Università degli Studi di Napoli Federico II



FACOLTÀ DI INGEGNERIA

CORSO DI LAUREA IN

INGEGNERIA PER L'AMBIENTE ED IL TERRITORIO

(Classe delle Lauree in Ingegneria Civile ed Ambientale, Classe N. L-7)

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, EDILE ED AMBIENTALE

TESI DI LAUREA

"SENSORI PER LA MISURA DI GRANDEZZE

DI

INTERESSE GEOTECNICO"

RELATORE

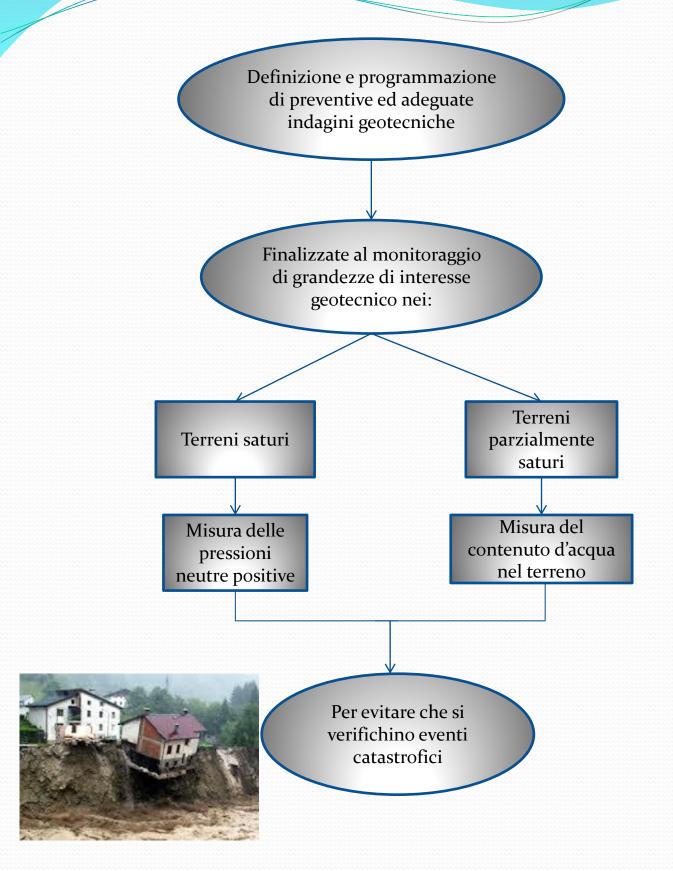
Ch.mo Prof. Gianfranco Urciuoli

CORRELATORE

Dott. Ing. Raffaele Papa

Candidato
Gaia Rodriquez Matr. N49/110

Obiettivo della presentazione



Contenuti della presentazione

- Metodologie di indagine e monitoraggio
- 2. Misura delle pressioni neutre
- 3. Misura del contenuto d'acqua
- 4. Sperimentazione di laboratorio
- 5. Conclusioni

1. Metodologie di indagine e monitoraggio

Le indagini geotecniche

Finalità

Mediante un'indagine geotecnica è possibile conoscere:

- Successione stratigrafica dei terreni
- Regime delle acque sotterranee
- ➤ Caratteristiche fisiche (assortimento granulometrico, porosità, contenuto d'acqua, peso dell'unità di volume, ecc.) ,meccaniche (compressibilità, deformabilità, resistenza a rottura, ecc.) e idrauliche (permeabilità)

Definizione del programma

- Studio preliminare
- ➤ Individuazione dell'ampiezza e della profondità del volume di terreno oggetto di indagine
- ➤ Individuazione dei mezzi, dei metodi e delle procedure da applicare
- ➤ Individuazione del numero e dell'ubicazione dei punti di indagine

