



**UNIVERSITA' DI PISA**  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE  
Laboratorio di Geotecnica

02/07.

***Prove edometriche non convenzionali su  
Campioni di Gesso Rosso***

***Huntsmann - Tioxide***



**UNIVERSITA' DI PISA**  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE  
Laboratorio di Geotecnica

***Prove edometriche non convenzionali su  
Campioni di Gesso Rosso***

***Huntsmann - Tioxide***



UNIVERSITA' DI PISA  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE  
LABORATORIO DI GEOTECNICA  
via Diotisalvi, 2 - 56125 PISA  
tel. 0039 050 550421 - fax 0039 050 553573

## *Prove edometriche di lunga durata su Campioni di Gesso Rosso*

prof. Diego C.F. Lo Presti (Responsabile del Laboratorio)  
ing. Nunziante Squeglia (Coordinatore)  
geom. Stefano Giusti (Sperimentatore)

prof. Massimo Dringoli (Direttore del Dipartimento)

Pisa, febbraio 2007



UNIVERSITA' DI PISA  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE  
LABORATORIO DI GEOTECNICA  
via Diotisalvi, 2 - 56125 PISA  
tel. 0039 050 550421 - fax 0039 050 553573

## *Caratterizzazione Meccanica dei Campioni di Gesso Rosso*

### Premessa

Nel mese di settembre 2006 sono stati consegnati al Laboratorio Geotecnico dell'Università di Pisa alcuni campioni del cosiddetto Gesso Rosso, così come prodotto presso lo stabilimento della Tioxide Europe sito in località Scarlino (GR).

### Campagna di prove

La precedente campagna di indagini, datata luglio 2006, ha evidenziato tra le peculiarità del materiale in oggetto una durata superiore alle 24 ore del fenomeno della consolidazione durante le prove edometriche. Allo scopo di indagare il comportamento del materiale durante la fase di consolidazione e, quindi, pervenire ad una stima più appropriata della compressibilità, sono state programmate ulteriori tre prove di compressione edometrica. Tali prove sono state effettuate modificando la procedura standard, che prevede incrementi di carico ogni 24 ore, portando a 7 giorni la durata dei gradini di carico.

### *Apparecchiature di prova e norme di riferimento*

#### *Apparecchiature*

La prova edometrica è stata eseguita utilizzando un edometro a caricamento dei pesi di tipo frontale. I cedimenti verticali sono stati misurati mediante degli LVDT le cui caratteristiche sono riportate in Tabella 4. Le pressioni verticali sono desunte dalla conoscenza dei pesi applicati, del braccio di leva e dell'area della sezione del provino. In particolare si sono utilizzati provini aventi altezza di 20 mm e diametro di 50 mm.

*Tabella 1 Edometri. (Sensori)*

n°	Grandezza misurata	Sensori	Marca	Precisione	Risoluzione	Capacità
1	Variazione di altezza	LVDT	DS Europe	0.06 % fs	0.005 mm	12.5 mm
2	Variazione di altezza	LVDT	DS Europe	0.06 % fs	0.005 mm	12.5 mm
3	Variazione di altezza	LVDT	DS Europe	0.06 % fs	0.005 mm	12.5 mm
4	Variazione di altezza	LVDT	DS Europe	0.06 % fs	0.005 mm	12.5 mm
5	Variazione di altezza	LVDT	DS Europe	0.06 % fs	0.005 mm	12.5 mm
6	Variazione di altezza	LVDT	DS Europe	0.06 % fs	0.005 mm	12.5 mm



## Presentazione dei risultati

### *Prova Edometrica*

Vengono forniti i valori numerici relativi alle dimensioni correnti del provino e le tensioni di consolidazione, nonché i dati riguardanti la provenienza del campione, la profondità del prelievo, il peso unitario iniziale, il contenuto d'acqua iniziale e finale.

Viene inoltre allegato relativamente alla prova edometrica quanto segue:

- Le tabelle e grafici deformazione-tempo per i gradini di carico maggiormente significativi;
- La tabella dei dati finali di tutti i gradini di carico;
- Grafico tensione-deformazione in scala semilogaritmica;
- I grafici relativi al coefficiente di consolidazione  $c_v$ , il modulo edometrico  $M$  ed eventualmente, il coefficiente di permeabilità  $k$ ;

Una tabella riassuntiva dei dati relativi ai grafici indicati nei due punti precedenti

