^\circ)$ (1.11)	
	E_u : môđun đàn hồi tức thời (không thoát nước)	$E_u = 3G$ E_u tương quan với $S_{u, OCR}$ -- hình 1.8	
	C_c, C_r, C_α : chỉ số nén	tương quan với I_p, W_L, \dots ở bảng 1.5	thấp
	G_{max} : môđun cắt dưới biến dạng nhỏ	$G_{max} = 530 \frac{\gamma - 1}{2,7 - \gamma} \sqrt[4]{K_o \cdot \sigma'_{vo}}$ (4.17)	
Trạng thái (lich sử) ứng suất	K_{ONC} (hệ số nén ngang tĩnh) $= \sigma'_{ho} / \sigma'_{vo}$	$K_{ONC} \approx 1 - \sin \varphi'$ (1.14) $K_{o(OC)} \approx (1 - \sin \varphi') \cdot OCR^{\sin \varphi'}$ (1.15)	tốt
	OCR (hệ số quá cố kết) $= p_c / p_o$ tức là $= \sigma'_c / \sigma'_{vo}$	$OCR = \left[\frac{K_o}{1 - \sin \varphi'} \right]^{1,25 / \sin \varphi'}$ (1.16) $OCR = 0,76 (S_u / p_a) \ln(I_r)$ (1.20) OCR tương quan với S_u -- hình 1.11.	tốt trung
	φ : góc ma sát trong	cát : tương quan với tên đất và D_r -- hình 1.13, 1.14) sét: $\varphi'_{cv} = \arcsin (0,8 - 0,094 \ln PI)$ (1.21)	trung
Sức kháng cắt	S_u : sức kháng cắt không thoát nước	$S_u / \sigma'_{vo} \approx (0,23 \pm 0,04) \cdot OCR^{0,8}$ (1.22)	trung

Bảng P4. Các ứng dụng từ thí nghiệm CPT
Thí nghiệm xuyên côn (xuyên tĩnh) - Cone Penetration Test

Nguyên lý: ấn xuyên xuống,
đo sức kháng q_c và f_s do
đất tác dụng lên xuyên



Chuẩn hoá số đọc	$q_T = q_c + u_T (1 - a)$ với CPTU	phần 2.2.5
	$q_T = q_c$ với CPT (không đo u)	
	$R_f = f_s / q_T \cdot 100\%$	
	$q_{cn} = q_T / \sqrt{\sigma'_{v0}} = \frac{q_T / pa}{\sqrt{\sigma'_{v0} / pa}} = q_T C_q$	
	$Q_T = \frac{q_T - \sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}}$	
	$F = \frac{f_s}{q_T - \sigma_{v0}} \cdot 100\%$	
	$B_q = \frac{u_T - u_0}{q_T - \sigma_{v0}}$	
Loại đất	$\leq 2m$: Hình 2.23 (Robertson và cộng sự, 1986) $> 2m$: Hình 2.24 (Robertson và cộng sự, 1990)	
Chỉ tiêu trạng thái	$LI = (-0,0606 q_c^3 + 6,3636 q_c^2 - 357,58 q_c)10^{-4} + 0,66364$ (Szechy & Varga)	(2.4)
	$D_r \approx 68 \cdot [\log(\frac{q_{cn}}{Kq}) - 1]$ (Jamiolkowsky)	(2.3)
	$Kq = 0,9 + D_{r1} / 300$	
	$Dr = \sqrt{\frac{1}{305 \cdot Q_c \cdot OCR^{0,18} q_{cn}}}$ (Robertson & Campanella) $Q_c = 0,91$ đến $1,09$	(2.2)
	Tính thẩm: bảng 2.5	
Tính biến dạng	$M = \alpha q_c$	(2.5)
	Cát:	
	$\alpha \approx 10^{1,09 - 0,0075 \cdot Dr}$ với cát cố kết thường (Mayne)	
	$\alpha \approx 10^{1,78 - 0,0122 \cdot Dr}$ với cát rất quá cố kết (Mayne)	
	α tra hình 2.28; $\alpha = 3 \div 11$ với cát cố kết thường (Baldi)	
	α tra hình 2.29; $\alpha = 5 \div 20$ với cát rất quá cố kết (Jamiolkowski)	(2.7)
	α tra bảng 2.6; $\alpha = 1,5 \div 2$ (gộp yếu tố từ biến) (Sanglerat)	
	Sét: α tra bảng 2.6 (gộp yếu tố từ biến) (Sanglerat)	
	Sét: $M = 8,25 (q_T - \sigma_0)$ (Mayne)	
	Cát: $E = \alpha q_c$; tra hình 2.30, 2.31	

