

PRUEBA CON DILATOMETRO PLANO DMT



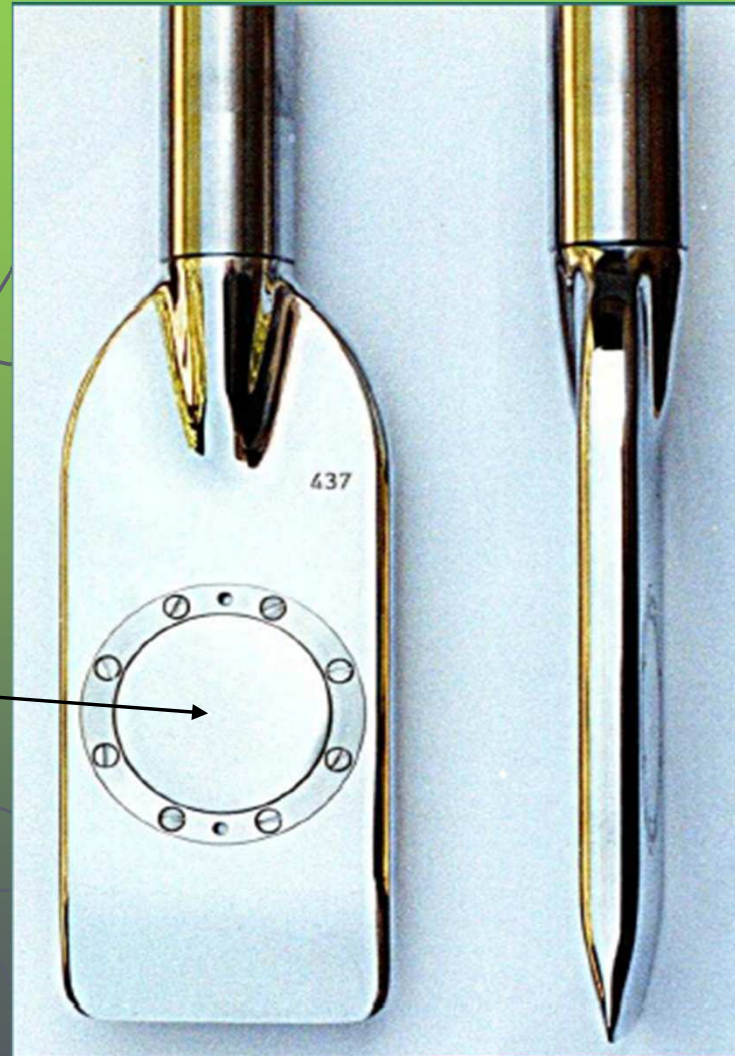
INTRODUCCION Y DESCRIPCION

- ▶ La prueba DMT está estandarizada según la ASTM 6635-01 e incluido en el Eucódigo.
- ▶ Fue desarrollada por Marchetti y de ahí el nombre de dilatómetro de Marchetti.
- ▶ Consiste en la hincada de una paleta plana de acero inoxidable provista de una membrana circular expandible horizontalmente mediante gas a presión.

INTRODUCCION Y DESCRIPCION

Paleta plana de
Marchetti

Membrana circular



PRUEBA DMT

INTRODUCCION Y DESCRIPCION

- ▶ La hinca en el terreno se puede realizar con equipos de penetración estático o dinámica, utilizándose esencialmente el estático.
- ▶ Para poder utilizar un equipo de penetración dinámica o una sonda deben estar adaptadas.
- ▶ El ámbito de aplicación del ensayo es tanto en suelos granulares de flojos a densos como cohesivos de blandos a muy duros.

INTRODUCCION Y DESCRIPCION

- ▶ El equipo DMT consta de los siguientes componentes:
 - Paleta dilatométrica.
 - Conector electro-neumático (cable)
 - Unidad de control en superficie (centralita)
 - Unidad de presión (bombona de nitrógeno)
 - Sistema de empuje con varillaje (penetrometro o la sonda)