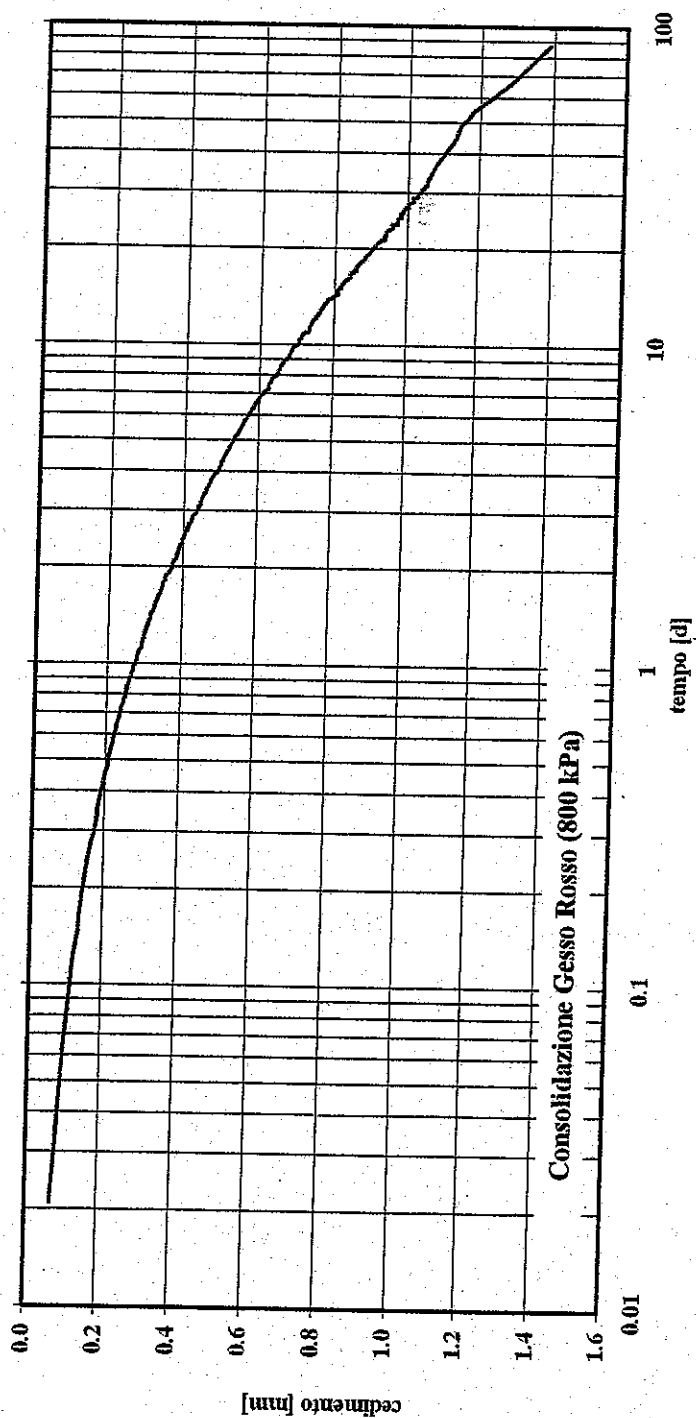
### Commenti alle prove effettuate.

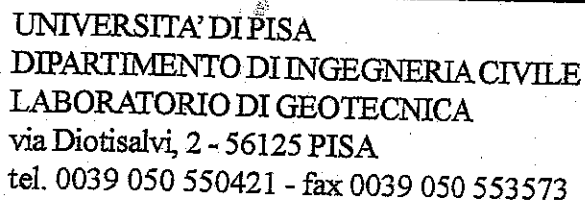
Come già evidenziato nella relazione del luglio 2006, probabilmente a causa della bassa permeabilità del materiale, il processo di consolidazione non risulta concluso nelle 24 ore. Tale evenienza comporta una sottostima dei parametri di compressibilità del materiale, qualora si adottino le procedure standard per i terreni. Per tale ragione, allo scopo di ottenere una stima più attendibile dei parametri di compressibilità del materiale, sono state eseguite tre prove edometriche effettuate mediante incrementi di carico applicati per un periodo concordato di 7 giorni.

I risultati delle tre prove effettuate confermano il previsto incremento di compressibilità del materiale dovuto al fatto che il cedimento di consolidazione non è esaurito dopo le 24 h convenzionali. L'incremento di compressibilità, evidenziato anche dai valori del modulo edometrico, può essere stimato in circa tre volte. Tuttavia, come mostrato dalle curve di consolidazione protratte ai previsti 7 giorni, il fenomeno della consolidazione non sembra ancora essere esaurito. Tale risultato, da ritenersi assolutamente eccezionale, è confermato in tutte le tre prove. In aggiunta alle tre prove concordate, una quarta prova, avviata a scopo precauzionale, ha consentito di indagare il comportamento evidenziato dalle altre prove oltre il limite dei 7 giorni. Il diagramma riportato nella pagina successiva riporta la curva cedimenti - tempo (logaritmica) dopo un periodo di ben 87 giorni nei quali il carico sul provino è stato mantenuto costante. In tale periodo non sembra che il materiale abbia raggiunto un significativo grado di consolidazione.



UNIVERSITA' DI PISA  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE  
LABORATORIO DI GEOTECNICA  
via Diotisalvi, 2 - 56125 PISA  
tel. 0039 050 550421 - fax 0039 050 553573





2007 ED001

Indice dei vuoti iniziale, $e_0$	-	1.611
Grado di Saturazione, $S$	%	76.42
Peso di volume iniziale, $\gamma$	kN/m <sup>3</sup>	16.11
Contenuto d'acqua iniziale, $W_n$	%	40.24
Peso di volume finale, $\gamma_f$	kN/m <sup>3</sup>	18.13
Contenuto d'acqua finale, $W_f$	%	41.48
Peso di volume secco, $\gamma_d$	kN/m <sup>3</sup>	11.49