	$G_{\max \text{ cát}} = 0,5 q_c^{0,611}$ (bar)	(Imai và Tonouchi)	(2.8)
	$G_{\max \text{ sét}} = 30,1 \sigma'_m^{-0,08} e^{-1,84Dr}$	(Jamiołkowski)	(2.9)
Trạng thái (lịch sử) ứng suất	$K_{0 \text{ cát}} = \frac{(q_c / pa)^{1,25}}{35e^{Dr/20}} / \sigma'_{vo}$	(Kulhawy)	(2.11)
	$K_{0 \text{ sét}} \approx 0,1 Q_T$	(Kulhawy)	(2.14)
	$OCR_{\text{sét}} \approx 0,29 q_c / \sigma'_{vo}$	(Mayne)	(2.12)
	$OCR_{\text{sét}} \approx 0,325 Q_T$	(Mayne và Holtz)	(2.13)
Sức kháng cắt	$\varphi' = \arctg[0,1 + 0,38 \log(q_c / \sigma'_{vo})]$	(Robertson & Campanella)	(2.15)
	$\varphi' = 17,6 + 11, \log(q_{cn})$	(Kulhawy và Mayne)	(2.16)
	$c' = 0$		
	$S_u = \frac{q_T - \sigma_o}{N_k}; \varphi_u = 0$		(2.17)
	$N_k = 2,57 + 1,33 [\ln(G / S_u) + 1] = 11 \text{ đến } 15$		(2.18)
Kháng chấn	Không biến loãng: $q_{cn} \geq C_2 [50 + 200 \frac{\tau_1 / \sigma'_{vo} - 0,1}{\tau_1 / \sigma'_{vo} + 0,1}]$	(hình 2.44)	(2.20)
Sức chịu tải móng nông	Schmertmann:		
	cát: Móng băng: $q_u = 28 - 0,0052 (300 - q_{cTB} / pa)^{1,5}$		(2.21)
	Móng đơn: $q_u = 48 - 0,0090 (300 - q_{cTB} / pa)^{1,5}$		(2.22)
	sét: Móng băng: $q_u = 2 + 0,28 q_{cTB}$		(2.23)
	Móng đơn: $q_u = 5 + 0,34 q_{cTB}$		(2.24)
	Schmertmann dựa trên Terzaghi:		(2.26)
cát: $N_u = N_v = 1,25 q_{cTB}$			
Meyerhof: cát: $q_u = q_{cB} \frac{B}{12} (1 + \frac{h_m}{B})$		(2.27)	
Tand, Funegard và Briaud: sét	$q_u = R_k (q_{cTB} - \sigma_{vo}) + \sigma_{vo}; R_k$ tra hình 2.46 dựa trên $R_d = D_u / B$		
Độ lún móng nông nền cát	Schmertmann: $S = C_1 C_2 \sigma'_{gl} \sum \frac{I_{zi} \Delta z_i}{x \cdot q_{ci}}$		(2.30)
	Buisman và DeBeer - cộng lún phân tố: $S = \sum S_i = \sum \frac{C_r}{C_c} CR \cdot \Delta h_i \cdot \log \frac{\sigma'_{vo} + \sigma'_{zi}}{\sigma'_{vo}}$ $CR = (1,21 \div 1,53) \frac{\sigma'_{vo}}{q_c}$		(2.32)

Sức chịu tải cọc	Theo LCPC: kháng bên đơn vị f_i : 1, Tra bảng 2.9 tìm nhóm cọc 2, Từ nhóm cọc, tra bảng 2.10 tìm số hiệu đường cong 3, Từ số hiệu đường cong và q_c , tra hình 2.49 tìm f_i kháng mũi đơn vị $q_p = K_c q_c$; $K_c = 0,15 \div 0,6$ (tra bảng 2.11)	
	Theo Schmertmann: kháng bên đơn vị f_i : cát: $f_i = \min(K, f_s, c, q_c, 120kPa)$; $K = 0,4 \div 2,5$ (tra hình 2.50) $c = 0,008 \div 0,018$ (tra bảng 2.12) sét: $f_i = \alpha, \min(f_s, S_u)$; $\alpha = 0,2 \div 1,2$ (tra hình 2.51) kháng mũi đơn vị q_p : Lấy theo DeRuiter và Beringen	
	Theo DeRuiter và Beringen kháng bên f_i : tương tự Schmertmann, lấy $c = 0,0025 \div 0,0033$ kháng mũi $q_p =$ trung bình q_c trên hình 2.52 và phương trình (2.38), Với sét, có thể lấy $q_p = 9 S_u$	(2.39)
	Theo Alsamman (cọc nhỏ): $f_i = c q_c$ $q_p = K_c q_{ch}$	phần 2.5.4
	SPT	Tương quan CPT-SPT: bảng 2.5, bảng 3.10 và hình 3.19

Bảng P5. Các ứng dụng từ thí nghiệm SPT

Thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn - Standard Penetration Test

Nguyên lý: Đóng (đập) ống lấy mẫu xuống đất, đếm số nhát đập (N) để ống đi được 30 cm.