INTRODUCCION Y DESCRIPCION

Unidad de control
en superficie y
paleta dilatométrica



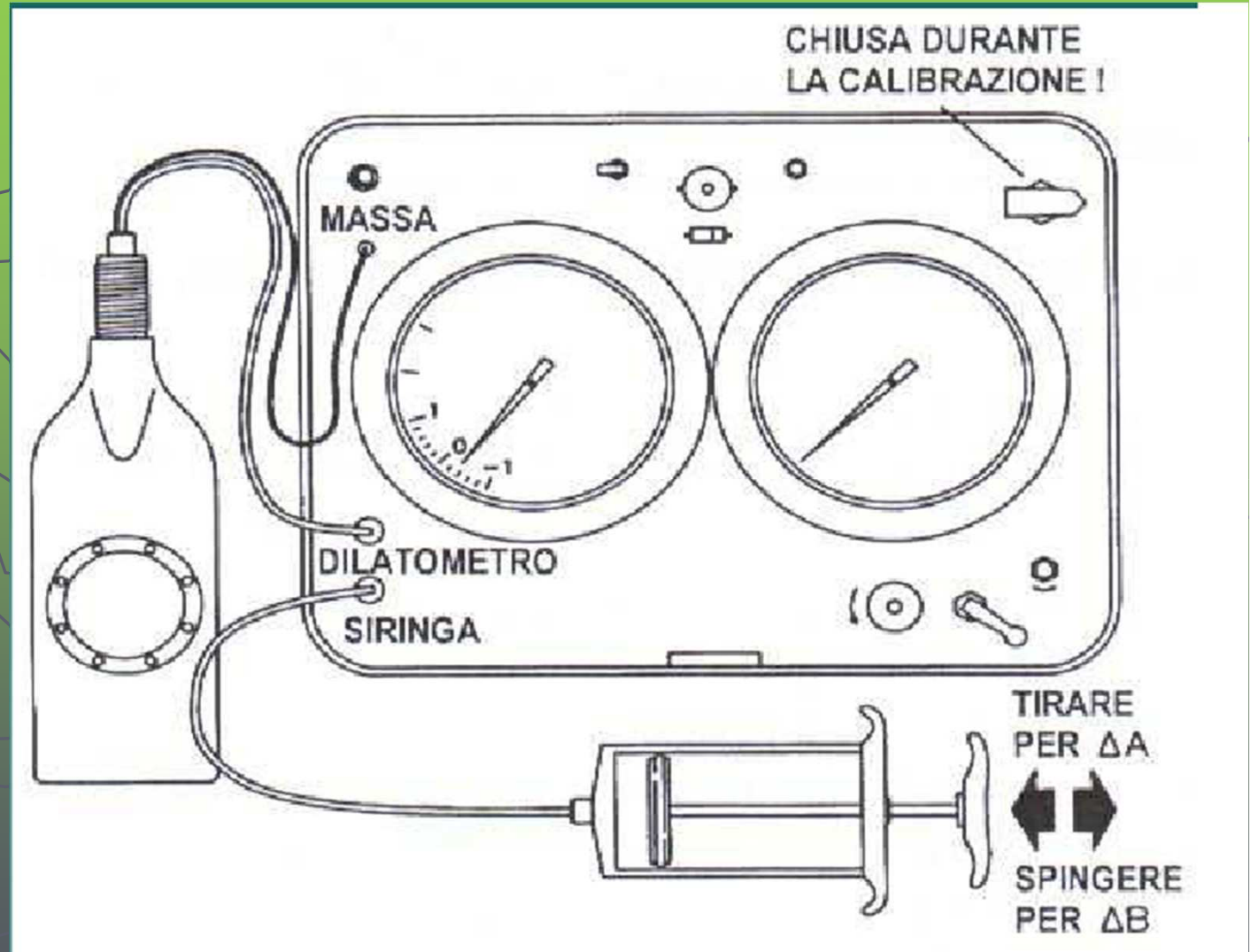
PRUEBA DMT

EJECUCIÓN DE LA PRUEBA

- ▶ Antes de iniciar una prueba es necesario el calibrado de las membranas.
- ▶ Las lecturas de campo A y B deben ser corregidas por los efectos de la rigidez propia de la membrana para determinar P_o y P_1 .
- ▶ Los valores de ΔA y ΔB (correcciones) se leen en campo aplicando a la paleta una presión negativa mediante vacío y una presión positiva respectivamente.
- ▶ ΔA es presión exterior que debe ser aplicada a la membrana al aire libre para que se mantenga en reposo sobre su apoyo
- ▶ ΔB es la presión interna necesaria para desplazar la membrana 1,1 mm.