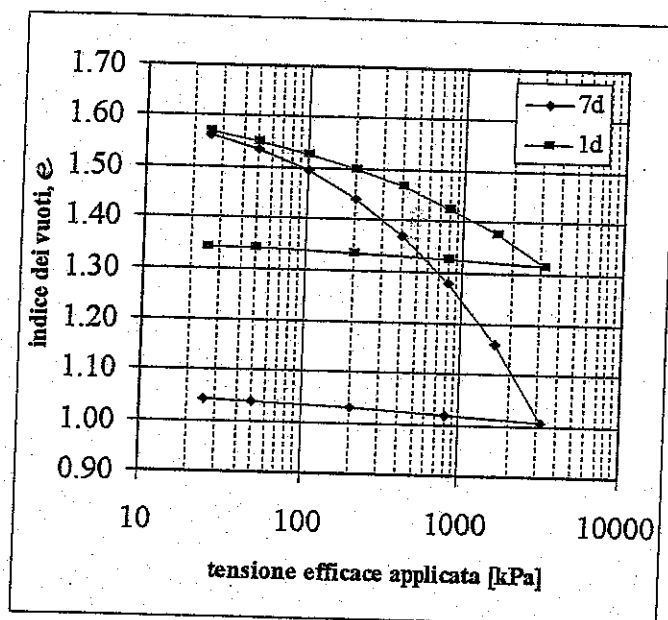
[illegible]

Tensioni applicate	cedimenti	H	H <sub>ave</sub>	e	M	Casagrande			Taylor	
[kPa]	[mm]	[mm]	[mm]	[-]	[MPa]	C <sub>v</sub>	k	C <sub>cs</sub>	C <sub>v</sub>	k
						[cm <sup>2</sup> /s]	[cm/s]	[-]	[cm <sup>2</sup> /s]	[cm/s]
0.0	0	20.00		1.611						
25.0	0.372	19.63	19.81	1.563	1					
50.0	0.594	19.41	19.52	1.534	2					
100.0	0.895	19.11	19.26	1.494	3					
200.0	1.297	18.70	18.90	1.442	5					
400.0	1.854	18.15	18.42	1.369	7					
800.0	2.561	17.44	17.79	1.277	10					
1600.0	3.445	16.55	17.00	1.161	15					
3200.0	4.622	15.38	15.97	1.008	21					
800.0	4.528	15.47	15.43	1.020						
200.0	4.448	15.55	15.51	1.030						
50.0	4.389	15.61	15.58	1.038						
25.0	4.370	15.63	15.62	1.041						

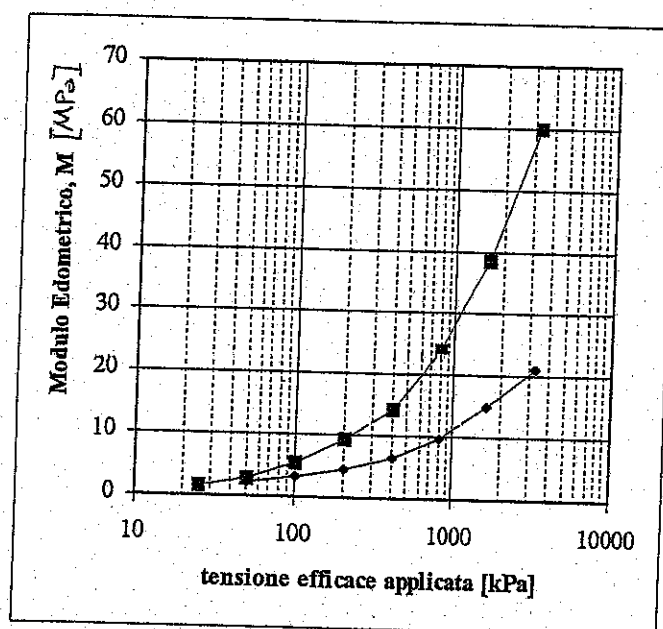


UNIVERSITA' DI PISA  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE  
LABORATORIO DI GEOTECNICA  
via Diotisalvi, 2 - 56125 PISA  
tel. 0039 050 550421 - fax 0039 050 553573

### Curve edometriche ad 1d ed a 7d



### Modulo edometrico ad 1d ed a 7d

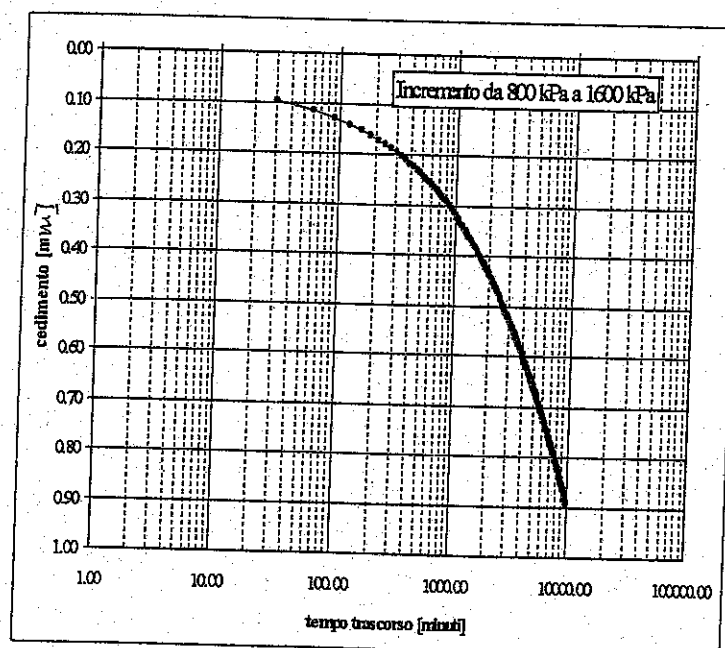
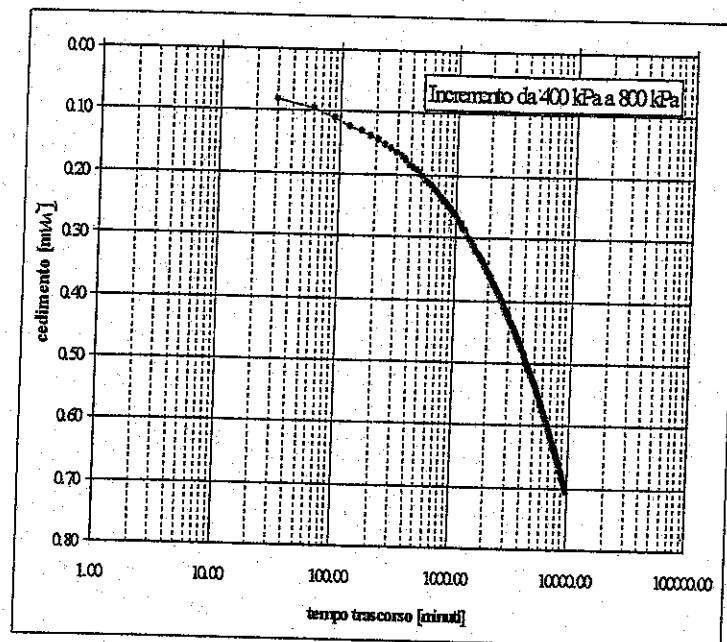