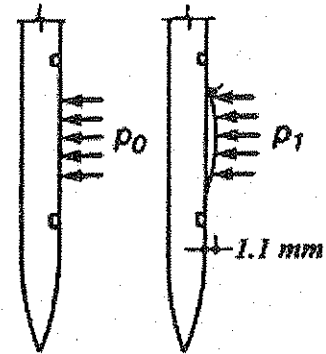


	Tác giả	Phương trình	Độ tin cậy
Hệ số hiệu chỉnh độ sâu C_N	Liao & Whitman 1986	$(0,9576 / \sigma'_0)^{0,5}$ (3.3)	
	Peck 1974	$0,77. \log(20 / 1,05 / \sigma')$ (3.4)	
	Skempton 1986	$2 / (1 + \sigma'_0)$ (3.5)	

Chuẩn hoá số đọc		$N' = N \cdot C_N$ $N'_{60} = N_{60} \cdot C_N = N \cdot C_E \cdot C_N$ $N_{60} = N \cdot \frac{E_h}{60} = N \cdot C_E \quad (3.2)$ <p>(E_h: năng lượng hữu hiệu của thiết bị)</p>	
D_r	Gibbs & Holtz	hình 3.4	thấp
LI	Szechy & Varga	bảng 3.3	thấp
$E_{cát}$	Ohya et al 1982	$9,08 N^{0,66} \quad (3.10)$	rất thấp
		$(5 \div 15) N_{60} \quad (3.9)$	thấp
E_u sét	Ohya et al 1982	$(5 \div 60) N^{0,63}$; trung bình là $19,3 N^{0,63} \quad (3.11)$	rất thấp
M sét	Stroud 1974	f. N f = 4,1 nếu $I_p \geq 30$; f = 8,6 - 0,15 I_p nếu $I_p < 30$ (phần 3.3.2.3)	rất thấp
Gmax	Wroth	$(60 \div 350) N^{0,77}$; trung bình $120 N^{0,77} \quad (3.12)$	thấp
OCR sét	Mayne & Kemper	$0,47 \div 0,58 N / \sigma'_o \quad (3.13)$	thấp
Ko sét	Kulhawy et al	$0,073 N / \sigma'_o \quad (3.14)$	thấp
φ_{tc} của cát	Peck, Hanson, ...	$54 - 27,6034 e^{-0,014 N} \quad (3.15)$	trung
	Schmertman	$\arctg[(N / (12,2 + 20,3 \sigma'_o))^{0,34}] \quad (3.16)$	tốt khi $\geq 2m$
S_u	Terzaghi & Peck	$0,06 N, \text{ bar} \quad (3.17)$	rất thấp
	Hara 1974	$0,29 N^{0,72}, \text{ bar} \quad (3.18)$	trung
Biến loãng		hình 3.13	
Độ lún móng nông trên nền cát	Burland và Burbridge:	$S = f_s f_L [(p_o - 0,667 \sigma'_o) B^{0,7} I_c, \text{ mm} \quad (3.19)$	
	D'Appolonia:	$S = \frac{p_o B}{M} \mu_0 \mu_1 \quad (3.20)$	
	Hough (cộng lún phân tố):	$S_i = \sum \frac{C_r}{C_c} CR \cdot \Delta h_i \cdot \log \frac{\sigma'_{vo} + \sigma'_{zi}}{\sigma'_{vo}} \quad (3.21)$	
Độ lún móng nông trên nền bất kỳ	Peck và Bazaraa:	$S = 2,54 \frac{\sigma_B / 2}{\sigma'_{B/2}} \left[1 - 0,4 \sqrt{\frac{\gamma \cdot h_m}{p_o}} \right] \frac{2 p_o}{N'_{60}} C_B, \text{ cm} \quad (3.22)$	
Sức chịu tải móng cọc	Theo Meyerhof (cát, bụi):	$q_s = k N$ hoặc kN' ; $k = 2$ với cọc làm chặt đất, $k = 1$ với cọc không làm chặt đất $q_p = (30 \div 40) \cdot N \cdot L / B$ hoặc $(30 \div 40) \cdot N' \cdot L / B$ nếu cọc dài ($L / B > 10$) thì lấy $L / B = 10$.	
	Theo Schmertmann (mọi loại đất):	q_s : bảng 3.7 q_p : bảng 3.8 chiều sâu ngàm đủ: bảng 3.9	
CPT	Tương quan CPT-SPT: bảng 2.5, bảng 3.10 và hình 3.19.		

