

SOMMARIO

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE	2
Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici	2
Penetrometri in uso in Italia	4
Correlazione con N _{spt}	4
Valutazione resistenza dinamica alla punta R _{pd}	5
Metodologia di Elaborazione	5
Valutazioni statistiche e correlazioni	6
Elaborazione Statistica	6
Pressione ammissibile	6
CORRELAZIONI GEOTECNICHE TERRENI INCOERENTI	6
Liquefazione	6
Correzione N _{spt} in presenza di falda	6
Angolo di Attrito	7
Densità relativa (%)	8
Modulo Di Young (E _y)	8
Modulo Edometrico	9
Stato di consistenza	9
Peso di volume secco	9
Peso di volume saturo	9
Modulo di poisson	10
Potenziale di liquefazione (Stress Ratio)	10
Velocità onde di taglio V _s (m/sec)	10
Modulo di deformazione di taglio (G)	10
Modulo di reazione (K _o)	10
Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q _c)	10
CORRELAZIONI GEOTECNICHE TERRENI COESIVI	11
Coesione non drenata	11
Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q _c)	11
Modulo Edometrico-Confinato (M _o)	12
Modulo Di Young (E _y)	12
Stato di consistenza	12
Peso di volume secco	12
Peso di volume saturo	12

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE (DYNAMIC PROBING)

Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infingere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi δ) misurando il numero di colpi N necessari.

Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona¹.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M
- altezza libera caduta H
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura α)
- avanzamento (penetrazione) δ
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente) :

- tipo LEGGERO (DPL)
- tipo MEDIO (DPM)
- tipo PESANTE (DPH)

¹ Dato il tipo di indagine, anche la scelta sulla caratterizzazione della natura prevalente dei terreni investigati (incoerente , coesiva, coesiva /incoerente - *terreno dotato di comportamento intermedio e non inquadrabile in maniera certa-*), viene fatta di concerto con il professionista (geologo) incaricato dal committente nel rispetto delle competenze e delle esperienze geologiche acquisite in zona.

- tipo SUPERPESANTE (DPSH)

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

Tipo	Sigla di riferimento	peso della massa M (kg)	prof.max indagine battente (m)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$	8
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$	25
Super pesante (Super Heavy)	DPSH	$M \geq 60$	25

