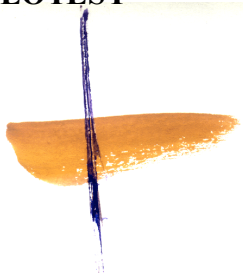


GEOTEST



Geologia, geotècnia i
serveis científico-tècnics

METODOLOGIA D'ASSAIGS PRESSIOMÈTRICS

- ANNEX DE DOCUMENTACIÓ -

Direcció:

Valentí TURU i MICHELS

Av. Príncep Benlloch 66-72

Edifici Interceus, despatx 407

Telèfon i fax: 321815 - 820323

E-mail: geotest@igeotest.ad

<http://www.igeotest.ad>

A PROTOCOL DE LA REALITZACIÓ D'UNA CAMPANYA D'ASSAIGS PRESSIOMÈTRICS

En aquest capítol es tenen en compte les prescripcions de la norma francesa pressiomètrica (NF P 94-110) difosa per AFNOR (1991), que defineix i recomana de quina forma i manera s'han de realitzar els assaigs.


A.1 Elecció del tipus de perforació i sonda pressiomètrica en funció de la natura litològica del terreny a caracteritzar

A.1.1 Tipus de perforació a realitzar

Els mètodes de la realització de sondatges per assaigs pressiomètrics depenen de la natura del sòl, del seu estat i de l'existència o no d'una saturació del terreny.

L'annex C de l'esmentada norma estipula el tipus de perforació a realitzar per diferents formacions litològiques:

Nature des terrains	Forage préalable								Refolement TF BAT/VBF
	Rotation *					Battage et autres			
	T.S.	T.IN. ^o	THC	O. DG. IN	CAR.	ROTOP.	CAR. BAT.	CAR.VBF	
Vase et argile molles	—	R	—	O ^o	—	—	O poing	—	—
Argiles moyennement compactes	R	R	R	R ^o	—	O ^o	—	—	—
Argiles compactes marnes raides	/	/	R	R	R ^o	O ^o	—	—	—
Limons									
— au-dessus de la nappe	R	O	R	O ^o	—	O ^o	O	O	—
— sous la nappe	—	R	—	O ^o	O ^o	O ^o	—	—	—
Sables lâches									
— au-dessus de la nappe	R	R	O	O ^o	—	O ^o	—	—	—
— sous la nappe	—	R	—	O ^o	—	O ^o	—	—	O
Sables moyennement compacts et compacts	R	R	R	R ^o	—	R ^o	O	O	O ⁺
Sols grossiers : graviers, galets ; argiles à silex, etc.	/	/	O	O ^o	/	R ^o	O	O	O ⁺
Roches									
— altérées	/	/	R	R	O	R ^o	O	O	O ⁺
— saines	/	/	/	R	R	R	/	/	/

Légende :		
R	Recommandé	T.S. Tarière à sec
O	Toléré	THC Tarière hétéroïdale continue à sec
—	Non toléré	O. DG. Outil désagrégateur
	Inadapté	ROTOP. Rotoperçusion
		BAT. Battage
		TF Tube fendu
		T.IN. ^o Tarière avec injection de boue de forage
		CAR. Carottier
		IN Avec injection de boue
		poing Carottier à parois minces fonçé
		VBF Vibrofonçage

* Vitesse de rotation < 60 tr/min

+ Éventuellement forage préalable en petit diamètre ($d_1 < d_2$)

o [Injection avec boue (pression < 500 kPa — débit < 15 l/min)
Si rotation = pression sur l'outil < 200 kPa

A.1.2 Espaiament vertical entre assaigs pressiomètrics

Les perforacions màximes en perforacions destructives que es realitzin abans de l'introducció de la sonda en funció de la natura del sòl, del seu estat i de l'existència o no d'una saturació del mateix queden estipulades en el següent quadre, segons la NF P 94-110.

Nature des terrains	Longueur maximale de forage fait avant l'essai (m)
Vase et argiles molles	1**
Argiles moyennement compactes	3
Argiles compactes, marnes raides	5
Limons	
-au-dessus de la nappe	5
-sus la nappe	3
Sables laches	
-au-dessus de la nappe	3
-sus la nappe	1**
Sables moyennement compacts et compacts	5
Sols grossiers: graviers, galets, artilles à silix, etc.	5
Roches	
-altérées	5
-saines	*
* Longueur maximale correspondant au poste de travail	
** Ou intervalle entre deux essais consécutifs	

Pel que fa a l'elecció de la sonda pressiomètrica la norma recomana utilitzar la sonda de contacte directe amb la paret del sondatge (sonda a "gaine souple"), mentre que la sonda amb tub ranurat (sonda amb "tube lanterné") queda reservat en els següents casos:

- a) Inestabilitat de les parets del sondatge, sigui quin sigui el mètode de perforació escollit.
- b) Rebentament successiu de la sonda a "gaine souple", sigui quina sigui la seva resistència límit.