Bảng P6. Các ứng dụng từ thí nghiệm DMT
Thí nghiệm nén ngang mũi xuyên - DilatoMeter Test

Nguyên lý: áp lực lúc màng thép không chuyển vị là p_0 ;
áp lực lúc màng thép chuyển vị ra ngoài 1,1 mm (do khí nén đẩy ra) là p_1 ;
áp lực lúc màng thép trở lại vị trí đầu là p_2 .



Chỉ số DMT	I_D	$I_D = \frac{p_1 - p_0}{p_0 - u_0}$	(4.4)
	K_D	$K_D = \frac{p_0 - u_0}{\sigma'_{vo}}$	(4.5)
	E_D	$E_D = 34,7 (p_1 - p_0)$	(4.6)
	u_D	$u_D = \frac{p_2 - u_0}{p_0 - u_0}$	(4.7)
Các tính chất cơ lý theo Marchetti	γ	Hình 4.13	
	D_r	Hình 4.14	
	K_0 sét	$K_0 = (K_D / \beta_k)^{0,47} - 0,6$ $\beta_k = 1,5$ với sét thường; $= 2,0$ với sét nhạy cảm.	(4.8)
	OCR sét	$OCR = (\beta_0 K_D)^{1,56}$ $\beta_0 = 0,5$ với sét thường; $= 0,35$ với sét nhạy cảm.	(4.9)
	S_u (hay C_u)	$S_u = 0,22 \sigma'_{vo} (0,5 K_D)^{1,25} = 0,22 \sigma'_{vo} OCR^{0,8}$	(4.10)
	φ	$\varphi = 28 + 14,6 \cdot \log K_D - 2,1 \cdot \log^2 K_D$	(4.11)
	C_h	$C_h = 7 / \xi / t_{lex}$, cm^2/s	(4.12)
	k_h	$k_h \approx C_h \cdot \gamma_{nước} / M_h$ $M_h \approx K_0 M$	(4.13)
	M	$M = R_M E_D$; R_M phải lớn hơn 0,85 $I_D \leq 0,6$: $R_M = 0,14 + 2,36 \log K_D$ $I_D \geq 3$: $R_M = 0,5 + 2 \log K_D$ $0,6 < I_D < 3$: $R_M = R_{M,0} + (2,5 - R_{M,0}) \log K_D$ với $R_{M,0} = 0,14 + 0,15 (I_D - 0,6)$ $K_D > 10$: $R_M = 0,32 + 2,18 \log K_D$	(4.14)
	k_s	$k_s = 0,5 \left(\frac{B + 0,3}{2B} \right)^2 \frac{K_D - K_0 \sigma'_{vo}}{7,5 \text{ mm } K_0}$	(4.15)
u^*_o	$u^*_o = p_2 = C - Z_M + \Delta A$	(4.16)	

Tính chất cơ lý theo các tác giả khác	K ₀ sét	Lacase và Lunne: K ₀ = 0,34 K _p ^m ; m = 0,44 ÷ 0,64	(4.18)
		Lunne: sét trẻ (S _u / σ'vo < 0,5): K ₀ = 0,34 K _p ^{0,54}	(4.19)
		sét già (S _u / σ'vo > 0,8): K ₀ = 0,68 K _p ^{0,54}	(4.20)
	OCR sét	Lunne: sét trẻ (S _u / σ'vo < 0,5): OCR = 0,3 K _p ^{1,17}	(4.21)
		sét già (S _u / σ'vo > 0,8): OCR = 2,7 K _p ^{1,17}	(4.22)
Mayne: OCR = 0,51 K _p	(4.23)		
K ₀ cát	$\frac{40 + 23K_p + (152 - 86K_p)(1 - \sin\phi') - 717(1 - \sin\phi')^2}{192 - 717(1 - \sin\phi')}$	(4.24)	
S _u	$S_u = \frac{P_1 - (K_0 \sigma'_{vo} + u_o)}{N_c}$	(4.27)	
Sức chịu tải dọc cọc nén	<p>q_s = (0,775 - 1,1111 I_D) (p₁ - p₀) nếu I_D < 0,6</p> <p>q_s = 0,11 (p₁ - p₀) nếu 0,8 > I_D > 0,6</p> <p>q_p = k_{dt} p₁</p> <p>với: k_{dt} = 1,3 nếu E_D > 2 MPa</p> <p>k_{dt} = 0,7 nếu E_D ≤ 2 MPa</p>	phần 4.5.1	
Đường cong P-y của cọc chịu tải trọng ngang	<p>Theo Robertson và cộng sự:</p> $P = 0,5 P_u \left(\frac{y}{y_c} \right)^{0,33}$ <p>Đất dính: P_u = N_p S_u D</p> <p>Đất rời: P_u = min (σ'vo [D (K_p - K_a) + z K_p tgφ' tgβ; σ'vo D [K_p³ + 2 K₀ K_p² tgφ' + tgφ' - K_a])</p> <p>Đất dính: $y_c = \frac{23,67 S_u \sqrt{D}}{10 E_D}$</p> <p>Đất rời: $y_c = \frac{4,17 \sin\phi' \sigma'_{vo} D}{2 E_D (1 - \sin\phi')}$</p> <p>Theo Gabr và Borden:</p> $P = n A P_u \tanh \left[\frac{k_o z}{A n P_u} y \right]$ <p>trong đó $\tanh(x) = \frac{\sinh(x)}{\cosh(x)}$</p> <p>$\cosh(x) = \frac{(e^x + e^{-x})}{2}$</p>	(4.29)	
		(4.34)	