EJECUCIÓN DE LA PRUEBA

Esquema de calibración de la membrana mediante la obtención de los valores ΔA y ΔB



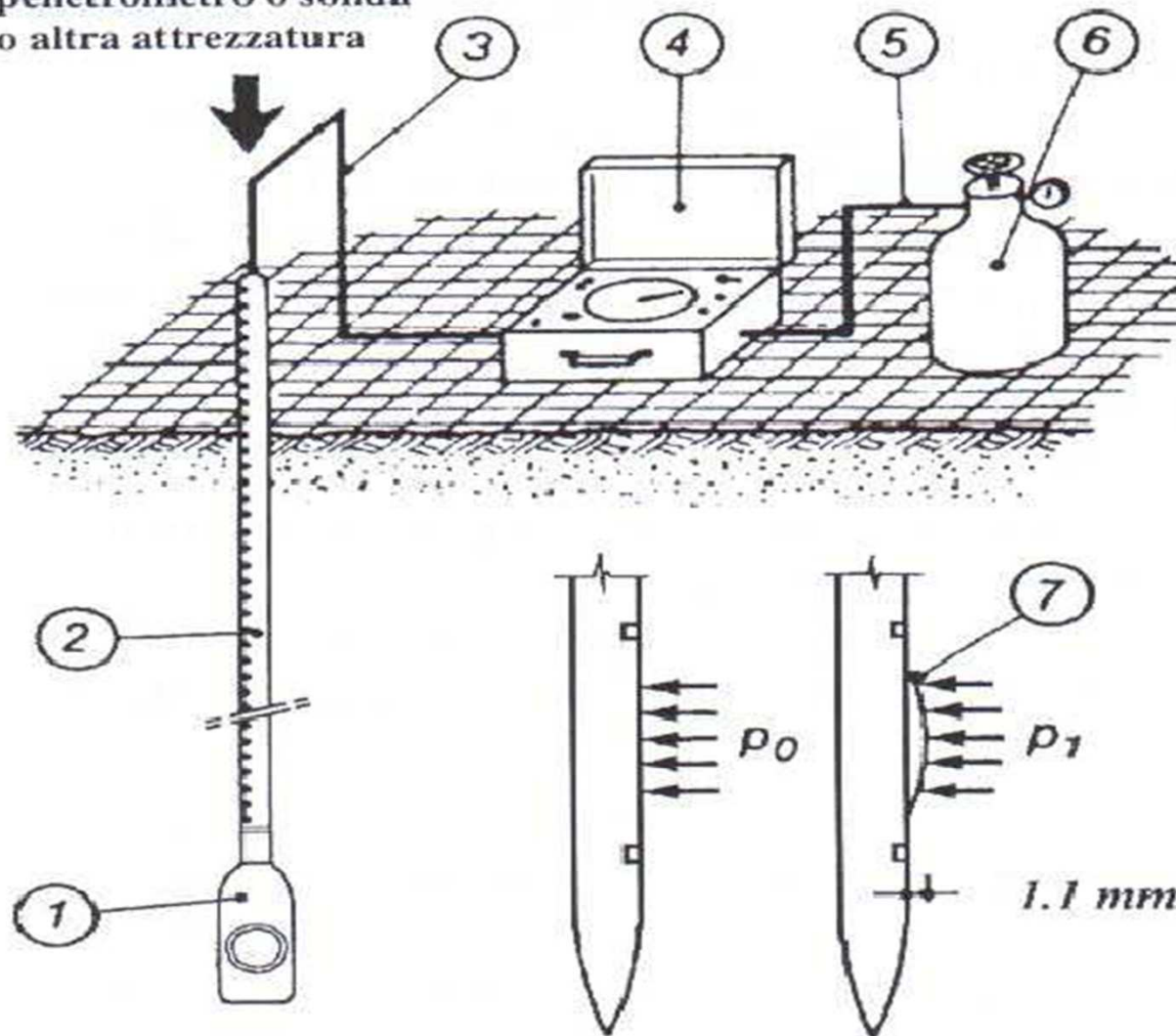
PRUEBA DMT

EJECUCIÓN DE LA PRUEBA

- ▶ Tal como comentamos anteriormente, se procede a la hincada de la paleta a través de un tren de varillaje de 36 mm de diámetro exterior y 16 mm de diámetro interior, las varillas deben ser huecas para introducir el cable eléctrico-neumático.
- ▶ Usualmente se anotan medidas cada 20 cm (al igual que en el DPSH y CPT)
- ▶ Se anotan dos medidas A y B
- ▶ A corresponde a la presión interna en la membrana cuando se desplaza horizontalmente junto al terreno una distancia de 0,05 mm
- ▶ B corresponde a la presión de gas contra la superficie interna de la membrana cuando alcanza un desplazamiento horizontal de 1,1 mm.

