

## 5. Preparazione dei provini e procedura di esecuzione delle prove

La campagna sperimentale ha avuto come oggetto di studio il comportamento meccanico di provini di argilla di Vasto e London clay, sia ricostituiti sia risedimentati in acqua distillata e soluzione satura di NaCl, mediante l'utilizzo di celle triassiali Bishop&Wesley da 38mm di diametro. Con la strumentazione a disposizione è possibile sottoporre i provini ai percorsi di carico necessari ad una approfondita ricerca.

Di seguito verranno illustrate le procedure per la preparazione del materiale argilloso, del provino, nonché i passi per posizionare lo stesso nella cella triassiale e progredire con lo svolgimento della prova. Verranno quindi esposte le condizioni di carico delle diverse fasi delle prove.

Verranno adottate le seguenti abbreviazioni per descrivere i percorsi di carico delle varie prove:

IC	consolidazione isotropa
K0c	consolidazione edometrica
DS	taglio drenato
US	taglio non drenato

### 5.1. Preparazione del materiale

Lo scopo stesso della ricerca ha portato alla necessità di avere un materiale la cui struttura fosse il più possibile indipendente dallo stato in situ, in modo da valutare i risultati esclusivamente sulla base della modalità di realizzazione del provino (ricostituito o risedimentato) e soprattutto del liquido dei pori utilizzato.

Al fine di ottenere un materiale il più possibile "ideale", vale a dire incondizionato da inclusioni o sostanze chimiche presenti nel terreno, il materiale è stato preventivamente setacciato e lavato. L'operazione di lavaggio è occorsa per eliminare qualsiasi precedente traccia di sali, in modo da non inficiare i risultati successivi.

Facendo riferimento anche alle curve granulometriche presentate nel capitolo precedente, si constata che l'alta percentuale di limo e argilla presente sia nell'argilla di Vasto sia nella London clay permette di ottenere un campione di materiale molto significativo, compiendo una setacciatura con un setaccio No. 200 di maglia 75  $\mu\text{m}$  (standard ASTM).

Raccolta la parte di materiale passante a 75  $\mu\text{m}$  in un recipiente capace, questa è stata sottoposta ad un'aggiunta di acqua pulita, un periodo di risedimentazione di due giorni e un prelievo della sospensione; così per circa 10-12 volte, fino a quando il liquido in sospensione non avesse un contenuto salino molto prossimo a quello dell'acqua.

A questo punto il prodotto è stato essiccato in forno a 105°C risultando pronto per l'uso.

## 5.2. Preparazione dei provini

Le prove dell'indagine sperimentale sono state compiute su provini di argilla ricostituiti e risedimentati. Lo scopo era quello di valutare come i due criteri provocassero delle fabric differenti che influenzassero a loro volta il comportamento meccanico del materiale.

Un materiale ricostituito è ricavato rimaneggiando un suolo naturale in modo tale da rompere i legami interparticellari, distruggere i piani di taglio, eliminare i macropori e creare una fabric il più omogenea possibile. Cotecchia & Chandler (1997) hanno mostrato come un terreno ricostituito non sia in realtà completamente destrutturato, ma avente una struttura dovuta alla sedimentazione delle particelle e dei legami presenti tra di esse (di natura elettrostatica o elettromagnetica).

Stallebrass, Atkinson e Mašín (2007) hanno investigato le differenze tra il comportamento di provini ricostituiti secondo il metodo tradizionale e risedimentati, per confrontarli con i campioni indisturbati, in quanto la struttura dei ricostituiti non è simile a quest'ultimi, in realtà soggetti a sedimentazione. I riscontri visivi hanno mostrato che i campioni sedimentati sono formati da una serie di piani di sedimentazione gradati.

Di seguito viene presentata la modalità di preparazione del materiale da consolidare seguendo le procedure differenziate per ricostituiti e risedimentato. Va premesso che in entrambi i casi lo slurry preparato mescolando l'argilla secca con la soluzione, lasciato 'a riposo' per una notte per ottenere una miscela più uniforme e poi nuovamente lavorato per lungo tempo. In questo modo non si sono riscontrate presenze di discontinuità dovute a materiale non disgregatosi.