PHỤ LỤC 4

CÁCH XÂY DỰNG ĐƯỜNG CONG E-LOG(P)

Hình 1.2 (phần 1.1.2.1) được thể hiện chi tiết hơn ở hình P1 dưới đây. Để xây dựng đường cong ② và tính các hệ số nén sơ cấp và thứ cấp (C_c , C_r) một cách hợp lý, thì thí nghiệm oedometer (thí nghiệm nén một trục) cần phải tiến hành dỡ tải và gia tải (đoạn cong ZY và YZ ở hình P.1) ở một cấp lớn hơn p_c (áp lực tiền cố kết) ước đoán ban đầu.

Ta cần thực hiện các bước hiệu chỉnh sau:

Bước 1: Xác định áp lực tiền cố kết p_c (Casagrande):

- Điểm P là điểm cong nhất trên đường cong thí nghiệm (đường ①);
- Từ P vẽ đoạn PT tiếp tuyến với đoạn đầu của đường ① (đoạn thứ cấp);
- Từ P vẽ đoạn PQ nằm ngang;
- Vẽ đoạn PR là phân giác của góc TPQ;
- Vẽ đoạn SU là tiếp tuyến (hay đoạn kéo dài) của đoạn cuối đường cong thí nghiệm ①;
- Giao điểm của đoạn SU và đoạn PR là điểm U. Hoành độ của điểm U là áp lực tiền cố kết (ứng suất cố kết trước) p_c (hay σ'_p).

Bước 2: Xây dựng đường cong ② (Schmertmann):