UNIVERSITA' DI PISA  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE  
LABORATORIO DI GEOTECNICA  
via Diotisalvi, 2 - 56125 PISA  
tel. 0039 050 550421 - fax 0039 050 553573

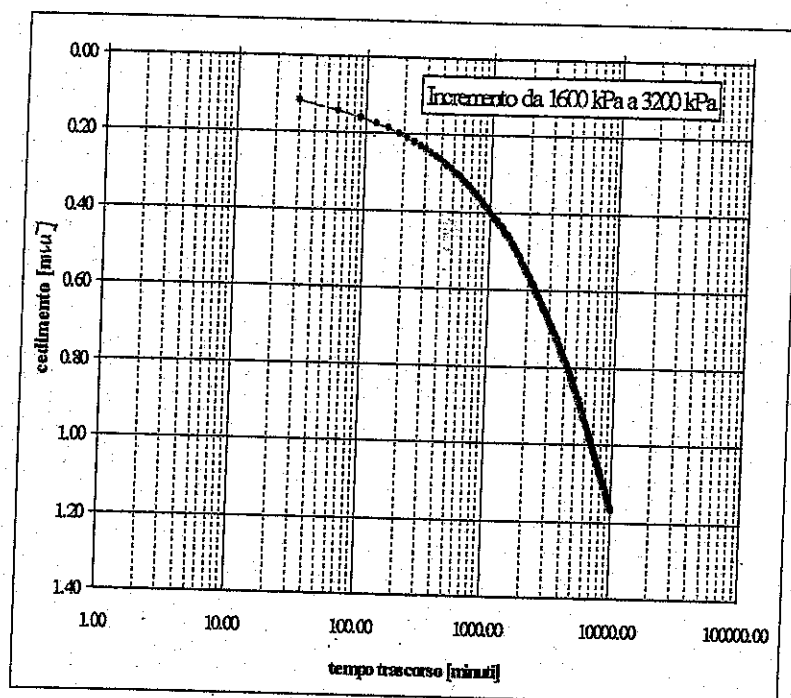
## Curve di consolidazione a 7d





UNIVERSITA' DI PISA  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE  
LABORATORIO DI GEOTECNICA  
via Diotisalvi, 2 - 56125 PISA  
tel. 0039 050 550421 - fax 0039 050 553573

## Curve di consolidazione a 7d





UNIVERSITA' DI PISA  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE  
LABORATORIO DI GEOTECNICA  
via Diotisalvi, 2 - 56125 PISA  
tel. 0039 050 550421 - fax 0039 050 553573

### Prova Edometrica ad Incrementi di Carico (IL)

n° 2007\_ED002

Peso umido iniziale	g	70.39
Peso umido finale	g	69.21
Peso secco	g	51.16
Altezza iniziale	mm	20.00
Altezza finale	mm	18.50
Diametro	mm	50.47
Peso specifico fase solida, $G_s$	-	3.00

Indice dei vuoti iniziale, $e_0$	-	1.346
Grado di Saturazione, $S$	%	85.42
Peso di volume iniziale, $\gamma$	kN/m <sup>3</sup>	17.59
Contenuto d'acqua iniziale, $W_n$	%	37.59
Peso di volume finale, $\gamma_f$	kN/m <sup>3</sup>	18.70
Contenuto d'acqua finale, $W_f$	%	35.28
Peso di volume secco, $\gamma_d$	kN/m <sup>3</sup>	12.79