### *Provini ricostituiti*

Burland (1990) ha suggerito di preparare un materiale ricostituito miscelandolo con acqua (o con un fluido dei pori analogo a quello in sito, se lo scopo è avere un materiale di riferimento per il terreno naturale) e creando uno slurry con un contenuto d'acqua compreso tra il limite liquido e 1.5 volte il limite liquido. Esso va poi consolidato preferibilmente in condizioni monodimensionali.

In questo studio, per preparare i provini ricostituiti, l'argilla è stata miscelata con il fluido in modo da ottenere un contenuto d'acqua iniziale dello slurry pari a 1.5 volte il limite liquido.

Successivamente lo slurry viene collocato nella cella del consolidometro, avendo cura di non permettere all'aria di rimanere intrappolata all'interno del provino, aggiungendo quindi piccole quantità di materiale per volta ed eliminando le cavità formatesi, con una spatola.

#### *Provini risedimentati*

La preparazione dei provini risedimentati, invece, ha previsto la creazione di uno slurry con un contenuto d'acqua iniziale pari a circa 3 volte il limite liquido. In alcuni casi il contenuto d'acqua era leggermente inferiore, per permettere il posizionamento di una quantità sufficiente di materiale; considerando il valore maggiore del limite liquido dell'argilla di Londra rispetto agli altri casi, si può ben comprendere come il volume dello slurry iniziale fosse a sua volta maggiore. Al termine della fase di consolidazione, comunque, questa leggera differenza non ha prodotto variazioni rilevanti, in quanto l'indice dei vuoti del materiale consolidato non ha riscontrato differenze. Durante la fase di inserimento nel consolidometro piccole quantità di slurry sono state introdotte a più riprese, e per evitare che aria rimanesse all'interno del 'fluido', ogni volta il materiale è stato leggermente smosso in modo da far risalire in superficie le bolle d'aria. Durante le prime prove si è collaudato un altro metodo, mettendo la cella sotto vuoto, ma è risultato essere troppo macchinoso e al contempo poco efficace. Nel corso delle prime prove si è infatti riscontrato come una scarsa meticolosità adottata nella deposizione del materiale nella cella portasse a un'elevata presenza di pori vuoti, come si può notare nella Fig. 5.1, dove argilla di Vasto è stata fatta risedimentare in soluzione satura di NaCl. La problematica riscontrata in questa prova ha comunque messo in evidenza la fabric del materiale risedimentato.



**Fig. 5.1 Materiale a fine consolidazione a seguito di un errato metodo di realizzazione**

Di seguito lo slurry viene lasciato depositare per alcuni giorni, fino al raggiungimento di un volume dei sedimenti costante. Come riscontrato nelle prove di sedimentazione nei cilindri graduati, la

velocità di deposizione dei sedimenti aumenta all'aumentare della molarità della soluzione. Ne risulta che, mentre i risedimentati in soluzione satura di NaCl necessitavano di soli 3-4 giorni per sedimentare completamente quelli in acqua distillata ne prevedevano 8-10.

Alla fine della fase di sedimentazione

Fig. 5.2 (a), ossia quando la sospensione al di sopra dell'argilla sedimentata è sufficientemente priva di particelle, la soluzione va prelevata, prestando attenzione a non disturbare il terreno sottostante.