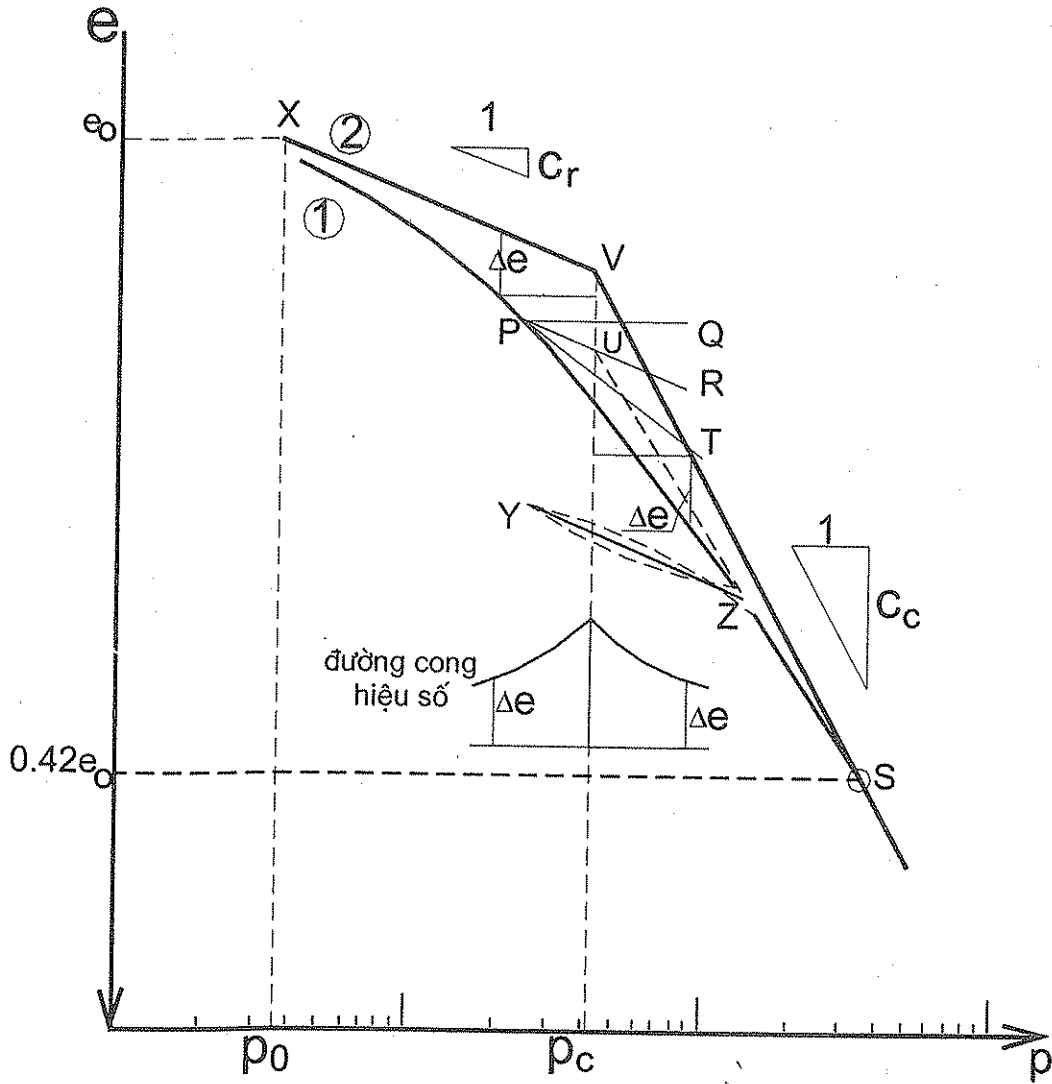
- Điểm X là điểm có tọa độ (p_0 , e_0). Trong đó, p_0 (hay σ'_{vo}) là áp lực bản thân của phân tử đất đang xét tại hiện trường; e_0 là hệ số rỗng ban đầu tại *hiện trường*;
- Vẽ đoạn UV thẳng đứng;
- Vẽ đoạn XV song song với đoạn YZ. Đoạn YZ là đoạn nằm giữa đường dỡ tải và gia tải;
- Đoạn UV cắt đoạn XV ở điểm V;
- Nối điểm V với điểm S. Điểm S nằm trên đường cong ① và có tung độ là $0,42 \cdot e_0$;
- Đoạn XV là đoạn nén thứ cấp, độ dốc của nó là C_r (chỉ số nén thứ cấp);
- Đoạn VS là đoạn nén sơ cấp, độ dốc của nó là C_c (chỉ số nén sơ cấp).

Bước 3: Chính xác thêm các thông số (Schmertmann):

- Vẽ đường cong hiệu số giữa đường ② và đường ①;
- Nếu đường cong này không có dạng đối xứng qua p_c thì ta cần xe dịch p_c qua

phải hoặc trái một chút. Như vậy, C_c sẽ giữ nguyên giá trị, còn C_r sẽ khác đi (do đoạn SV khác đi). Đường cong có dạng đối xứng qua p_c này còn gọi là đường hình chuông (bell shape).

Bước 3 này có thể không cần thiết vì kết quả của bước 1 và bước 2 kể trên đã khá tỉ mỉ và chính xác.



Hình P1. Cách xây dựng đường cong e-log(p)