Esquema de una prueba dilatométrica

Spinta fornita da penetrometro o sonda o altra attrezzatura



1. Lama dilatometrica
2. Aste di spinta (ad es. CPT)
3. Cavetto pneumatico-elettrico

4. Centralina di misura
5. Cavo pneumatico
6. Bombola di gas

EJECUCIÓN DE LA PRUEBA

- ▶ Los valores obtenidos A y B hay que aplicarles la corrección ΔA y ΔB para obtener P_0 y P_1

- ▶ $P_0 = -1,05 (A - Z_m - \Delta A) - 0,05(B - Z_m - \Delta B)$

Z_m es la eventual diferencia del cero en la lectura manométrica debida a la presión atmosférica. Normalmente $Z_m=0$

- ▶ $P_1 = B - Z_m - \Delta B$

- ▶ Con los valores P_0 y P_1 junto a la cota del nivel freático se obtienen los tres parámetros intermedios característicos de la prueba dilatométrica.

Ejemplo de
parte de toma
de datos en
campo

DITTA (max num. caratteri=32)		PUNTA n.	Valori tipici: 0.15 0.40		ΔA (bar) 0.05-0.20	ΔB (bar) 0.20-0.80	Δmm ⁽¹⁾	Aspetto ⁽²⁾ Membrana
COMMITT. ⁽³²⁾		Inizio						
OPERA ⁽³²⁾		$Z_{c=}$ ⁽³⁾						
LOCALITÀ ⁽³²⁾		$Z_{c=}$						
NOTE ⁽³²⁾		$Z_{c=}$						
NOME PROVA ⁽¹²⁾		DATA ⁽²⁰⁾		⁽¹⁾ Errore coassialità squadra L ⁽²⁾ Elastica, sovragonfiata, con grinze, clic-clac, rigata, ecc. ⁽³⁾ Profondità da cui estratta				
Quota ass. (facolt.) _____ m		Z_{falsa} (necess.) _____ m o ☐ $> Z_{finale}$						
Zero manom. _____ bar		γ_{top} _____ t/m ³ (default 1.75)						
☐ Sonda ☐ Penetrometro Diametro aste a tergo lama _____		CAUSA TERMINE PROVA → RIFIUTO MEMBRANA ↑ Z=Zstabilito		☐ OPERATORE _____				

0	A	B	C	6				12				18				24			
2				2				2				2				2			
4				4				4				4				4			
6				6				6				6				6			
8				8				8				8				8			
1				7				13				19				25			
2				2				2				2				2			
4				4				4				4				4			
6				6				6				6				6			
8				8				8				8				8			
2				8				14				20				26			
2				2				2				2				2			
4				4				4				4				4			
6				6				6				6				6			
8				8				8				8				8			
3				9				15				21				27			
2				2				2				2				2			
4				4				4				4				4			
6				6				6				6				6			
8				8				8				8				8			
4				10				16				22				28			
2				2				2				2				2			
4				4				4				4				4			
6				6				6				6				6			
8				8				8				8				8			
5				11				17				23				29			
2				2				2				2				2			
4				4				4				4				4			
6				6				6				6				6			
8				8				8				8				8			

INTERPRETACIÓN

Los tres parámetros básicos que se obtienen con este ensayo son:

- ▶ Id: Material Index, relacionado con el tipo de suelo.
- ▶ Kd: Horizontal Stress Index, relacionado con la razón de sobreconsolidación del suelo (OCR)
- ▶ Ed: Dilatometer Modulus, determinado a partir de la teoría de la elasticidad.

INTERPRETACIÓN

► Id Material Index:

$$Id = (P1 - Po) / (Po - Uo) \quad Uo = \text{Presión intersticial}$$

Es indicativo del tipo de suelo, no es el resultado de una análisis granulométrico, sino que responde a un comportamiento mecánico del suelo a modo de un índice de rigidez. De este modo una arcilla rígida puede ser interpretada como un limo.