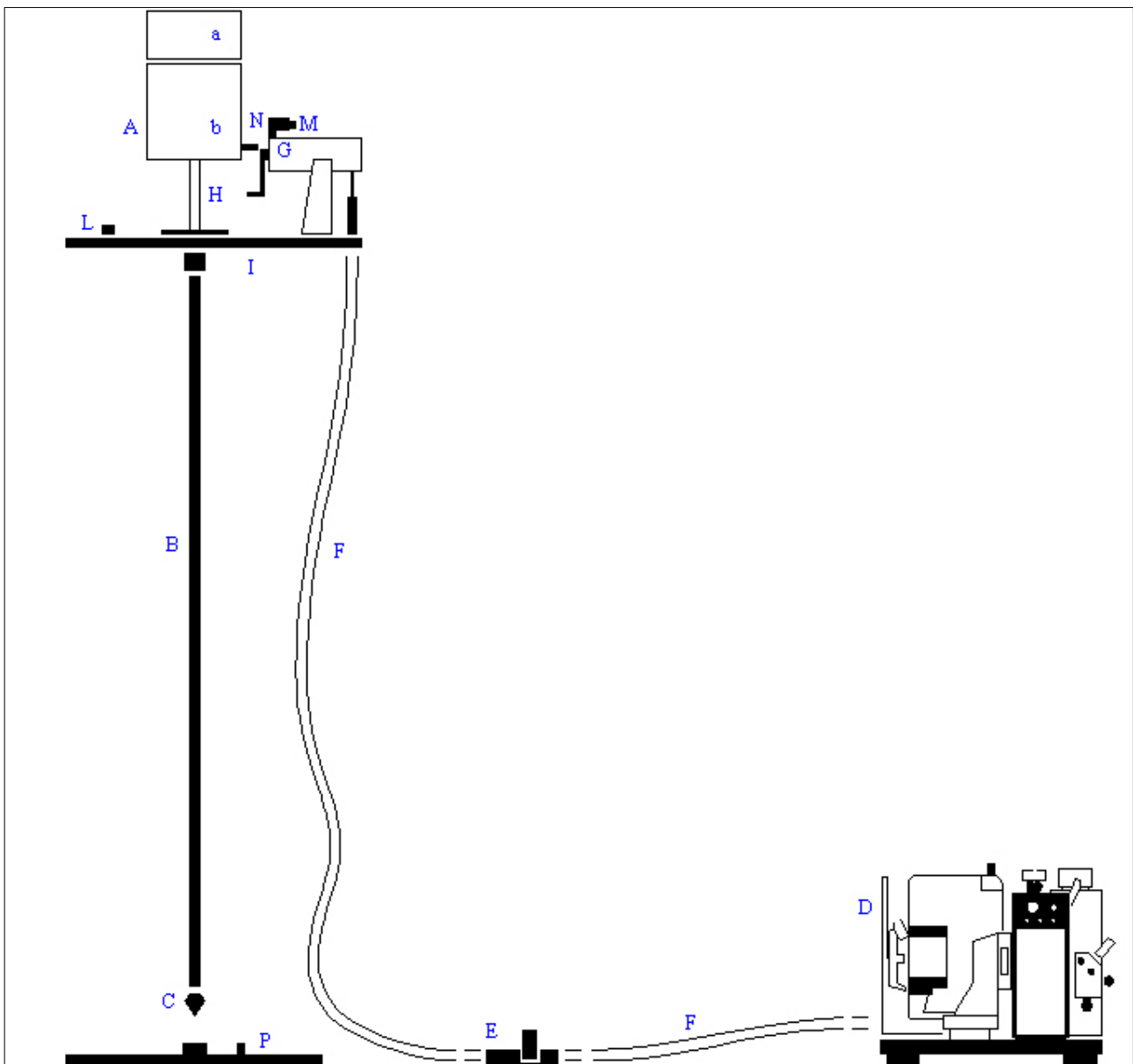


FIGURA 1 – Schema delle caratteristiche tecniche di un penetrometro dinamico leggero:

A = maglio a caduta libera kg 30 (a + b)= 20 + 10 aggiuntivi; B = aste acciaio speciale; C punta conica a perdere; D = motore; E = distributore a pedale; F = collettore ad innesto rapido; G = motore oleodinamico; H = altezza di caduta libera; I = basamento sistema di infissione; L = bolla sferica; M = contattolpi; N =

visualizzatore profondità di infissione; P = piastra di base.

Penetrometri in uso in Italia

In Italia risultano attualmente in uso i seguenti tipi di penetrometri dinamici (non rientranti però nello Standard ISSMFE):

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE) massa battente M = 30 kg, altezza di caduta H = 0.20 m, avanzamento $\delta = 10$ cm, punta conica ($\alpha=60-90^\circ$), diametro D 35.7 mm, area base cono A=10 cm² rivestimento / fango bentonitico: talora previsto;

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE) massa battente M = 20 kg, altezza di caduta H=0.20 m, avanzamento $\delta = 10$ cm, punta conica ($\alpha= 60-90^\circ$), diametro D 35.7 mm, area base cono A=10 cm² rivestimento / fango bentonitico: talora previsto;

- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE) massa battente M = 73 kg, altezza di caduta H=0.75 m, avanzamento $\delta=30$ cm, punta conica ($\alpha = 60^\circ$), diametro D = 50.8 mm, area base cono A=20.27 cm² rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;

- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA) massa battente M=63.5 kg, altezza caduta H=0.75 m, avanzamento $\delta=20-30$ cm, punta conica conica ($\alpha = 60^\circ-90^\circ$) diametro D = 50.5 mm, area base cono A = 20 cm², rivestimento / fango bentonitico: talora previsto.