1. Metodologie di indagine e monitoraggio

<u>Il monitoraggio</u>

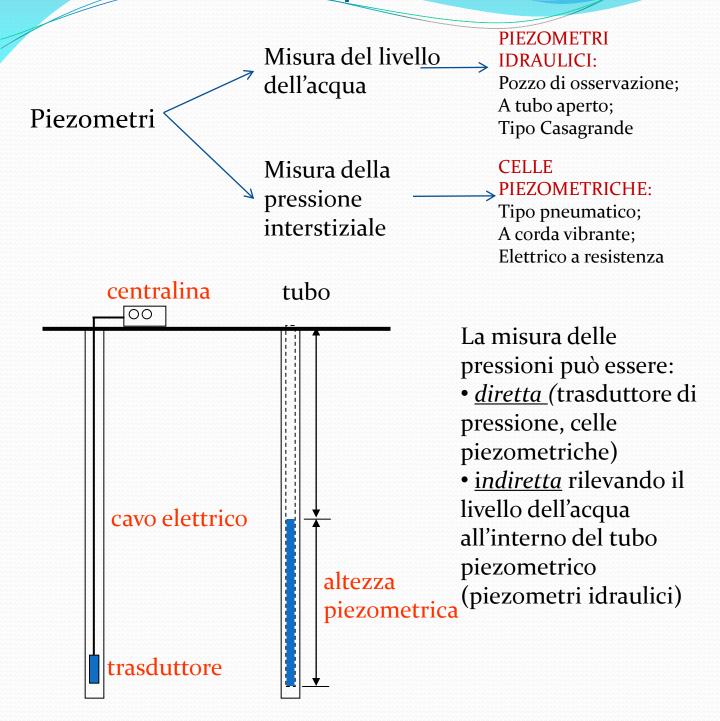
<u>Finalità</u>

- Rilevamento di movimenti in atto o di segni che indichino il possibile manifestarsi di fenomeni di instabilità
- Individuazione della strategia più idonea di mitigazione del rischio di frana

Definizione del programma

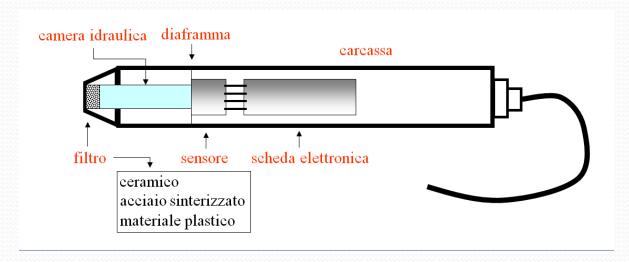
- > Studio preliminare di tipo geologico e geomorfologico
- Individuazione delle variabili da monitorare
- ➤ Individuazione del metodo e dello strumento idoneo per il conseguimento degli obiettivi del monitoraggio
- Scelta dell'ubicazione dei punti dove posizionare gli strumenti di misura
- Definizione intervallo temporale delle misure.

2. Misura delle pressioni neutre



Celle piezometriche: principi di funzionamento

- Misura diretta della pressione in un punto all'interno del foro di
- sondaggio tramite un trasduttore di pressione in collegamento idraulico con l'esterno.
- Volumi di acqua da invasare o svasare molto modesti.



Schema costruttivo di una cella piezometrica



Piezometri a corda vibrante



Piezometri elettrici

Caratteristiche dei trasduttori

Il <u>trasduttore di pressione</u> è un dispositivo che legge una grandezza presente in ingresso (PRESSIONE) e ne genera un'altra in uscita (TENSIONE O CORRENTE), proporzionale alla prima. Il segnale d'ingresso e quello d'uscita sono legati da una legge nota del trasduttore.

Prestazione degli strumenti e criteri per la scelta

I parametri statici che influenzano la scelta del trasduttore sono:

<u>Accuratezza</u>: esprime la differenza fra il valore ideale e quello reale della misura

<u>Risoluzione</u>: è la più piccola variazione dell'ingresso che provoca una variazione dell'uscita.

<u>Ripetibilità</u>: è l'attitudine del trasduttore a produrre la stessa uscita quando si effettuano ripetute applicazioni successive di uno stesso ingresso.

Intervallo di valori in cui il trasduttore lavora secondo i parametri stabiliti

Isteresi: è l'attitudine del trasduttore a proporre la stessa identica uscita sia nel caso che l'ingresso di riferimento venga raggiunto da valori inferiori, sia nel caso che venga raggiunto da valori superiori.