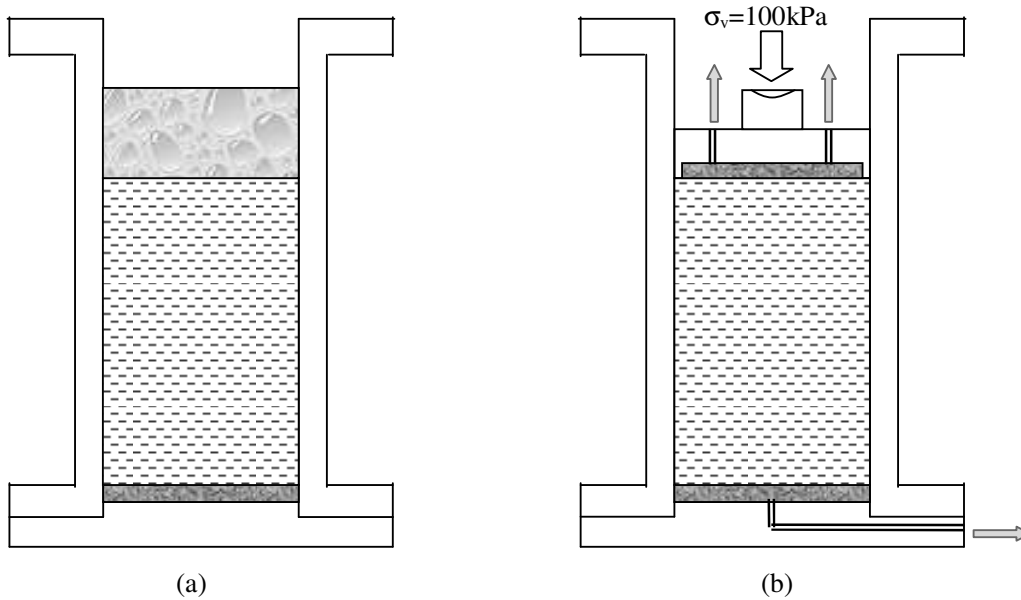


Fig. 5.2 Materiale (a) risedimentato nel consolidometro e (b) sottoposto alla tensione verticale di 100kPa

Resta inteso che, a differenza di diversi studi, si è tenuto conto del fatto che un fluido interstiziale differente comportasse anche un valore differente del limite liquido e così del contenuto d'acqua iniziale dello slurry.

	Materiale	Fluido interstiziale	Limite liquido	Contenuto d'acqua iniziale dello slurry
			LL [%]	$w_0$ [%]
<i>ricostituiti</i>	Argilla di Vasto	acqua distillata	49.15	73.72
		soluzione satura di NaCl	42.05	63.08
	London clay	acqua distillata	66.94	100.41
		soluzione satura di NaCl	57.21	85.82
<i>risedimentati</i>	Argilla di Vasto	acqua distillata	49.15	147.45
		soluzione satura di NaCl	42.05	126.15
	London clay	acqua distillata	66.94	200.82
		soluzione satura di NaCl	57.21	171.63

**Tab. 5.1** Contenuti d'acqua iniziali degli slurry per le diverse prove

Nella Tab. 5.1 sono indicati i contenuti d'acqua iniziale degli slurry per tutte le combinazioni di materiale (argilla di Vasto e Londra), di modalità di preparazione e di fluido interstiziale. Si può notare, dal range di  $w$ , come ciò implichi, oltre ad una marcata differenza nella consistenza dello slurry, anche la necessità di lavorazioni differenti.

Da questo punto il processo di consolidazione è identico per i provini ricostituiti e risedimentati.

Poggiata la piastra di carico sulla superficie del materiale, viene applicata una tensione verticale di 100kPa tramite il pistone di carico. I fori sulla testa di carico e il drenaggio inferiore della cella aperti permettono al fluido di defluire verso l'esterno e di mantenere una pressione nei pori prossima allo zero in corrispondenza delle basi (Fig. 5.2 (b)). La pressione in eccesso che si sviluppa al centro del provino si dissiperà durante il processo di consolidazione.

Quest'ultimo sarà dissimile nelle due tipologie di campioni, come si può notare dalla Tab. 5.2, dove vengono confrontate le variazioni dei contenuti d'acqua prima e dopo la consolidazione di provini risedimentati e ricostituiti di London clay. I contenuti d'acqua sono stati normalizzati rispetto al limite liquido corrispondente.

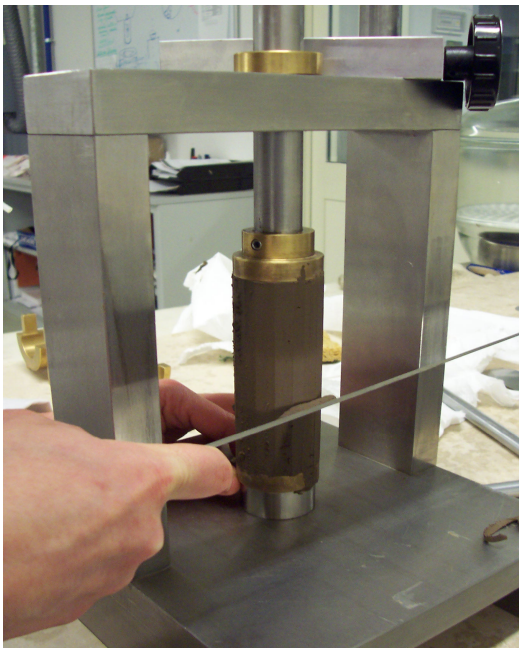
Analizzando innanzitutto i campioni risedimentati a conclusione della sedimentazione si ha, a parità di rapporto iniziale  $w/LL$ , un valore leggermente superiore per quelli in acqua distillata, come era ovvio aspettarsi data la struttura più dispersa. Questo divario permane anche a seguito della consolidazione a  $\sigma_v=100kPa$ , i rapporti  $w/LL$  tendono comunque ad avvicinarsi. Così come accade per i provini ricostituiti, per cui la differenza finale è però lievemente più marcata. Paragonando le quattro tipologie di provini si rileva comunque che a fine consolidazione gli indici dei vuoti non variano molto da caso a caso. Partendo dalla stessa quantità iniziale di argilla (secco), pari a 600g, si ottengono campioni all'incirca delle stesse dimensioni.