Correlazione con N_{spt}

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi N_{SPT} ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con N_{SPT}. Il passaggio viene dato da:

$$N_{SPT} = \beta_t N$$

Dove:

$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

in cui Q è l'energia specifica per colpo e Q_{SPT} è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui

M = peso massa battente;

M' = peso aste;

H = altezza di caduta;

A = area base punta conica;

δ = passo di avanzamento.

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd

FORMULA OLANDESI

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot e \cdot (M + P)} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{A \cdot \delta \cdot (M + P)}$$

Rpd = resistenza dinamica punta (area A);

e = infissione media per colpo (δ/N);

M = peso massa battente (altezza caduta H);

P = peso totale aste e sistema battuta.

Metodologia di Elaborazione

Le elaborazioni sono effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru Software*.

Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini 1983 - Meyerhof 1956 - Desai 1968 - Borowczyk-Frankowsky 1981.

Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

Una vasta esperienza acquisita, unitamente ad una buona interpretazione e correlazione, permettono spesso di ottenere dati utili alla progettazione e frequentemente dati maggiormente attendibili di tanti dati bibliografici sulle litologie e di dati geotecnici determinati sulle verticali litologiche da poche prove di laboratorio eseguite come rappresentazione generale di una verticale eterogenea disuniforme e/o complessa.

In particolare consente di ottenere informazioni su:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici,
- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e delle resistenza alla punta.

Valutazioni statistiche e correlazioni

Elaborazione Statistica

Permette l'elaborazione statistica dei dati numerici di Dynamic Probing, utilizzando nel calcolo dei valori rappresentativi dello strato considerato un valore inferiore o maggiore della media aritmetica dello strato (dato comunque maggiormente utilizzato); i valori possibili in immissione sono :

Media

Media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media minima

Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Massimo

Valore massimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Minimo

Valore minimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Scarto quadratico medio

Valore statistico di scarto dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media deviata

Valore statistico di media deviata dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media + s

Media + scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media - s

Media - scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Pressione ammissibile

Pressione ammissibile specifica sull'interstrato (con effetto di riduzione energia per svergolamento aste o no) calcolata secondo le note elaborazioni proposte da Herminier, applicando un coefficiente di sicurezza (generalmente = 20-22) che corrisponde ad un coefficiente di sicurezza standard delle fondazioni pari a 4, con una geometria fondale standard di larghezza pari a 1 mt. ed immorsamento $d = 1$ mt..

CORRELAZIONI GEOTECNICHE TERRENI INCOERENTI

Liquefazione

Permette di calcolare utilizzando dati NSPT il potenziale di liquefazione dei suoli (prevalentemente sabbiosi). Attraverso la relazione di *SHI-MING (1982)*, applicabile a terreni sabbiosi, la liquefazione risulta possibile solamente se NSPT dello strato considerato risulta inferiore a NSPT critico calcolato con l'elaborazione di *SHI-MING*.

Correzione N_{spt} in presenza di falda

NSPT corretto = $15 + 0.5 \times (N_{spt} - 15)$

NSPT è il valore medio nello strato. La correzione viene applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è maggiore di 15 (la correzione viene eseguita se tutto lo strato è in falda).

Angolo di Attrito

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956 - Correlazione valida per terreni non molli a profondità < 5 mt.; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. Correlazione storica molto usata, valevole per profondità < 5 mt. per terreni sopra falda e < 8 mt. per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)
 $\varphi' = 27.2 + 0.28N_{spt}$
- Meyerhof 1956 - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).
- Sowers 1961) - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (condizioni ottimali per profondità < 4 mt. sopra falda e < 7 mt. per terreni in falda) $\sigma > 5$ t/mq.
 $\varphi' = 28 + 0,28 N_{spt}$
- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38°.
 $\varphi' = 19 - 0.38 \sigma'_{vo} + 8.73 \log(N_{spt})$
- Malcev 1964 - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (condizioni ottimali per profondità > 2 m. e per valori di angolo di attrito < 38°).
 $\varphi' = 20 - 5 \log(\sigma'_{vo}) + 3.73 \log(N_{spt})$
- Schmertmann 1977- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da Dr %.
 $\varphi' = 28 + 0.14 Dr$ per sabbia fine uniforme
 $\varphi' = 31.5 + 0.115 Dr$ per sabbia media uniforme – Sabbia fine ben gradata
 $\varphi' = 34.5 + 0.10 Dr$ per sabbia grossa uniforme – Sabbia media ben gradata
 $\varphi' = 38 + 0.08 Dr$ per ghiaietto uniforme – Sabbie e ghiaie poco limose
- Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (condizioni ottimali per profondità di prova > 8 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda) $\sigma > 15$ t/mq.
 $\varphi' = (15N_{spt})^{0.5} + 15$
- Shioi-Fukuni 1982 (JAPANESE NATIONALE RAILWAY - Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose.
 $\varphi' = 0.3N_{spt} + 27$
- Owasaki & Iwasaki (1959) - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (condizioni ottimali per profondità > 8 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda) $s > 15$ t/mq.