### Sintesi dei dati a 1d

Tensioni applicate	cedimenti	H	$H_{ave}$	e	M	Casagrande			Taylor	
						Cv	k	$C_{as}$	Cv	k
[kPa]	[mm]	[mm]	[mm]	[-]	[MPa]	[cm <sup>2</sup> /s]	[cm/s]	[-]	[cm <sup>2</sup> /s]	[cm/s]
0.0	0	20.00		1.346						
25.0	0.243	19.76	19.88	1.318	2					
50.0	0.370	19.63	19.69	1.303	4					
100.0	0.513	19.49	19.56	1.286	7					
200.0	0.634	19.37	19.43	1.272	16					
400.0	0.756	19.24	19.31	1.258	32					
800.0	0.950	19.05	19.15	1.235	39					
1600.0	1.244	18.76	18.90	1.200	51					
3200.0	1.611	18.39	18.57	1.157	80					
800.0	1.593	18.41	18.40	1.159						
200.0	1.550	18.45	18.43	1.164						
50.0	1.521	18.48	18.46	1.168						
25.0	1.502	18.50	18.49	1.170						

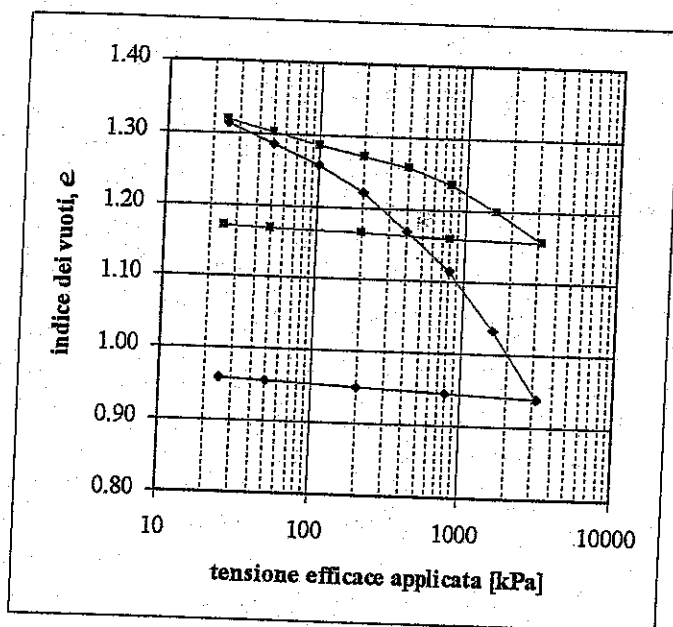
### Sintesi dei dati a 7d

Tensioni applicate	cedimenti	H	$H_{ave}$	e	M	Casagrande			Taylor	
						Cv	k	$C_{as}$	Cv	k
[kPa]	[mm]	[mm]	[mm]	[-]	[MPa]	[cm <sup>2</sup> /s]	[cm/s]	[-]	[cm <sup>2</sup> /s]	[cm/s]
0.0	0	20.00		1.346						
25.0	0.284	19.72	19.86	1.313	2					
50.0	0.510	19.49	19.60	1.286	2					
100.0	0.745	19.26	19.37	1.259	4					
200.0	1.074	18.93	19.09	1.220	6					
400.0	1.524	18.48	18.70	1.167	8					
800.0	1.976	18.02	18.25	1.114	16					
1600.0	2.666	17.33	17.68	1.033	20					
3200.0	3.464	16.54	16.94	0.940	33					
800.0	3.427	16.57	16.55	0.944						
200.0	3.371	16.63	16.60	0.951						
50.0	3.316	16.68	16.66	0.957						
25.0	3.297	16.70	16.69	0.959						

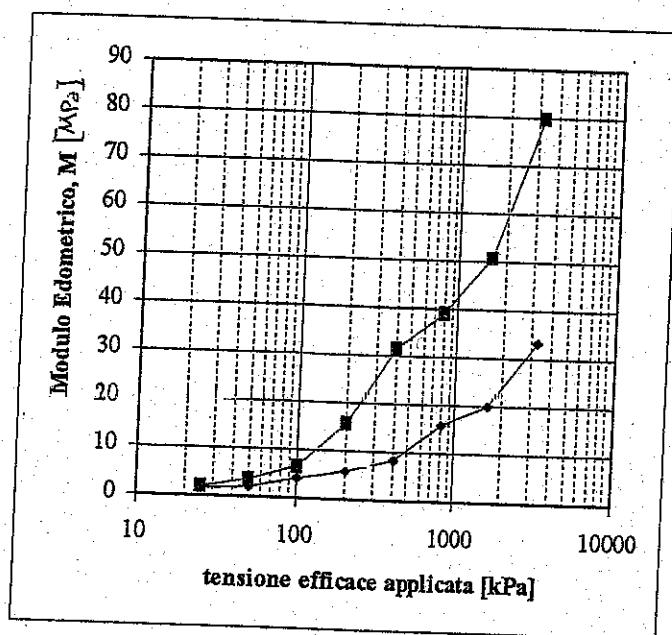


UNIVERSITA' DI PISA  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE  
LABORATORIO DI GEOTECNICA  
via Diotisalvi, 2 - 56125 PISA  
tel. 0039 050 550421 - fax 0039 050 553573