A.1.3 Temps de realització dels assaigs pressiomètrics

La realització dels assaigs ha de realitzar-se de forma seguida a l'operació de perforació i extracció de la bateria.

A.2 Determinació de les característiques pressiomètriques, factors de correcció

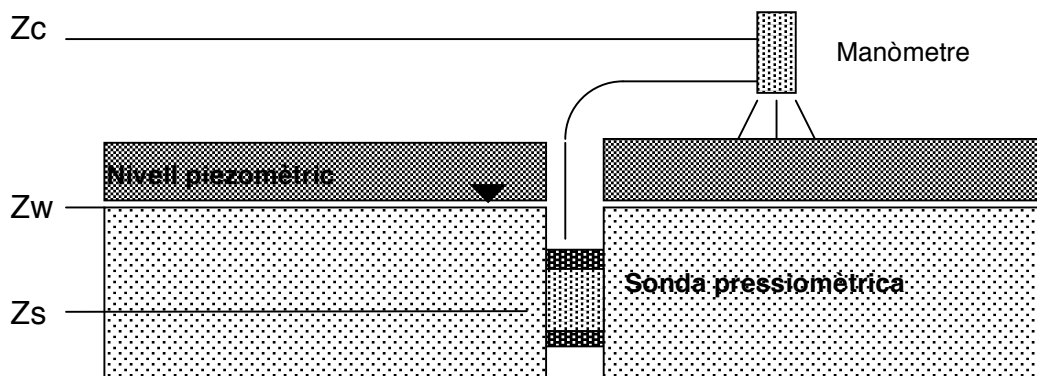
Per cada assaig realitzat, es mesura l'evolució de la deformació de la cavitat cilíndrica pressiomètrica en funció d'una pressió aplicada a les parets de la perforació. No obstant, aquests valors obtinguts cal aplicar-los-hi una sèrie de factors de correcció.

Aquests factors de correcció resulten ser:

- * Correcció de la càrrega hidràulica (Ph)
- * Correcció de la resistència pròpia de la sonda (Pe)
- * Correcció de les dilatacions addicionals dels tubs interns i del sistema de mesura

A.2.1 Correcció de la càrrega hidràulica

Durant l'execució de l'assaig a la cota altitudinal Z_s , la pressió al nivell de la cèl·lula de mesura és la pressió llegida en el manòmetre de pressió, augmentada de la pressió hidrostàtica Ph existent entre el nivell de la presa de pressió i la situació de la sonda.



$$Ph = \delta_i (Zc - Zs)$$

on: δ_i = Pes específic del fluid injectat

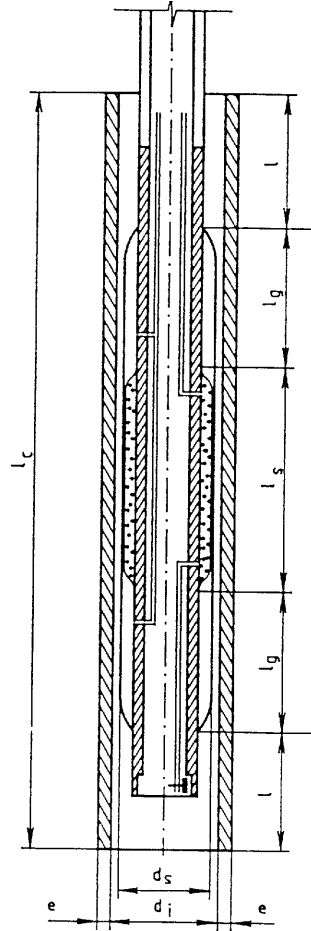
A.2.2 Correcció de la resistència pròpia de la sonda

Per un líquid injectat (V) en la cèl·lula de mesura, s'ha de tenir en compte la resistència pròpia (Pe) del conjunt membrana-cautxú i eventualment del tub ranurat.

Per obtenir aquesta variable cal conèixer el volum de la cèl·lula central de mesura, mitjançant un assaig en un tub de calibració. Seguidament cal realitzar un assaig en buit de la sonda a "gaine souple" o de la sonda dins del tub ranurat.

A.2.2.1 Volum de la cèl·lula central de mesura i coeficient de dilatació

La sonda s'ha d'introduir dins d'un tub de calibrat d'acer, tal com es mostra a la següent figura i realitzar un assaig P/V al seu interior.