	Fluido interstiziale	$w$ (iniziale) LL	$w$ (fine risedim) LL	$w$ (fine consolidazione) LL
<i>ricostituiti</i>	acqua distillata	1.5	-	0.76
	soluzione satura di NaCl	1.5	-	0.62
<i>risedimentati</i>	acqua distillata	3	2.32	0.73
	soluzione satura di NaCl	3	1.95	0.67

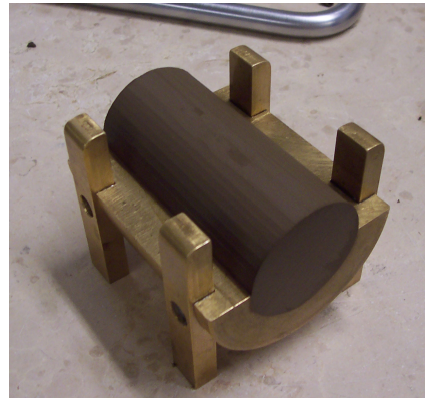
**Tab. 5.2** Contenuti d'acqua dei provini (normalizzati rispetto al LL) prima e dopo la riconsolidazione (London clay)

Alla fine della consolidazione il materiale viene estruso e dapprima modellato su un tornio tramite una sega a filo e una lama affilata per quanto riguarda la superficie laterale (diametro 38mm), successivamente inserito in una mould per ottenere un'altezza corretta del provino pari a 76mm e le basi piane e parallele (Fig. 5.3). Questa fase va eseguita in tempi ristretti, per evitare un fenomeno di creep post-consolidazione. In questa sede, dal campione estruso viene prelevato del materiale e ne viene calcolato il contenuto d'acqua, che sarà poi quello utilizzato come  $w$  iniziale nell'analisi dei dati delle prove triassiali.

Durante le prove preliminari erano state condotte prove di consolidazioni a tensioni verticali inferiori, 50kPa e 75kPa, ma l'eccessivo contenuto d'acqua finale rendeva impossibile lavorare il materiale e creare un provino. Si è dovuto quindi optare per un aumento della tensione verticale applicata, nonostante ciò causi, durante le prove triassiali, un campo più lungo di sovraconsolidazione del materiale e la conseguente necessità di portare le fasi di carico successive a livelli tensionali maggiori per raggiungere la NCL.



(a)



(b)

**Fig. 5.3 Realizzazione del provino dal materiale consolidato: (a) lavorazione al tornio (b) parificazione delle basi con la mould**

Anche l'operazione di creazione del campione va eseguita in tempi brevi, pochi minuti, considerando in aggiunta la necessità di non variare il contenuto d'acqua del provino.

Di seguito i provini così realizzati vengono pesati, misurati e inseriti nella membrana corredata dell'alloggio per la mid-height-probe mediante un tendi-membrana. Vengono poi posizionati nella cella triassiali con le pietre porose sature e la carta da filtro alle basi, avendo cura di non lasciare aria intrappolata all'interno del sistema. Sulla base, tra carta da filtro e provino, viene posizionato un sottile cerchietto di acciaio che tiene il provino leggermente sollevato fintanto che non viene sottoposto a carichi rilevanti, il tutto per evitare fenomeni di cavitazione. Questa fase è la più delicata per quanto riguarda il mantenimento dell'integrità del campione.