PHỤ LỤC 5

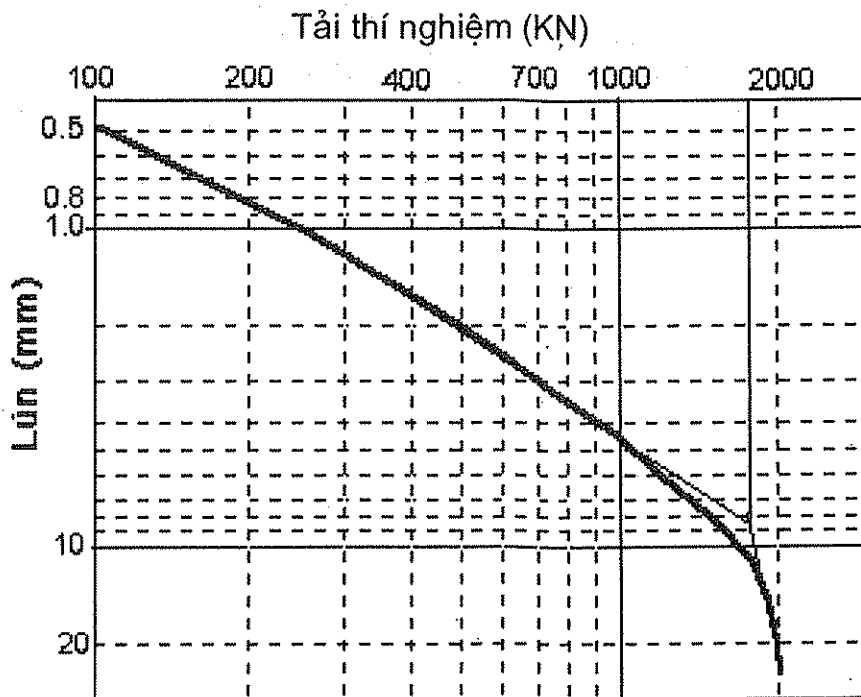
THÍ NGHIỆM NÉN TĨNH CỌC

Thí nghiệm nén tĩnh cọc nhằm xác định, kiểm tra sức chịu tải của cọc. Quy trình nén tĩnh cọc đã được trình bày chi tiết trong nhiều giáo trình. Do đó, ở đây, chúng tôi chỉ trình bày hai phương pháp diễn dịch (tức là phương pháp xác định sức chịu tải) của cọc được dùng rất phổ biến ở các nước phát triển.

Hình P.2 minh họa phương pháp DeBeer: Ta vẽ kết quả nén tĩnh trên đồ thị log-log. Nếu trên đồ thị có hai đoạn gần thẳng rõ ràng như hình vẽ, thì giao của hai đoạn tương ứng với sức chịu tải huy động P_{hd} .

Trong ví dụ trên hình P.2, $P_{hd} \approx 190$ tấn, tại đó, $\Delta \approx 8,5$ mm.

Phương pháp DeBeer có nhược điểm là, không phải bao giờ ta cũng có hai đoạn thẳng rõ ràng như hình P.2, do đó, khó xác định P_{hd} .



Hình P.2. Phương pháp DeBeer

Hình P.3 minh họa phương pháp Davisson. Các bước xác định P_{hd} như sau:

- Vẽ kết quả nén tĩnh trên đồ thị thường;
- Đường "đàn hồi" là đường có phương trình sau: $P = \frac{EF}{L} \Delta$;

- F là tiết diện cọc (m^2), E là môđun đàn hồi của cọc (kN/m^2), L là chiều dài cọc (mm);
- Đường Davisson là đường song song với đường "đàn hồi", khoảng cách giữa hai đường là:

$$3,8 + \frac{B}{120} \text{ (mm)} \quad \text{nếu là đường kính cọc } B \leq 600 \text{ mm};$$

$$\frac{B}{30} \text{ (mm)} \quad \text{nếu đường kính cọc } B > 600 \text{ mm};$$

- Giao điểm của đường Davisson với đường kết quả nén tĩnh là sức chịu tải huy động P_{hd} .

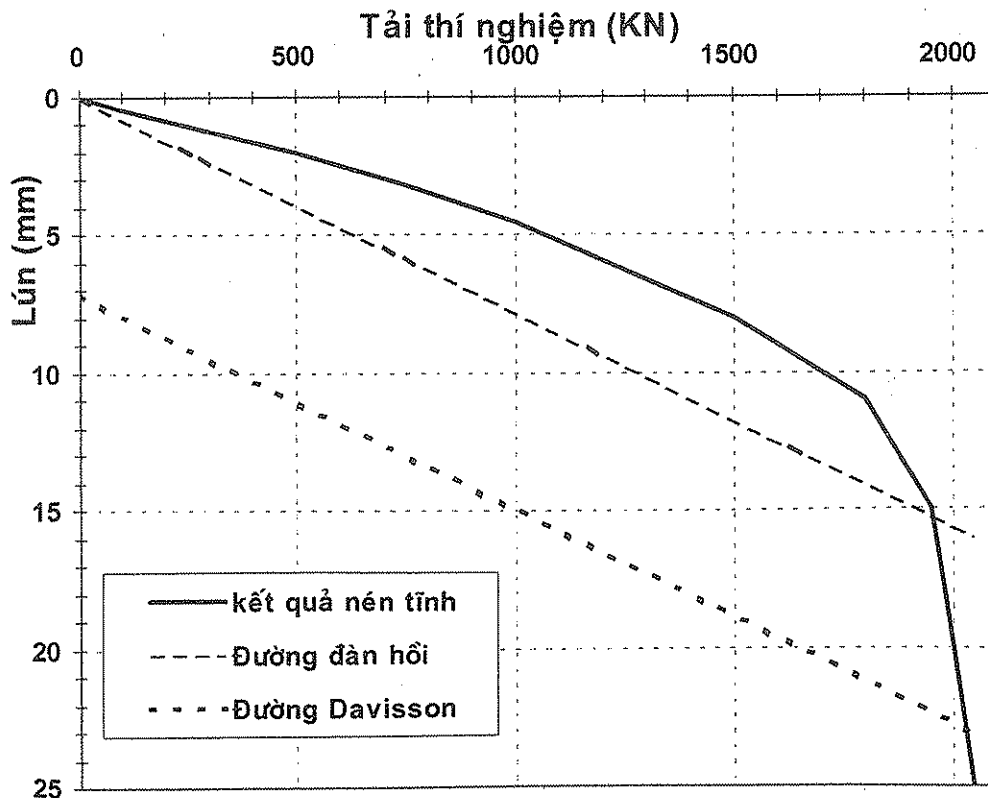
Trên hình vẽ, $P_{hd} \approx 201$ tấn, tại đó, $\Delta \approx 23$ mm.