$$\phi' = (20N_{spt})^{0.5} + 15$$

- Meyerhof 1965 - Correlazione valida per terreni per **sabbie** con % di limo < 5% a profondità < 5 mt. e con % di limo > 5% a profondità < 3 mt.

$$\phi' = 29.47 + 0.46 N_{spt} - 0.004 N_{spt}^2 \quad \text{per} \quad \text{con limo} < 5\%$$

$$\phi' = 23.70 + 0.57 N_{spt} - 0.006 N_{spt}^2 \quad \text{per} \quad \text{con limo} > 5\%$$

- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

Densità relativa (%)

- Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per **ghiaie** Dr viene sovrastimato, per **limi** sottostimato.

$$D_r = 21 \sqrt{\frac{N_{SPT}}{0,7 + \sigma'_{vo}}}$$

- Skempton (1986) elaborazione valida per **limi** e **sabbie** e **sabbie da fini a grossolane** NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di Dr % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

$$D_r = 100 \sqrt{\frac{N_{60}}{32 + 0,288 \sigma'_{vo}}}$$

- Meyerhof (1957).
- Schultze & Menzenbach (1961) per **sabbie fini** e **ghiaiose** NC, metodo valido per qualunque valore di pressione efficace in depositi NC, per ghiaie il valore di Dr % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

$$\ln(D_r) = 0,478 \ln(N_{spt}) - 0,262 \ln(\sigma'_{vo}) + 2,84$$

Modulo Di Young (E_y)

- Terzaghi - elaborazione valida per **sabbia pulita** e **sabbia con ghiaia** senza considerare la pressione efficace.
- Schmertmann (1978), correlazione valida per vari tipi litologici.

$$E_Y = 8 N_{spt} \quad \text{per} \quad \text{sabbia fine}$$

$$E_Y = 12 N_{spt} \quad \text{per} \quad \text{sabbia media}$$

$$E_Y = 20 N_{spt} \quad \text{per} \quad \text{sabbia grossolana}$$

- Schultze-Menzenbach, correlazione valida per vari tipi litologici.

$$E_Y = C_1 + C_2 N_{spt} \pm S_E$$

dove C₁ e C₂ dipendono dal tipo di terreno e S_E è la deviazione standard

$$C_1 = 52, C_2 = 3.3, S_E = 19.3 \quad \text{per} \quad \text{sabbia fine}$$

$$C_1 = 39, C_2 = 4.5, S_E = 36.4 \quad \text{per} \quad \text{sabbia media}$$

$$C_1 = 24, C_2 = 5.3, S_E = 21.1 \quad \text{per} \quad \text{sabbia limosa}$$

$$C_1 = 12, C_2 = 5.8, S_E = 9.0 \quad \text{per} \quad \text{limo siltoso e sabbia limosa}$$

$$C_1 = 43, C_2 = 11.8, S_E = 42.3 \quad \text{per} \quad \text{sabbia ghiaiosa}$$

$$C_1 = 38, C_2 = 10.5, S_E = 93.2 \quad \text{per} \quad \text{sabbia e ghiaia}$$