A questo punto la mid-height-probe viene installata sulla superficie del provino, sistemando uno strato di un paio di millimetri di caolino saturo tra sonda e provino, in modo tale da mantenere la sonda satura e a perfetto contatto con il campione.

In posizione diametralmente opposta alla sonda vengono incollati sulla membrana, a cavallo della mezzeria del provino, anche gli inclinometri, per la misura delle deformazioni assiali locali.

A questo punto si può procedere con la chiusura della cella e l'imposizione dello stato tensionale iniziale.

### **5.3. Procedura di esecuzione delle prove triassiali**

In questa campagna erano a disposizione due celle triassiali, che hanno permesso la realizzazione di diversi percorsi di carico, essendo dotate di un'estrema versatilità.

Si ricorda che ciascuna cella è stata adibita alle prove condotte con un solo fluido dei pori: una con acqua distillata e una con soluzione satura di NaCl, circolanti nel sistema di drenaggio. Le procedure di prova sono comunque identiche nei due casi. Cambiano invece, come si vedrà più avanti, i tempi di esecuzione.

In questo paragrafo verranno illustrate le modalità di esecuzione delle diverse fasi componenti le prove triassiali, quali saturazione, compressione isotropa, compressione edometrica, taglio drenato e taglio non drenato.

#### **5.3.1. Saturazione**

L'importanza di avere un provino saturo dipende dal fatto che la corretta misura della pressione dei pori è possibile solo in questa condizione, in celle triassiali standard. Diversamente, se bolle d'aria fossero presenti all'interno del fluido, sarebbero a pressioni diverse da quelle del fluido stesso, comportando difficoltà nella determinazione di  $u$ . Il principio della saturazione si basa sull'imporre una pressione interstiziale tale per cui l'acqua assorba in soluzione l'eventuale aria presente. Il metodo più comune è quello di applicare una 'back pressure' a scalini, aumentando di pari passo la

pressione di cella. In seguito la pressione dei pori non dovrebbe essere riportata sotto i 150-200kPa, per evitare che le bolle d'aria si decomprimano e sprigionino (Head, 1986).

Nella presente ricerca questi inconvenienti sono stati eliminati, prima di tutto perché utilizzando provini risedimentati e ricostituiti, questi dovrebbero essere già saturi, inoltre si utilizza, all'interno dell'impianto di drenaggio della cella un fluido deaerato.

Tenendo però conto delle considerazioni precedenti, una volta riempita la cella, la pressione di cella viene gradualmente portata a 420kPa (in condizioni non drenate) e quella dei pori, per mezzo del volumometro viene imposta a 400kPa, in modo da applicare al provino una  $\sigma'_v$  pari a 20kPa. Questo è un valore sufficiente affinché il provino non rigonfi durante la fase di saturazione. La pressione di 400kPa è la stessa utilizzata in seguito durante le prove drenate.

Va annotato che in alcune prove eseguite su materiale in soluzione satura di NaCl, la back pressure utilizzata non è stata di 400kPa, bensì di 300kPa, a causa della sostituzione della mid-height-probe con una avente pressione massima di esercizio inferiore.

#### *B-TEST*

Per valutare il grado di saturazione del provino si ricorre al calcolo del coefficiente di Skempton B.

Nei problemi inerenti la resistenza al taglio dei suoli è conveniente esprimere l'incremento di pressione interstiziale  $\Delta u$  in funzione delle variazioni degli sforzi totali applicati  $\Delta\sigma_a$  (tensione assiale) e  $\Delta\sigma_r$  (pressione di cella). Dalla relazione proposta da Skempton (1954) risulta

$$\Delta u = B \cdot [\Delta\sigma_r + A \cdot (\Delta\sigma_a - \Delta\sigma_r)] \quad (5.1)$$

dove A e B sono coefficienti introdotti da Skempton; questi sono misurati sperimentalmente in test triassiali non drenati scegliendo opportunamente  $D_{sa}$  e  $D_{sr}$

Per terreni parzialmente saturi

$$B = \frac{1}{1 + \frac{n \cdot C_v}{C_c}} \quad (5.2)$$

$C_c$  = compressibilità dello scheletro solido

$C_v$  = compressibilità del fluido nel vuoto

Per terreni saturi risulta quindi  $B=1$  e per terreni secchi  $B=0$ .