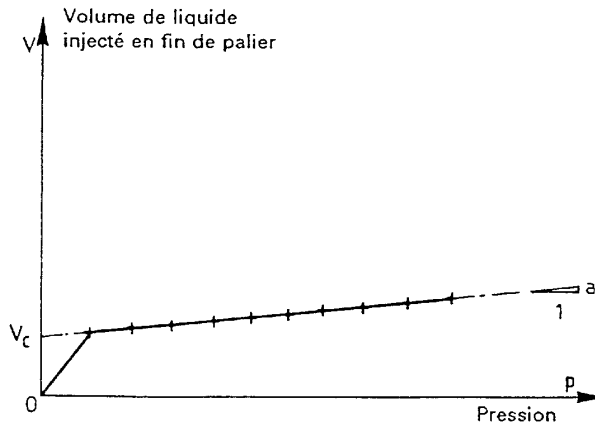
El tub de calibrat ha de presentar les següents característiques:

- d_i = Diàmetre interior ≤ 66 mm
- e Espessor ≥ 8 mm
- l_c Longitud del tub de calibrat $l_c > 1,0$ m i $l_c > l_m$
- d_s Diàmetre exterior de la sonda i la vestimenta (tub ranurat i/o cautxú reforçat)
- l_m Longitud de les ranures del tub ranurat

Per convenció el volum inicial de la cèl·lula central de mesura de la sonda té com a valor:

$$V_s = 1/4 \Pi l_s d_i^2 - V_c$$

On el valor V_c s'obté gràficament a partir de la següent relació P/V

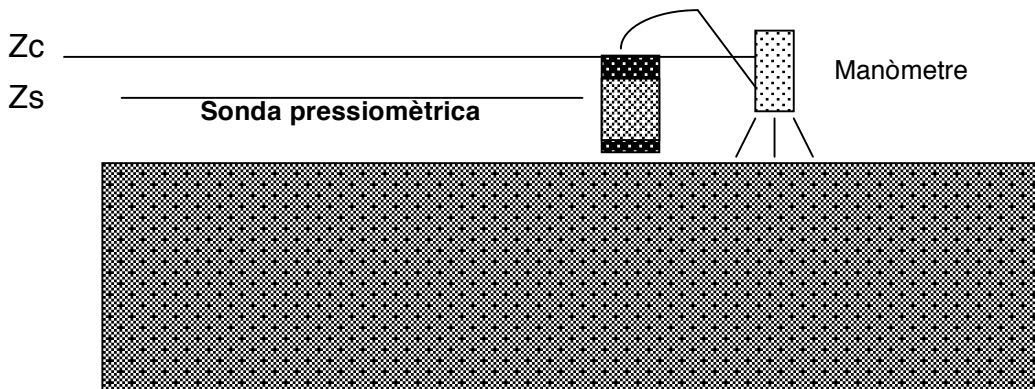


El coeficient de dilatació dels tubs del circuit és:

$$a = \Delta V / \Delta P$$

A.2.2.2 Resistència neta de la sonda, assaig en buit ("étalonnage")

La sonda es situa a prop de l'aparell de pressió, tal com es mostra a la següent figura:



Es procedeix a la realització d'un assaig d'expansió, en les mateixes condicions que les de l'assaig, per graons de càrrega ("paliers") de pressió mantingudes cada 60 segons.

La resistència neta de la sonda (P_e) és la que li correspon un volum de $1,2 V_s$, que és la corba anomenada "étalonnage".

A.2.3 Pressió de la cèl·lula de guarda durant l'assaig

Aquesta operació resulta de la diferència entre la pressió llegida en l'indicador de pressió de les cèl·lules de guarda i la de l'indicador de pressió de la cèl·lula de mesura ($P_g - P_r$), i ha de verificar l'equació:

$$P_g - P_r \leq P_h - 2P_m$$

On:

P_g és la pressió de la cèl·lula de guarda llegida en el manòmetre.

P_r és la pressió de la cèl·lula central llegida en el manòmetre.

P_h és la pressió hidràulica.

P_m és la pressió de la membrana de cautxú de la cèl·lula de guarda.

Per obtenir la P_m és necessari realitzar un assaig en buit de la membrana de la cèl·lula de guarda ("étalonage"), fins assolir els 600 cm³.

A.3 Corba pressiomètrica corregida

La corba pressiomètrica corregida s'obté per cada assaig, a la fi de cada graó de càrrega amb:

$$P = P_r + P_h - P_e$$

$$V = V_r - aP_r$$

B METODOLOGIA DE CàLCUL DELS PARÀMETRES DE TALL EN BASE ALS ASSAIGS PRESSIOMÈTRICS

B.1 Representació de les corbes d'increments totals

Pel que fa referència als assaigs pressiomètrics s'exposen gràficament els resultats d'aquests en forma de corbes d'increments totals, que és el gràfic que correspon a la lectura dels 60 minuts (V_{60}). En alguns dels gràfics que s'exposen a continuació es poden diferenciar cinc estadis successius:

1)- *Fase inicial:* Ajust de l'aparell al terreny, compactació de la part superficial descomprimida fins igualar l'estat de tensions horitzontals.