- D'Appollonia ed altri (1970) , correlazione valida per sabbia, sabbia SC, sabbia NC e ghiaia
 $E_Y = 191 + 7.71 N_{spt}$ per sabbia e ghiaia NC
 $E_Y = 375 + 10.63 N_{spt}$ per sabbia SC
- Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.
 $E_Y = 3.2 (N_{spt} + 15)$ per sabbia argillosa
 $E_Y = 3.0 (N_{spt} + 6)$ per sabbia limosa, limo sabbioso
 $E_Y = 5.0 (N_{spt} + 15)$ per sabbia media
 $E_Y = 12.0 (N_{spt} + 6)$ per sabbia ghiaiosa e ghiaia

Modulo Edometrico

- Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia
- Buismann-Sanglerat , correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.
 $E_d = 6 N_{spt}$ per sabbie
 $E_d = 8 N_{spt}$ per sabbie argillose
- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).
 $E_d = 7.1 N_{spt}$
- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.
 $E_d = 3.54 + 38 N_{spt}$ per sabbia fine
 $E_d = 4.46 + 38 N_{spt}$ per sabbia media
 $E_d = 10.46 + 38 N_{spt}$ per sabbia e ghiaia
 $E_d = 11.84 + 38 N_{spt}$ per sabbia ghiaiosa

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977

Peso di volume secco

- Meyerhof ed altri, valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

Peso di volume saturo

- Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948-1967. Correlazione valida per peso specifico del materiale pari a circa $\gamma = 2,65 \text{ t/mc}$ e per peso di volume secco variabile da 1,33 (NSPT = 0) a 1,99 (NSPT = 95)

Nspt -> Y (PESO DI VOLUME) (Terreni coesivi)											
Ysat[t/m³]= peso di volume saturo Yd[t/m³]= peso di volume secco W = umidità % e = indice vuoti											
TERRENI GRANULARI (Terzaghi-Peck 1948/1967) [e.max = 1 e.min = 1/3 G = 2.65]											
Nspt	Ysat	Yd	Nspt	Ysat	Yd	Nspt	Ysat	Yd	Nspt	Ysat	Yd
0	1,83	1,33	25	2,02	1,64	50	2,15	1,85	75	2,20	1,93
5	1,88	1,41	30	2,05	1,69	55	2,16	1,87	80	2,21	1,95
10	1,93	1,50	35	2,08	1,73	60	2,17	1,88	85	2,23	1,97
15	1,96	1,54	40	2,10	1,77	65	2,18	1,90	90	2,24	1,99
20	1,99	1,59	45	2,13	1,81	70	2,19	1,92	95	2,24	1,99

Modulo di poisson

- Classificazione A.G.I.

Potenziale di liquefazione (Stress Ratio)

- Seed-Idriss 1978-1981. - Tale correlazione è valida solamente per sabbie, ghiaie e limi sabbiosi, rappresenta il rapporto tra lo sforzo dinamico medio τ e la tensione verticale di consolidazione per la valutazione del potenziale di liquefazione delle sabbie e terreni sabbio-ghiaiosi attraverso grafici degli autori.

Velocità onde di taglio Vs (m/sec)

- Tale correlazione è valida solamente per terreni incoerenti sabbiosi e ghiaiosi.

Modulo di deformazione di taglio (G)

- Ohsaki & Iwasaki – elaborazione valida per sabbie con fine plastico e sabbie pulite.

$$G = 650 Nspt^{0.94} \quad \text{per} \quad \text{sabbie pulite}$$

$$G = 1182 Nspt^{0.76} \quad \text{per} \quad \text{sabbie con fine plastico}$$

- Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per sabbie e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cmq.

$$G = 125 Nspt^{0.611}$$

Modulo di reazione (Ko)

- Navfac 1971-1982 - elaborazione valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso .

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Qc)

- Robertson 1983 Qc

$$Qc = 2 Nspt \quad \text{per} \quad \text{limi e limi sabbiosi}$$

$$Qc = 3 Nspt \quad \text{per} \quad \text{limi sabbiosi e sabbie limose}$$

$$Qc = 4 Nspt \quad \text{per} \quad \text{sabbie e ghiaie}$$

CORRELAZIONI GEOTECNICHE TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

- Benassi & Vannelli- correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA 1983.
- Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con $N_{spt} < 8$, argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.
- Terzaghi-Peck (1948). C_u min-max (in kg/cm^2).