Per calcolare praticamente il grado di saturazione, mantenendo il provino in condizioni non drenate si aumenta velocemente la pressione di cella, di circa 50 kPa. Misurando la variazione della pressione interstiziale del provino indotta da tale incremento, è stato possibile calcolare il



coefficiente B. Già dopo 12 ore si sono ottenuti effetti soddisfacenti per tutte le prove, con un coefficiente B pari a  $0.97 \div 0.99$ . B è stato calcolato sia considerando come pressione dei pori quella misurata sia con il volumometro (back pressure) sia con la mid-height probe, ottenendo risultati analoghi.

### 5.3.2. Stress paths

I percorsi di carico seguiti durante le indagini sperimentali sono quelli atti a determinare i parametri meccanici di compressibilità e resistenza al taglio per le argille. Prove analoghe sono state quindi realizzate sui provini ricostituiti e risedimentati con le due soluzioni impiegate.

Nella fattispecie le varie tipologie di prove possono essere così riassunte, suddivise per singoli percorsi di carico:

- 1) Compressione isotropa seguita da taglio drenato
- 2) Compressione edometrica seguita da taglio drenato
- 3) Compressione edometrica seguita da taglio non drenato

Vengono ora presentate le procedure di esecuzione di tali percorsi di carico, precisando nel paragrafo successivo il perché di alcuni accorgimenti adottati, a seguito di alcune prove compiute.

#### *Compressione isotropa*

Consiste in un aumento della tensione sferica  $p'$  in condizioni drenate, fino al raggiungimento di un dato livello tensionale. L'incremento di  $p'$  è realizzato aumentando la pressione di cella a velocità controllata, sulla base della pressione in eccesso  $u^e$  (data come la differenza tra pressione al centro e alle basi) accumulatasi ad ogni step di carico (vedi §5.3.3). Imponendo un valore limite che può assumere la  $u^e$  il successivo step di carico viene realizzato solo quando  $u^e$  è inferiore a tale limite.

#### *Compressione edometrica*

In questa fase viene incrementato il carico assiale, mantenendo le deformazioni radiali nulle, variando la pressione di cella, a simulare una prova di consolidazione in un edometro.

Le deformazioni radiali sono determinate sulla base dell'entità delle deformazioni assiali e volumetriche, non disponendo di un trasduttore di misura radiale:

$$\dot{\epsilon}_r = \frac{1}{2}(\dot{\epsilon}_v - \dot{\epsilon}_a) = 0 \quad (5.3)$$

La velocità di carico è stata regolata con le stesse modalità della compressione isotropa (vedi §5.3.3)

I parametri che si possono ricavare da una prova di questo tipo sono:

- variazione dell'indice dei vuoti  $e$
- coefficiente di spinta a riposo  $K_0$
- permeabilità  $k$
- angolo di resistenza al taglio  $\phi'$
- velocità di consolidazione
- Parametri di compressibilità in condizioni edometriche:
  - coefficiente di compressibilità volumetrica  $m_v$  (modulo di deformazione edometrica  $1/m_v$ )
  - coefficiente di consolidazione  $c_v$
  - indice di compressione  $c_c, \lambda$

#### *Taglio drenato*

A partire dalle condizioni di stato tensionale alla fine dei precedenti percorsi di carico il provino è tagliato utilizzando la CRSP (Constant Rate Strain Pump), a velocità di deformazione controllata, pari a 0.02%/ora. Essendo in condizioni drenate il controllo imposto per la velocità di carico è simile a quello dei casi precedenti.

I parametri che si possono ricavare da una prova di questo tipo sono:

- modulo di elasticità normale  $E'$
- deformazioni
- dilatanza  $d$
- velocità di carico e pressione in eccesso  $u^e$

Allo stato critico:

- modulo  $M_{cs}$
- angolo di resistenza al taglio  $\phi'_{cs}$

#### *Taglio non drenato*

È analogo al taglio drenato in quanto imposizione del carico assiale, ma a drenaggi chiusi, a deformazioni volumetriche impedito. Particolare importanza assume quindi l'entità dell'aumento della pressione interstiziale e come si differenzia alle basi e a centro provino.

I parametri che si possono ricavare da una prova di questo tipo sono simili a quelli del taglio drenato, a cui va aggiunto il modulo di elasticità normale non drenato  $E_u$ . Non ha senso invece determinare la dilatanza del materiale.