Los valores de Id oscilan de 0,1 a 10 y su valor es constante en una capa homogénea de suelo

INTERPRETACIÓN

- Id Material Index
- Según Marchetti el tipo de suelo se identifica como:

arcilla	$0,1 < Id < 0,6$
limo	$0,6 < Id < 1,2$
limo arenoso	$1,2 < Id < 1,8$
arena	$1,8 < Id < 10$

INTERPRETACIÓN

► Kd Horizontal Stress Index

$$K_d = (P_o - U_o) / \delta_{vo} \quad \delta_{vo} = \text{Tensión efectiva vertical}$$

Este parámetro está relacionado con el OCR y por tanto es sumamente útil para entender la historia tensional de un depósito. El valor de Kd en arcillas normalmente consolidadas = 2 oscilando entre 1,8 y 2,3

INTERPRETACIÓN

► Ed Modulo DMT

$$E_d = 34,7 \Delta P$$

No debe utilizarse en si mismo como un modulo de deformación fundamentalmente por la falta de información de la historia tensional. Solo debe ser utilizado en combinación con K_d , I_d .

INTERPRETACIÓN

- ▶ Mdmt corresponde al modulo vertical drenado tangente a la presión de confinamiento del ensayo y es igual al determinado en el edómetro.

$$Mdmt = Rm * Ed$$

Rm oscila entre 1 – 3

- El ensayo dilatométrico es el único ensayo geotécnico in situ que permite obtener este parámetro de forma directa.
- Además se pueden inferir mediante correlaciones empíricas otros parámetros como ángulo de rozamiento interno en arenas, cohesión sin drenaje para arcillas, etc.

Resumen de formulaciones de interpretación del ensayo DMT

SYMBOL	DESCRIPTION	BASIC DMT REDUCTION FORMULAE	
p_0	Corrected First Reading	$p_0 = 1.05 (A - Z_M + \Delta A) - 0.05 (B - Z_M - \Delta B)$	Z_M = Gage reading when vented to atm. If ΔA & ΔB are measured with the same gage used for current readings A & B, set $Z_M = 0$ (Z_M is compensated)
p_1	Corrected Second Reading	$p_1 = B - Z_M - \Delta B$	
I_D	Material Index	$I_D = (p_1 - p_0) / (p_0 - u_0)$	u_0 = pre-insertion pore pressure
K_D	Horizontal Stress Index	$K_D = (p_0 - u_0) / \sigma'_{v0}$	σ'_{v0} = pre-insertion overburden stress
E_D	Dilatometer Modulus	$E_D = 34.7 (p_1 - p_0)$	E_D is NOT a Young's modulus E. E_D should be used only AFTER combining it with K_D (Stress History). First obtain $M_{DMT} = R_M E_D$, then e.g. $E \approx 0.8 M_{DMT}$
K_0	Coeff. Earth Pressure in Situ	$K_{0,DMT} = (K_D / 1.5)^{0.47} - 0.6$	for $I_D < 1.2$
OCR	Overconsolidation Ratio	$OCR_{DMT} = (0.5 K_D)^{1.56}$	for $I_D < 1.2$
c_u	Undrained Shear Strength	$c_{u,DMT} = 0.22 \sigma'_{v0} (0.5 K_D)^{1.25}$	for $I_D < 1.2$
ϕ	Friction Angle	$\phi_{safe,DMT} = 28^\circ + 14.6 \log K_D - 2.1 \log^2 K_D$	for $I_D > 1.8$
c_h	Coefficient of Consolidation	$c_{h,DMTA} \approx 7 \text{ cm}^2 / T_{flex}$	T_{flex} from A-log t DMTA-decay curve
k_h	Coefficient of Permeability	$k_h = c_h \gamma_w / M_h$ ($M_h = K_0 M_{DMT}$)	
γ	Unit Weight and Description	(see chart by Marchetti & Crapps 1981)	
M	Vertical Drained Constrained Modulus	$M_{DMT} = R_M E_D$ if $I_D \leq 0.6$ $R_M = 0.14 + 2.36 \log K_D$ if $I_D \geq 3$ $R_M = 0.5 + 2 \log K_D$ if $0.6 < I_D < 3$ $R_M = R_{M,0} + (2.5 - R_{M,0}) \log K_D$ with $R_{M,0} = 0.14 + 0.15 (I_D - 0.6)$ if $K_D > 10$ $R_M = 0.32 + 2.18 \log K_D$ if $R_M < 0.85$ set $R_M = 0.85$	
u_0	Equilibrium Pore Pressure	$u_0 = p_2 = C - Z_M + \Delta A$	In free-draining soils