UN BUON TRASDUTTORE DEVE AVERE AMPIO INTERVALLO DI LAVORO, ALTA SENSIBILITA', BASSA RISOLUZIONE, ASSENZA DI ISTERESI.

Diversi tipi di celle piezometriche

<u>Tipo pneumatico</u>

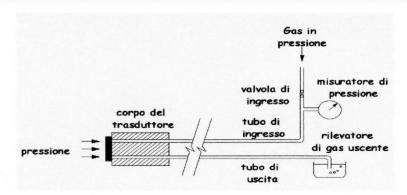


Figura 13: Schema del funzionamento del piezometro pneumatico

<u>Tipo a corda vibrante</u>

CAMERA IDRAULICA
HYDRAULIC CHAMBER

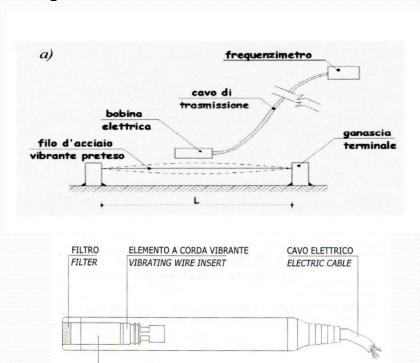


Fig. 2.8 – Schema costruttivo del piezometro a corda vibrante

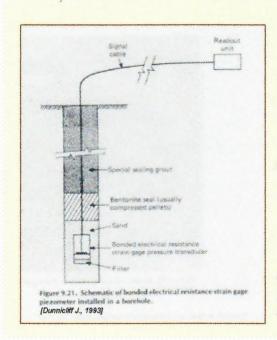
Fig. 2.8 – Construction details of the vibrating wire piezometer

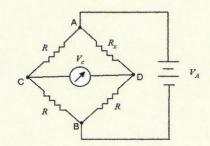
<u>Tipo elettrico a resistenza</u>



Esempi di piezometri elettrici

TRASDUTTORI DI PRESSIONE ELETTRICI (strain gage)





$$V = R \cdot i \qquad R_x = R + \Delta R$$

$$R = \rho \cdot \frac{l}{s} \qquad \frac{V_c}{V_A} = \frac{\Delta R}{4R + 2\Delta R}$$

dove: V =differenza di potenziale i =intensità della corrente R =resistenza del ponte

 ρ =resistività del materiale l =lunghezza della resistenza s =sezione della resistenza

3. Misure di contenuto d'acqua

Metodi indiretti

Prevedono

 la determinazione indiretta di alcune proprietà fisiche o meccaniche del terreno, che siano fortemente influenzate dal contenuto d'acqua.

Non prevedono

 Il disturbo del campione ed utilizzano strumentazioni che è possibile installare anche in modo permanente nel terreno.

Si prestano bene per misure da ripetere nel tempo e consentono la registrazione automatica dei dati.

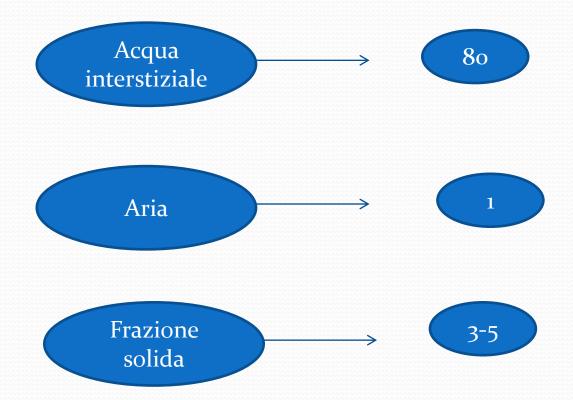
Uno dei metodi indiretti più importanti è la

<u>Riflettometria nel dominio del tempo</u>

Consente di misurare la permittività dielettrica apparente del terreno (K_a) , da porre in relazione al contenuto d'acqua volumetrico (θ) , attraverso la misura della velocità di propagazione di un segnale elettromagnetico convogliato in una linea di trasmissione inserita nel terreno.