Per quanto riguarda le fasi di taglio, la prova ha avuto termine dopo il superamento dello stato critico, a deformazioni volumetriche costanti e aumento delle deformazioni assiali.

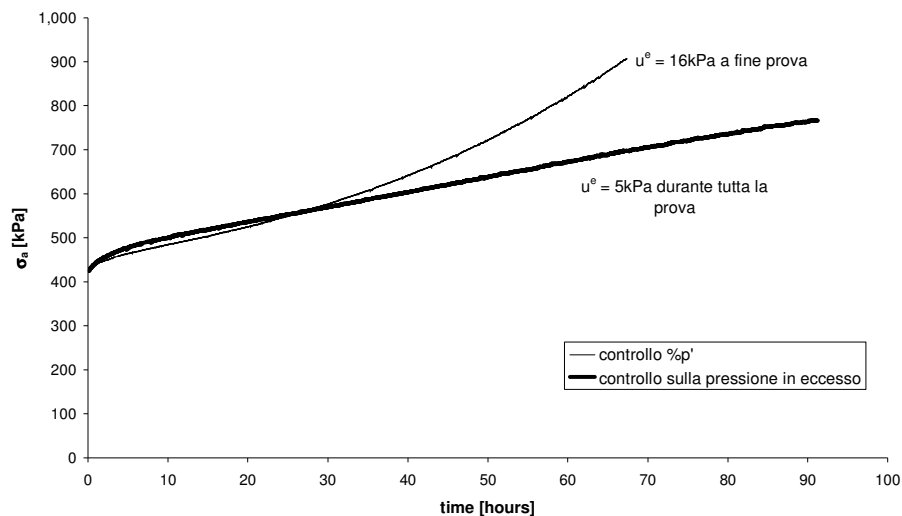
Al termine delle prove va annotata una particolare attenzione nello scarico e nel prelievo del provino dalla cella, per mantenere il contenuto d'acqua il più vicino possibile a quello di fine prova. L'analisi dei dati va infatti eseguita fondandosi sul valore dell'indice dei vuoti finale. Quest'ultimo viene calcolato, sia considerando una parte di materiale prelevata dal centro del provino, di cui ne viene calcolato il  $w$ .

### 5.3.3. Test preliminari

Le procedure appena esposte sono frutto di criteri standard, ma anche di una serie di test preliminari condotta per esaminare l'influenza di vari effetti, esposti di seguito.

#### Modalità di controllo della fase di consolidazione

Tutte le prove triassiali sono state condotte con l'utilizzo di una "mid-height probe", una sonda piezometrica collocata sulla superficie laterale del provino. È permesso il drenaggio da entrambe le basi che sono soggette ad una pressione regolata dal volumometro, mentre la sonda piezometrica misura la pressione di fluido nei pori a metà altezza del provino. Tramite queste misure realizzate durante alcune prove comparative di tipo edometrico, è stato possibile determinare come il controllo automatico potesse regolare al meglio la velocità di carico.



**Fig. 5.4 Confronto di percorsi edometrici a differente controllo sulle pressioni, per la determinazione della velocità di carico**

Gli incrementi di tensione verticale, di fatto, possono susseguirsi ad intervalli di tempo basati sulla dissipazione o del valore assoluto della pressione dei pori in eccesso  $u^e$  (data come la differenza tra pressione al centro e alle basi e mantenuta al di sotto dei 5kPa) o di una quota parte della tensione sferica applicata (ad es. 5% di  $p'$ ). Si è optato per la prima soluzione, in quanto l'incremento delle