Ejemplo de acta de resultados del ensayo DMT

SOIL TEST
LIVORNO HARBOUR

D M T : D3 - 4 OCT 1989
NEW QUAY

Falda a m 1.3

Reg 1003

Reduction formulae according to ASCE Geot. Jnl., Mar. 1980, Vol.109, 299-321

NOTE : OCR = 'relative OCR'. OCR below often reasonable. Accuracy can be improved if precise OCR values are available. Then factorize all OCR below by the ratio OCRreference/OCR:

Po	= Lettura A corretta	bar	PARAMETRI GEOTECNICI INTERPRETATI	
Pl	= Lettura B corretta	bar		
Gamma	= Peso vol.naturale/GammaH2O	(-)	Ko = Coeff.spinta orizz.in sito	(-)
Sigma'	= Press.efficace vertic.	bar	Ocr= Grado di sovracompressione	(-)
U	= Pressione neutra (H2O)	bar	Phi= Angolo attrito min (cautelativo)	(-)
Id	= Indice di materiale	(-)	M = Modulo edometrico (per Sigma')	bar
Kd	= Indice spinta orizzontale	(-)	Cu = Resist. taglio non drenata	bar
Kd	= Modulo dilatometrico	bar		

Z (m)	Po	Pl	Gamma	Sigma'	U	Id	Kd	Ed	Ko	Ocr	Phi	M	Cu	DESCRIZIONE
1.00	1.2	3.5	1.80	0.17	0.09	1.89	7.1	85			39	186		SABBIA LIM
1.20	1.6	3.4	1.70	0.21	0.09	1.09	7.9	66	1.6	8.6		150	0.26	LIMO
1.40	2.1	3.2	1.70	0.24	0.09	0.56	8.6	43	1.7	9.8		100	0.33	ARG LIM
1.60	2.2	3.3	1.70	0.26	0.01	0.53	8.2	43	1.6	9.0		98	0.34	ARG LIM
1.80	2.4	3.0	1.60	0.28	0.03	0.27	8.5	23	1.7	9.6		55	0.37	ARGILLA
2.00	2.4	2.8	1.60	0.29	0.05	0.18	8.2	16	1.6	9.0		36	0.37	ARGILLA
2.20	2.2	2.5	1.50	0.30	0.07	0.15	7.1	12	1.5	7.3		25	0.32	FANGO
2.40	1.9	3.8	1.70	0.31	0.09	1.02	6.0	70	1.3	5.5		139	0.27	LIMO
2.60	2.0	3.2	1.70	0.32	0.11	0.68	5.7	47	1.3	5.2		90	0.27	LIMO ARG
2.80	1.9	2.7	1.60	0.34	0.13	0.48	5.2	31	1.2	4.4		57	0.25	ARG LIM
3.00	1.6	3.4	1.70	0.35	0.15	1.19	4.3	66	1.0	3.3		110	0.20	LIMO
3.20	2.2	6.0	1.80	0.36	0.17	1.81	5.7	140			38	276		SABBIA LIM
3.40	2.0	3.8	1.70	0.38	0.19	0.96	4.9	66	1.1	4.0		118	0.26	LIMO
3.60	2.0	5.4	1.80	0.39	0.21	1.97	4.5	128			37	224		SABBIA LIM
3.80	2.5	6.8	1.90	0.41	0.23	1.87	5.6	159			38	312		SABBIA LIM
4.00	2.2	5.0	1.70	0.43	0.25	1.45	4.6	105			37	183		LIMO SAB
4.20	2.3	5.9	1.80	0.44	0.26	1.85	4.5	136			37	238		SABBIA LIM
4.40	2.7	6.8	1.80	0.46	0.28	1.67	5.4	152			38	289		LIMO SAB
4.60	2.5	6.4	1.70	0.47	0.30	1.73	4.7	144			37	258		LIMO SAB
4.80	2.7	7.2	1.90	0.49	0.32	1.89	4.9	167			37	306		SABBIA LIM
5.00	2.5	6.5	1.80	0.50	0.34	1.82	4.4	148			36	253		SABBIA LIM
5.20	3.1	6.7	1.80	0.52	0.36	1.37	5.2	136			37	253		LIMO SAB
5.40	3.1	7.6	1.80	0.53	0.38	1.65	5.1	167			37	310		LIMO SAB
5.60	3.2	3.8	1.70	0.55	0.40	0.23	5.1	23	1.2	4.3		42	0.39	ARGILLA
5.80	2.8	5.4	1.70	0.56	0.42	1.10	4.2	97	1.0	3.2		160	0.32	LIMO
6.00	2.7	6.6	1.80	0.58	0.44	1.69	4.0	144			36	233		LIMO SAB