## Curve edometriche ad 1d ed a 7d



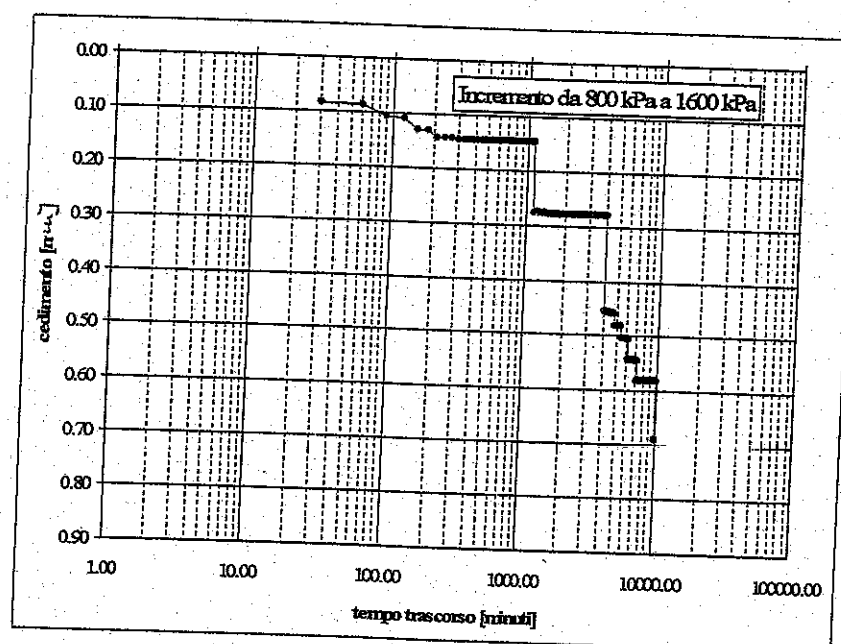
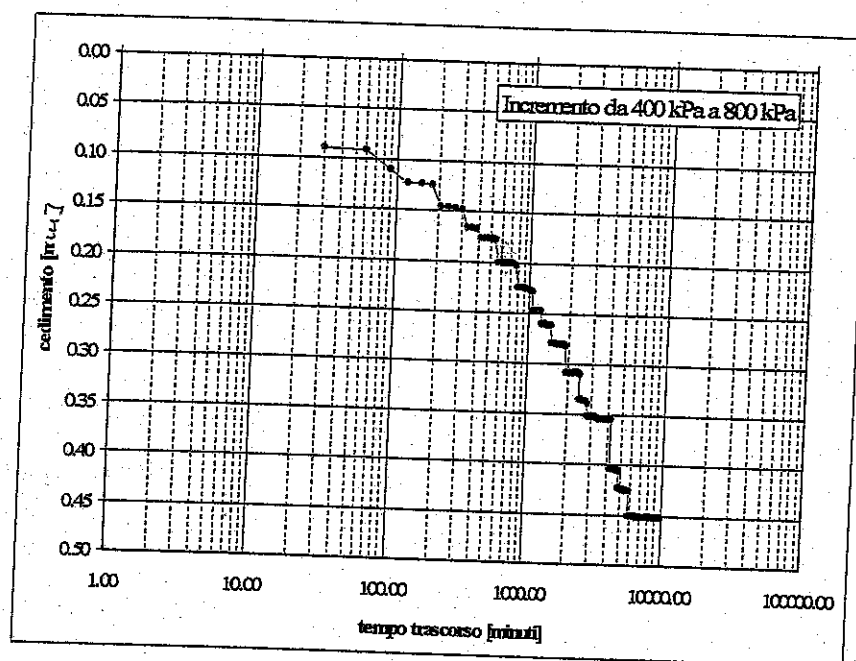
## Modulo edometrico ad 1d ed a 7d





UNIVERSITA' DI PISA  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE  
LABORATORIO DI GEOTECNICA  
via Diotisalvi, 2 - 56125 PISA  
tel. 0039 050 550421 - fax 0039 050 553573

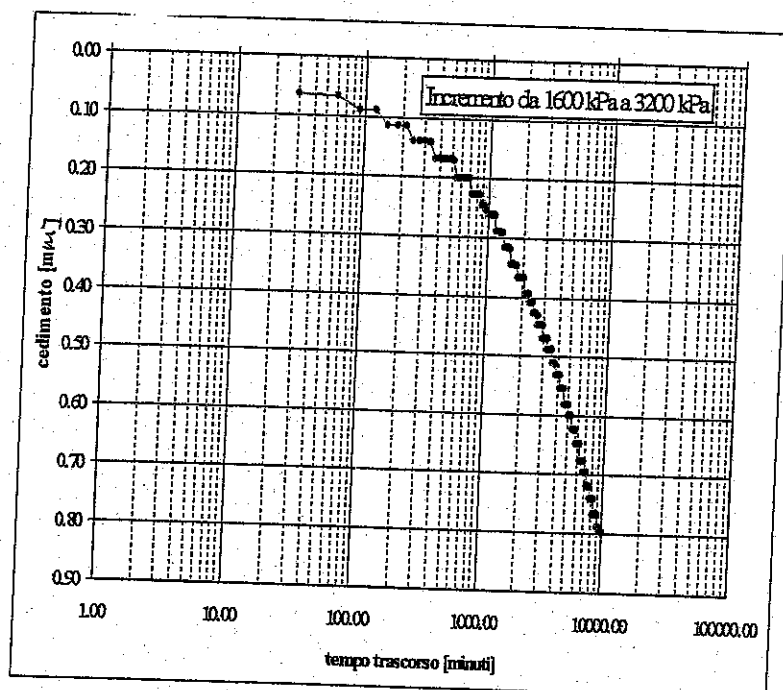
## Curve di consolidazione a 7d





UNIVERSITA' DI PISA  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE  
LABORATORIO DI GEOTECNICA  
via Diotisalvi, 2 - 56125 PISA  
tel. 0039 050 550421 - fax 0039 050 553573