Permittività dielettrica apparente del terreno

Dipende dalla permittività dei singoli costituenti e dalle loro frazioni volumetriche:



Ne consegue che la permittività del terreno dipende essenzialmente dal contenuto d'acqua interstiziale.

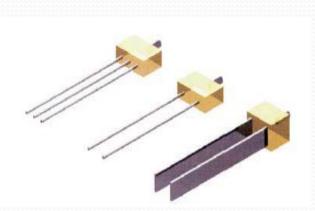
Apparecchiatura TDR

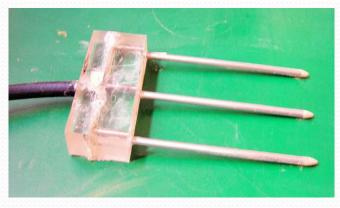
Il *Metallic Cable tester* è composto da:

- Generatore di impulsi a gradino;
- Cavo coassiale;
- Campionatore;
- Oscilloscopio;
- Sonda TDR.



Generatore di impulsi a gradino





Sonda TDR

Misure dei parametri elettromagnetici

Velocità di propagazione dell'onda elettromagnetica

$$v_p = \frac{2L^*}{T_{\text{fin}} - T_{\text{in}}} = \frac{c}{\sqrt{K_a}}$$

Permittivita dielettrica apparente

$$K_{a} = \left[\frac{c(T_{fin} - T_{in})}{2L^{*}} \right]^{2}$$

• Relazioni tra contenuto d'acqua e permittività:

$$\theta = \theta(K_a)$$

come:

Equazione di TOPP

$$\theta = -5.3*10^{-2} + 2.92*10^{-2} K_{app} - 5.5*10^{-4} K_{app}^2 + 4.3*10^{-6} K_{app}^3$$

Equazione di LEDIEU

$$\theta = a + b * K_a + c * K_a^2 + K_a^3$$

4. Sperimentazione di laboratorio

 In laboratorio è stata effettuata la misura della permittività dielettrica apparente su campioni di terreno indisturbati prelevati in sito al variare del contenuto d'acqua.



Strumentazione TDR



Sonda TDR

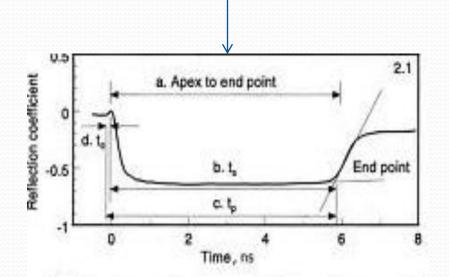


Sonda TDR inserita nel campione di terreno

Obiettivo della sperimentazione di laboratorio

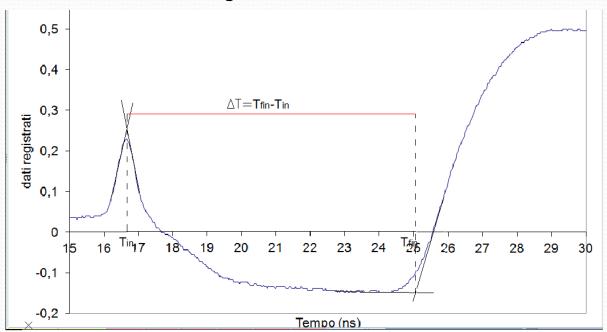
Confrontare il valore di Ka fornito direttamente dalla strumentazione di laboratorio con il valore ricavato dall'interpretazione del segnale ovvero la forma dell' onda

Studiare la <u>forma dell'onda</u> significa individuare il tempo che intercorre tra il primo e il secondo punto in cui il segnale si riflette.