6.20	3.1	4.6	1.70	0.59	0.46	0.61	4.4	58	1.1	3.4		96	0.35	LIMO ARG
6.40	3.1	3.8	1.70	0.61	0.48	0.28	4.3	27	1.0	3.2		44	0.35	ARGILLA
6.60	3.1	5.6	1.70	0.62	0.50	0.97	4.2	93	1.0	3.2		152	0.35	LIMO
6.80	3.1	6.2	1.70	0.63	0.52	1.23	4.0	117			36	187		LIMO SAB
7.00	2.8	5.7	1.70	0.65	0.54	1.31	3.5	109			35	159		LIMO SAB
7.20	2.9	4.4	1.70	0.66	0.56	0.69	3.5	58	0.88	2.4		83	0.29	LIMO ARG
7.40	3.1	5.8	1.70	0.68	0.58	1.08	3.7	101	0.93	2.6		154	0.32	LIMO
7.60	3.0	5.3	1.70	0.69	0.60	0.95	3.5	85	0.89	2.4		124	0.31	LIMO
7.80	3.0	5.0	1.70	0.70	0.62	0.83	3.4	74	0.88	2.3		105	0.30	LIMO
8.00	3.1	4.0	1.70	0.72	0.64	0.39	3.4	35	0.87	2.3		49	0.31	ARG LIM
8.20	3.1	4.2	1.70	0.73	0.66	0.48	3.3	43	0.85	2.2		58	0.30	ARG LIM
8.40	3.2	4.0	1.70	0.74	0.68	0.33	3.4	31	0.86	2.3		43	0.32	ARG LIM
8.60	3.4	4.2	1.70	0.76	0.70	0.31	3.6	31	0.90	2.4		45	0.34	ARGILLA
8.80	3.4	4.2	1.70	0.77	0.72	0.31	3.5	31	0.88	2.4		44	0.34	ARGILLA
9.00	3.3	4.0	1.70	0.79	0.74	0.29	3.3	27	0.84	2.1		37	0.32	ARGILLA
9.20	3.3	4.0	1.70	0.80	0.76	0.29	3.2	27	0.82	2.1		36	0.31	ARGILLA
9.40	3.3	4.0	1.70	0.81	0.77	0.29	3.1	27	0.81	2.0		35	0.31	ARGILLA
9.60	3.3	4.0	1.70	0.83	0.79	0.29	3.0	27	0.79	1.9		35	0.30	ARGILLA
9.80	3.3	4.0	1.70	0.84	0.81	0.30	3.0	27	0.77	1.8		34	0.30	ARGILLA
10.00	3.4	4.2	1.70	0.85	0.83	0.33	3.0	31	0.78	1.9		39	0.31	ARGILLA
10.20	3.5	4.4	1.70	0.87	0.85	0.36	3.0	35	0.79	1.9		45	0.32	ARG LIM
10.40	3.3	5.6	1.70	0.88	0.87	0.94	2.8	85	0.74	1.7		104	0.29	LIMO
10.60	3.9	5.0	1.70	0.90	0.89	0.39	3.3	43	0.85	2.2		59	0.37	ARG LIM

APLICACIÓN DEL ENSAYO

Una de las interesantes aplicaciones directas del ensayo dilatométrico es la detección de superficies de rotura en taludes de arcillas sobreconsolidadas. Se basa en el análisis del perfil de K_d .

Como consecuencia de un deslizamiento, a lo largo de la superficie de rotura del talud se produce un remoldeo del suelo, con pérdida de su estructura original, pasando éste a un estado aproximado de NC.

El valor de K_d para una arcilla NC es 2, por tanto, en el estudio del perfil se trata de detectar los valores de $K_d = 2$. Con este método se detecta no solo superficies de rotura actuales sino que también se detectan superficies de rotura fósiles no detectables con inclinómetros.

APLICACIÓN DEL ENSAYO

- ▶ Control de tratamiento de mejora del terreno.
El ensayo DMT ha sido frecuentemente utilizado en el tratamiento de mejora de suelos blandos debido a su mayor sensibilidad para detectar pequeños cambios en las tensiones horizontales.
La compactación y/o consolidación de un suelo tratado se refleja en un incremento de M_{dmt} y K_d