## Curve di consolidazione a 7d





UNIVERSITA' DI PISA  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE  
LABORATORIO DI GEOTECNICA  
via Diotisalvi, 2 - 56125 PISA  
tel. 0039 050 550421 - fax 0039 050 553573

### Prova Edometrica ad Incrementi di Carico (IL)

n° 2007\_ED003

Peso umido iniziale	g	72.12
Peso umido finale	g	71.26
Peso secco	g	53.41
Altezza iniziale	mm	20.00
Altezza finale	mm	18.55
Diametro	mm	50.47
Peso specifico fase solida, Gs	-	3.00

Indice dei vuoti iniziale, $e_0$	-	1.247
Grado di Saturazione, S	%	85.92
Peso di volume iniziale, $\gamma$	kN/m <sup>3</sup>	18.03
Contenuto d'acqua iniziale, $W_n$	%	35.03
Peso di volume finale, $\gamma_f$	kN/m <sup>3</sup>	19.20
Contenuto d'acqua finale, $W_f$	%	33.42
Peso di volume secco, $\gamma_d$	kN/m <sup>3</sup>	13.35

Tensioni applicate	cedimenti	H	$H_{ave}$	e	M	Casagrande			Taylor	
						Cv	k	$C_{as}$	Cv	k
[kPa]	[mm]	[mm]	[mm]	[-]	[MPa]	[cm <sup>2</sup> /s]	[cm/s]	[-]	[cm <sup>2</sup> /s]	[cm/s]
0.0	0	20.00		1.247						
25.0	0.229	19.77	19.89	1.222	2					
50.0	0.373	19.63	19.70	1.205	3					
100.0	0.508	19.49	19.56	1.190	7					
200.0	0.666	19.33	19.41	1.173	12					
400.0	0.852	19.15	19.24	1.152	21					
800.0	1.074	18.93	19.04	1.127	34					
1600.0	1.333	18.67	18.80	1.098	58					
3200.0	1.646	18.35	18.51	1.062	94					
800.0	1.549	18.45	18.40	1.073						
200.0	1.493	18.51	18.48	1.080						
50.0	1.464	18.54	18.52	1.083						
25.0	1.451	18.55	18.54	1.084						

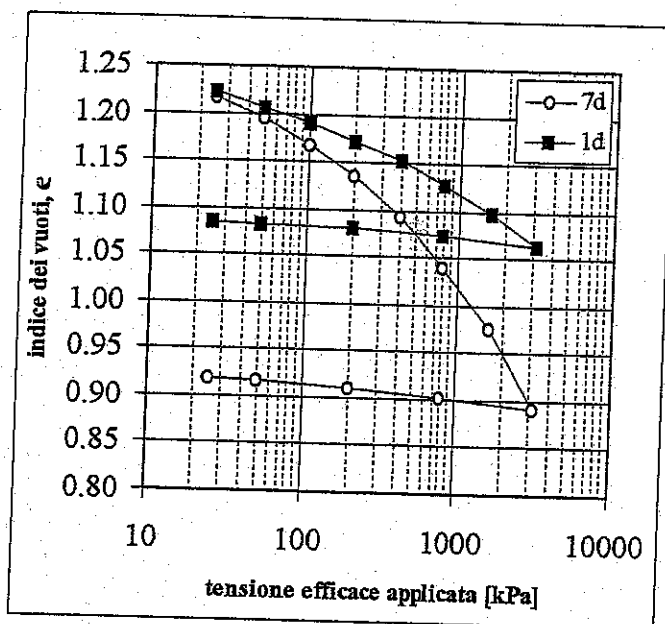
### Sintesi dei dati a 7d

Tensioni applicate	cedimenti	H	$H_{ave}$	e	M	Casagrande			Taylor	
						Cv	k	$C_{as}$	Cv	k
[kPa]	[mm]	[mm]	[mm]	[-]	[MPa]	[cm <sup>2</sup> /s]	[cm/s]	[-]	[cm <sup>2</sup> /s]	[cm/s]
0.0	0	20.00		1.247						
25.0	0.284	19.72	19.86	1.215	2					
50.0	0.469	19.53	19.62	1.195	3					
100.0	0.707	19.29	19.41	1.168	4					
200.0	0.998	19.00	19.15	1.135	7					
400.0	1.377	18.62	18.81	1.093	10					
800.0	1.843	18.16	18.39	1.040	16					
1600.0	2.417	17.58	17.87	0.976	25					
3200.0	3.167	16.83	17.21	0.891	36					
800.0	3.068	16.93	16.88	0.903						
200.0	2.996	17.00	16.97	0.911						
50.0	2.948	17.05	17.03	0.916						
25.0	2.927	17.07	17.06	0.918						