2)- *Fase elàstica:* No sempre apareix i no acostuma a ser fàcil de separar-la de la fase 3, però es considera que és l'inici del segment pseudoelàstic.

3)- *Fase pseudoelàstica:* Les deformacions són sensiblement lineals i la pendent de la corba resulta ser menor que la fase 4.

4)- *Fase plàstica:* Les deformacions augmenten de forma més ràpida que a la fase 3, fins assolir la pressió límit de trencament del sòl.

5)- *Fase d'equilibri límit:* La corba de la figura tendeix a una asímptota que defineix la pressió límit. Amb la sonda emprada (tub ranurat de tipus AX) es considera de forma convencional que la pressió límit és la que resulta de la intersecció de la corba d'increments totals amb la coordenada de màxima expansió de la sonda. Si aquesta intersecció no es possible determinar-la pel condicionant d'operabilitat de la sonda, es pot obtenir mitjançant la teoria dels volums relatius o bé per la teoria dels volums inversos. S'ha obtingut la pressió límit aplicant la teoria dels volums inversos (segons norma NPF-110/94 i D60).



Pressiòmetre Geomatech

B.2 Càlcul del mòdul pressiomètric

El mòdul pressiomètric Epr mesura el grau de distorsió del terreny en un camp d'esforços cilíndric. Pel càlcul del mòdul pressiomètric es procedirà segons la següent relació:

$$Epr = K \Delta p / \Delta v$$

On: K = Constant geomètric de la sonda pressiomètrica, que en aquest cas per una sonda de tipus AX és de 2000cm³.
 Δp i Δv = Corresponen a les variacions inherents de pressió i volum dins de la fase pseudoelàstica de l'assaig. Per aquest motiu, cal tenir sempre en compte que el límit inferior de l'interval Δp ha de ser sempre superior a Po, pressió horitzontal de les terres en repòs.

B.3 Categories del terreny segons norma D60

Des del punt de vista pràctic, la norma D60 divideix en quatre les categories dels terrenys segons la pressió límit i el tipus de material:

Límits de PI	Natura del sòl	Categoria
< 12 Bars	Argila	Categoria I
< 7 Bars	Llims	
18 - 40	Margues i argila dura	Categoria II
12 - 30	Llims compactes	
4 - 8	Sorres compressibles	
10 - 30	Roca alterada	Categoria III
10 - 20	Sorra i grava	
40 - 100	Roca	
30- 60	Sorra i grava compacta	Categoria III bis

La relació Epr/PI* del mòdul pressiomètric i la pressió límit, és una característica del tipus de sòl estudiat; valors elevats de Epr/PI (12 a 30) són propis de sòls sobreconsolidats, mentre que valors petits de la relació esmentada (5 a 8) són propis de terrenys normalment consolidats.

B.4 Càlcul de l'angle de fregament intern i cohesió sense drenatge

Si considerem que p és la pressió d'esfondrament uniformement repartida i p_o és la pressió de les terres en la cota en qüestió segons PRANDTL es compleix la següent relació:

$$p = p_o Tg^2 (\Pi / 4 + \phi / 2) e^{\Pi Tg \phi}$$

BUISMAN, va observar experimentalment que en la pràctica, la resistència en la punta Rp per un terreny sense cohesió, correspon a la equació:

$$Qc = 1,3 [p_o Tg^2 (\Pi / 4 + \phi / 2) e^{\Pi Tg \phi}] + C / Tg \phi [Tg^2 (\Pi / 4 + \phi / 2) e^{\Pi Tg \phi} - 1]$$

El coeficient empíric 1,3 correspon a la forma cònica de la punta del penetròmetre holandès. La relació existent entre la pressió límit i la resistència en punta és segons la norma D60 una relació de tipus $Q_c = k * P_I$, on k pren els següents valors:

Argiles	2,5	4
Llims	5	6
Sorres	7	9
Graves	9	15
Còdols	15	20

Utilitzant l'equació de BUISMAN una vegada realitzada la conversió tenim que $p = Q_c$ i $p_o = P_o$. Per tal de conèixer el valor de la cohesió dels materials assajats hom ha emprat l'equació de l'anàlisi de GIBSON i ANDERSON (1961):

$$P_I = P_o + C_u [1 + \ln [E_{pr} / (2 * C_u (1 + \nu))]]$$

On $E_{pr}/(1 + \nu)$ és el mòdul de cisalla. El valor del coeficient de Poisson s'assumeix igual a 0,33 que és el valor que estadísticament es comet menys error.