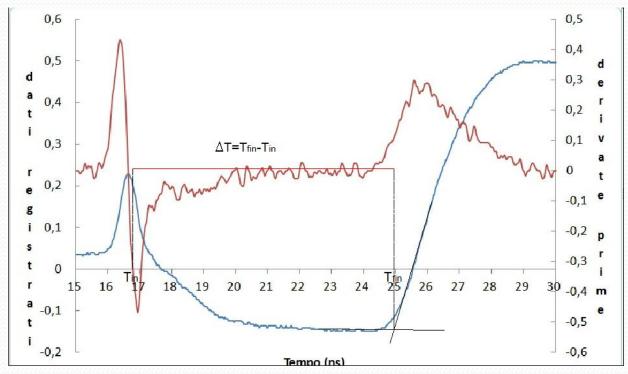


Determinazione del tempo di transito

• Metodo delle tangenti



• Metodo delle derivate



Risultati sperimentali

CICLO 1	Profondità della sonda					
	livello h	livello h	livello h	livello h	livello h	
	25	0	0	0	0	
data	ore	ore	ore	ore	ore	
09/02/2012	8.00	8.56	9.10	9.45	13.00	
Contenuto d'acqua (theta)	0,7508	0,3774	0,3740	0,3709	0,3611	
ΔT (di calcolo) Metodo delle derivate	8,00	3,60	3,50	3,35	3,12	
Ka (di calcolo) Metodo delle derivate	64,00	12,96	12,25	11,22	9,73	
ΔT (di calcolo) Metodo delle tangenti	8.20	3,62	3,60	3,50	3,20	
Ka (di calcolo) metodo delle tangenti	67.24	13,10	12,96	12,25	10,24	

CICLO 2	Profondità della sonda					
	livello h	livello h	livello h	livello h	livello h	
	25	0	0	0	0	
data	ore	ore	ore	ore	ore	
10/02/2012	9.30	10.33	10.51	11.10	11.40	
contenuto d'acqua (theta)	0,7544	0,3672	0,3672	0,3673	0,3556	
ΔT (di calcolo) Metodo delle derivate	8,2000	3,7500	3,7000	3,6000	3,5000	
Ka (di calcolo) Metodo delle derivate	67,24	14,0625	13,69	12,96	12,25	
ΔT (di calcolo) Metodo delle tangenti	8,22	3,80	3,80	3,60	3,50	
Ka (di calcolo) metodo delle tangenti	67,57	14,44	14,44	12,96	12,25	

Risultati sperimentali

CICLO 3 Profondità della sonda					
	livello h	livello h	livello h	livello h	livello h
	25	0	0	0	0
data	ore	ore	ore	ore	ore
14/02/2012	10.00	10.25	11.00	11.45	16.00
contenuto d'acqua (theta)	0,7752	0,3884	0,3867	0,3848	0,3730
ΔT (di calcolo)				AAAAAAAAAAAA AAAAAAAAAAA	
Metodo delle	8,20	3,72	3,60	3,40	3,00
derivate					
Ka (di calcolo)					
Metodo delle	67,24	13,84	12,96	11,56	9,00
derivate					
ΔT (di calcolo)					
Metodo delle	8,30	3,80	3,60	3,40	3,20
tangenti					
Ka (di calcolo)					
metodo delle	68,89	14,44	12,96	11,56	10,24
tangenti					

CICLO 4	Profondità della sonda					
	livello h	livello h	livello h	livello h	livello h	
	25	0	0	0	0	
data	ore	ore	ore	ore	ore	
16/02/2012	8.30	9.00	10.05	10.50	13.30	
contenuto d'acqua (theta)	0,7745	0,3905	0,3859	0,3845	0,3789	
ΔT (di calcolo) Metodo delle derivate	8,20	3,80	3,42	3,30	3,00	
Ka (di calcolo) Metodo delle derivate	67,24	14,44	11,70	10,89	9	
ΔT (di calcolo) Metodo delle tangenti	8,30	3,90	3,50	3,32	3,10	
Ka (di calcolo) metodo delle tangenti	68,89	15,21	12,25	11,02	9,61	

5. Conclusioni

- Acqua come causa principale di fenomeni di dissesto del terreno, motivo di eventi potenzialmente catastrofici
- Necessità di monitorare e misurare le grandezze geotecniche che dipendono fortemente dalla presenza d'acqua nel terreno.
 - pressioni neutre positive, nei terreni saturi
 - contenuto d'acqua, nei terreni parzialmente saturi
- Individuazione e utilizzo di adeguata strumentazione che consente l'acquisizione anche in continuo:
 - celle piezometriche e trasduttori di pressione
 - Sonde TDR