0 ÷ 2	0.00 ÷ 0.15
2 ÷ 4	0.15 ÷ 0.25
4 ÷ 8	0.25 ÷ 0.50
8 ÷ 15	0.50 ÷ 1.00
15 ÷ 30	1.00 ÷ 2.00
> 30	> 2.00
- Sanglerat, da dati Penetrometro Statico per terreni coesivi saturi, tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensitività > 5 , per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.
- Sanglerat , (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche < 10 colpi, per resistenze penetrometriche > 10 l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche " di Sanglerat.
- (U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità , (C_u - N_{spt} -grado di plasticità).
- Schmertmann 1975 C_u (Kg/cmq) (valori medi), valida per **argille** e **limi argillosi** con $N_c=20$ e $Q_c/N_{spt}=2$.
- Schmertmann 1975 C_u (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC .
- Fletcher 1965 - (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata C_u (Kg/cmq), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità .
- Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.
- Shioi-Fukuni 1982 , valida per **suoli poco coerenti e plastici**, argilla di media-alta plasticità.
- Begemann.
- De Beer.

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q_c)

- Robertson 1983 Q_c

$Q_c = 1.5 N_{spt}$	per	argilla limosa o sabbiosa (valore minimo)
$Q_c = 2.0 N_{spt}$	per	argilla limosa o sabbiosa (valore medio)

Modulo Edometrico-Confinato (Mo)

- Stroud e Butler (1975) - per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a media-medio-alta plasticità - da esperienze su argille glaciali.
- Stroud e Butler (1975), per litotipi a medio-bassa plasticità (IP< 20), valida per litotipi argillosi a medio-bassa plasticità (IP< 20) - da esperienze su argille glaciali .
- Vesic (1970) correlazione valida per argille molli (valori minimi e massimi).
- Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner Modulo Confinato -Mo (Eed) (Kg/cmq)-, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto Qc/Nspt=1.5-2.0).
- Buismann- Sanglerat, valida per argille compatte (Nspt <30) medie e molli (Nspt <4) e argille sabbiose (Nspt=6-12).

Modulo Di Young (Ey)

- Schultze-Menzenbach - (Min. e Max.), correlazione valida per limi coerenti e limi argillosi con I.P. >15
 $E_Y = C_1 + C_2 Nspt \pm S_E$
 dove C_1 e C_2 valgono rispettivamente 4 e 11.5, mentre S_E , la deviazione standard, è pari a 24.4
- D'Appollonia ed altri (1983) - correlazione valida per argille sature-argille fessurate.

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977

Peso di volume secco

- Meyerhof ed altri, valida per argille, argille sabbiose e limose prevalentemente coerenti.

Peso di volume saturo

- Correlazione Bowles (1982), Terzaghi-Peck (1948-1967), valida per condizioni specifiche: peso specifico del materiale pari a circa $G=2,70$ (t/mc) e per indici dei vuoti variabili da 1,833 (Nspt=0) a 0,545 (Nspt=28).

Nspt -> Y (PESO DI VOLUME) (Terreni coesivi)											
Ysat[t/m³]= peso di volume saturo Yd[t/m³]= peso di volume secco W = umidità % e = indice vuoti											
TERRENI GRANULARI (Terzaghi-Peck 1948/1967) [e.max = 1 e.min = 1/3 G = 2.65]											
Nspt	Ysat	Yd	Nspt	Ysat	Yd	Nspt	Ysat	Yd	Nspt	Ysat	Yd
0	1,83	1,33	25	2,02	1,64	50	2,15	1,85	75	2,20	1,93
5	1,88	1,41	30	2,05	1,69	55	2,16	1,87	80	2,21	1,95
10	1,93	1,50	35	2,08	1,73	60	2,17	1,88	85	2,23	1,97
15	1,96	1,54	40	2,10	1,77	65	2,18	1,90	90	2,24	1,99
20	1,99	1,59	45	2,13	1,81	70	2,19	1,92	95	2,24	1,99