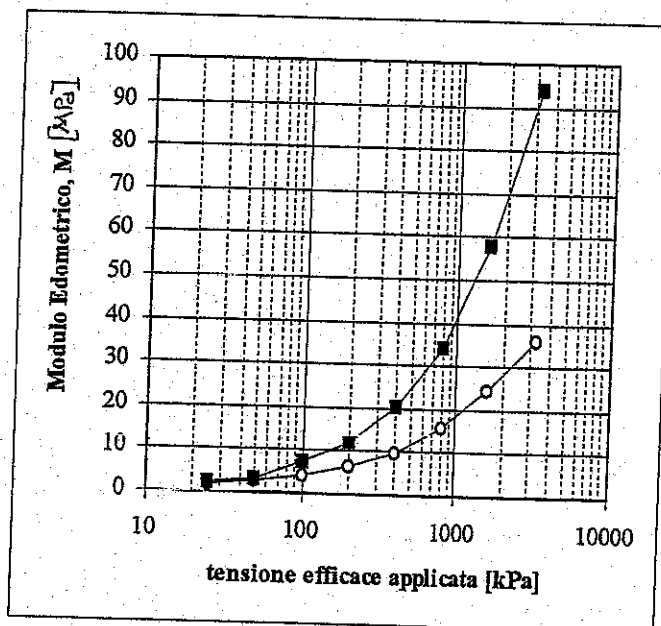


UNIVERSITA' DI PISA  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE  
LABORATORIO DI GEOTECNICA  
via Diotisalvi, 2 - 56125 PISA  
tel. 0039 050 550421 - fax 0039 050 553573

### Curve edometriche ad 1d ed a 7d



### Modulo edometrico ad 1d ed a 7d

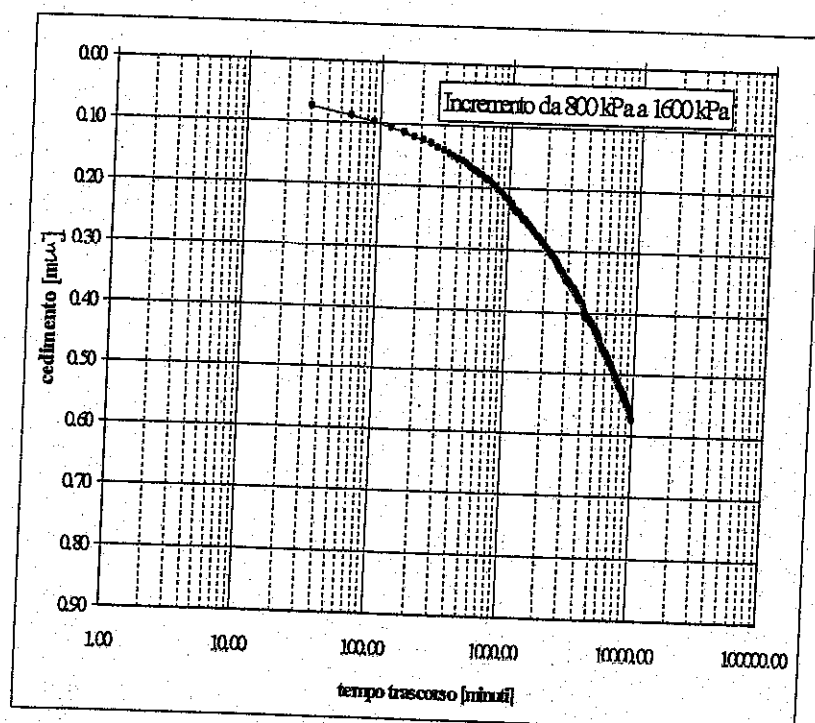
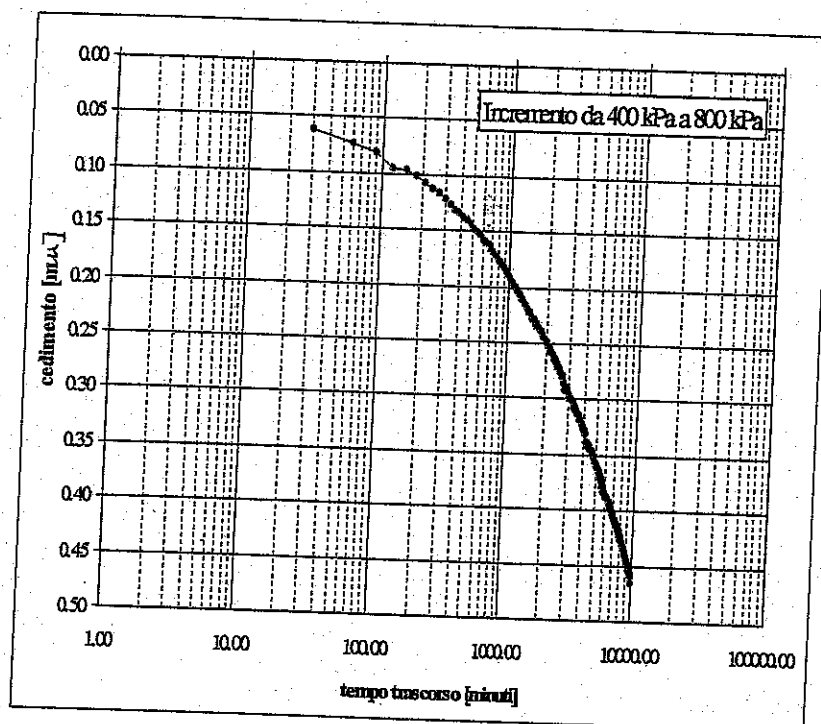






UNIVERSITA' DI PISA  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE  
LABORATORIO DI GEOTECNICA  
via Diotisalvi, 2 - 56125 PISA  
tel. 0039 050 550421 - fax 0039 050 553573

## Curve di consolidazione a 7d





UNIVERSITA' DI PISA  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE  
LABORATORIO DI GEOTECNICA  
via Diotisalvi, 2 - 56125 PISA  
tel. 0039 050 550421 - fax 0039 050 553573

### Curve di consolidazione a 7d