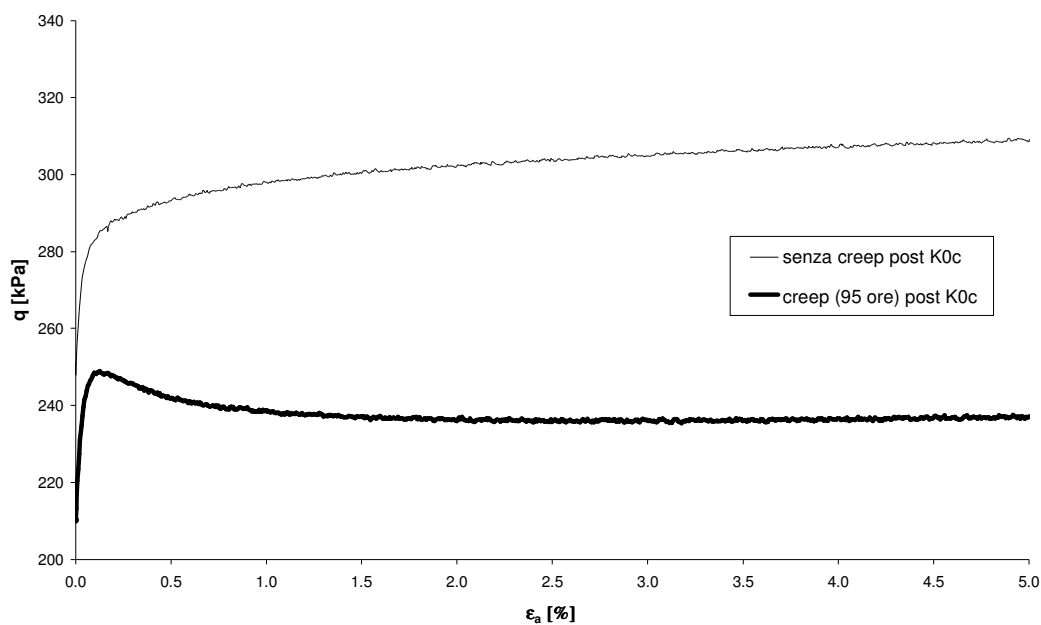
tensioni risultava essere più uniforme, inoltre, ad elevati valori di tensioni applicate, l'altra opzione avrebbe portato ad una pressione in eccesso troppo elevata in termini assoluti (Fig. 5.4).

Purtroppo ciò ha portato anche ad una durata della fase di consolidazione più elevata.

Gli stessi criteri utilizzati per la compressione edometrica sono stati adottati anche per le altre fasi di carico drenato, compressione isotropa e taglio drenato. Per quest'ultimo, però il valore limite di pressione in eccesso non era più di 5kPa, bensì di 10kPa, plausibilmente con i livelli tensionali maggiori.

#### *Effetti di creep post-consolidazione edometrica*

Le prove triassiali presentate in questo studio sono state condotte non interponendo tempo tra un percorso di carico e l'altro, come ad esempio tra consolidazione edometrica e fase di taglio. Si è comunque deciso di studiare l'effetto che un eventuale creep potesse causare sullo stress path successivo. Per questo motivo, in alcune prove, alla fine della K0c, sono state mantenute costanti la tensione verticale efficace, così come le deformazioni radiali, permettendo al provino di subire delle deformazioni assiali dovuti a fenomeni di tipo viscoso. Il comportamento della consecutiva fase di taglio è stata poi comparata con quello di una prova standard.



**Fig. 5.5 Confronto tra percorsi di taglio non drenato a seguito di una compressione edometrica con e senza creep (argilla di Vasto ricostituita in soluzione satura NaCl)**

In Fig. 5.5 sono indicate le curve  $q$ - $\epsilon_a$  di un taglio non drenato realizzato su provini ricostituiti in soluzione satura di NaCl sia immediatamente dopo una K0c sia lasciando trascorrere un periodo di creep di 95 ore dopo di essa. Risulta ben evidente come la viscosità abbia irrigidito in maniera

rilevante il provino. Inoltre considerando che  $\dot{\sigma}'_a = 0$  e che le deformazioni radiali sono impedito ( $\dot{\sigma}'_r > 0$ ) e permesse quelle assiali si avrà

$$\frac{\dot{q}}{\dot{p}'} = \frac{3(\dot{\sigma}'_a - \dot{\sigma}'_r)}{(\dot{\sigma}'_a + 2\dot{\sigma}'_r)} = -\frac{3}{2} \quad (5.4)$$

per cui  $p'$  diminuisce e  $q$  aumenta. Lo stato tensionale cambia e la fase di taglio inizia a un valore di deviatore maggiore (a parità di stato tensionale alla fine di K0c); sempre dalla Fig. 5.5 si può vedere che questo valore è pari a 210kPa per la prova senza creep e 250kPa per la prova con il creep. Da queste considerazioni nasce l'attenzione con cui evitare che fenomeni di tipo viscoso si instaurino durante i percorsi di carico.