Phương pháp Davisson dễ dùng, phù hợp với cả quy trình nén tĩnh nhanh và chậm. Một hạn chế nhỏ của phương pháp này là nó không phù hợp với cọc chống (cọc không có ma sát bên).

Trong cả hai phương pháp trên, sức chịu tải cho phép sẽ là:

$$[P] = 0,5 P_{hd}$$

(P.1)



Hình P.3. Phương pháp Davisson

Phân tích ưu điểm của phương pháp Davisson:

Ta xét ví dụ trên hình P.3, ngoài ra ta còn biết cọc dài 30 m, tiết diện $0,40 \times 0,40 = 0,16 \text{ m}^2$. Thân cọc đặt vào đất tốt. Mũi cọc đặt vào lớp đất cát, thí nghiệm SPT cho thấy $N_{60} \approx 40$. Theo cách tính Schmertmann SPT thì $q_p = 306 N_{60} = 12240 \text{ kPa}$;

$$\Rightarrow Q_p = 12240 \times 0,16 = 1960 \text{ KN} = 196 \text{ tấn};$$

Khi thí nghiệm nén tĩnh, khi lực ép từ kích xuống là 150 tấn, người ta đo được độ lún (ổn định tại cấp tải này) là 8 mm ①;

Giả sử cọc là hỗn hợp ma sát + chống, và biến dạng đàn hồi của cọc tại cấp tải trọng này là:

$$\Delta z \approx 0,67 \frac{P}{EA_c} L = 0,67 \frac{1500 \text{ kN}}{2,4 \times 10^7 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,16 \text{ m}^2} \cdot 30000 \text{ mm} \approx 8 \text{ mm} \text{ ②}$$

Theo cách tính phổ biến ở nước ta hiện nay:

Sức chịu tải cực hạn là tải trọng nén tĩnh mà tại đó độ lún bằng $\xi [S]$.

trong đó $\xi = 0,1 \div 0,2$;

$$[S] = 40 \div 80 \text{ mm (độ lún cho phép của công trình)};$$

Như cách tính ở ví dụ này thì $Q_u = 150 \text{ tấn}$ (vì $8 \text{ mm} = \xi [S]$);

Tuy nhiên, dựa vào các con số 8 mm ① và 8 mm ②, ta thấy rằng, mũi cọc không chuyển vị, hoặc chuyển vị rất ít. Do đó, 150 tấn này hầu như chỉ bao gồm sức kháng bên, còn sức kháng mũi chưa thể huy động đáng kể (mà Q_p dự báo là 196 tấn). Do đó, 150 tấn này không thể gọi là Q_u như cách tính của Việt Nam.

Theo cách tính Davisson:

Khi tải trọng thí nghiệm là $P_{hd} = 201 \text{ tấn}$ thì chuyển vị ở đo được (ở đầu trên cọc) là:

$$\frac{P_{hd}}{EA_c} L + 3,8 + \frac{B}{120} \text{ mm} = \frac{2010}{2,4 \cdot 10^7 \cdot 0,16} \cdot 30000 + 3,8 + \frac{400}{120} \approx 23 \text{ mm};$$

Biến dạng đàn hồi tại của bản thân cọc dự báo là:

$$0,67 \frac{P_{hd}}{EA_c} L = 10,5 \text{ mm};$$

Như vậy, chuyển vị ở mũi cọc (đầu dưới của cọc) là $23 - 10,5 = 12,5 \text{ mm}$. Dưới các chuyển vị như vậy (tham khảo hình 1.16, phần 1.3.1), cả sức kháng mũi và sức kháng bên đều đã được huy động đáng kể. Do đó, cách tính này rất hợp lý.