

2. Literature review

Diversi autori (p.es. di Maio (1996, 2001), di Maio e Fenelli (1994), Anandarajah (2000), Moore (1991)) hanno studiato l'effetto della presenza di sale nel fluido interstiziale su alcuni aspetti della risposta tenso-deformativa delle argille.

Tuttavia molte di rilevanze sperimentali sono limitate a prove condotte su apparecchiature poco complesse, quali edometro o apparecchio di taglio diretto, principalmente a causa della difficoltà nell'uso di una soluzione diversa dall'acqua distillata come fluido nei pori.

Studi sperimentali e teorici hanno dimostrato che il comportamento meccanico delle argille è controllato dalla molarità della soluzione salina interstiziale. Ad esempio di Maio et al. (1994, 2004) hanno mostrato come l'indice di compressione e la resistenza a taglio non drenata varino con la concentrazione salina.

2.1. Struttura delle argille

Dalla definizione data da Lambe&Whitman (1969), si definisce struttura delle argille l'insieme formato da fabric, ovvero il modo in cui si dispongono (arrangement) le particelle argillose, e i bonding, ovvero i legami interparticellari di natura non puramente frizionale (dovuti a cementazione, interlocking, forze elettrostatiche).

Sides and Barden (1970) hanno formulato una classificazione delle fabric principali (Fig. 2.1), suddividendole nelle forme:

- Flocculata: quando è presente una forza elettrica di attrazione tra le particelle di argilla. I contatti tra le particelle sono del tipo spigolo-faccia . Può essere diversificata ulteriormente in 'cardhouse' (se le particelle sono disposte singolarmente) e 'bookhouse' (se le particelle sono disposte parallelamente, in gruppi)
- Dispersa: si formano dei pacchetti di particelle di argilla disposte pressochè parallelamente, dovuti a una forza elettrica negativa sviluppatasi durante la deposizione
- Turbostatic: è una condizione intermedia; si ha presenza di contatti spigolo-faccia e di pacchetti con particelle fortemente orientate

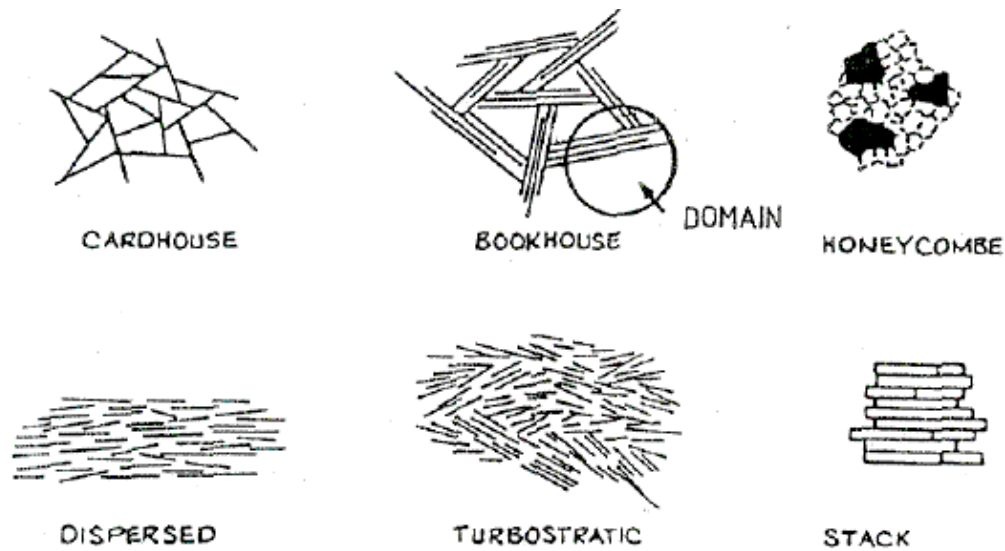


Fig. 2.1 Classification of fabric (Sides & Barden, 1970)

La fabric include disomogeneità, piani di sedimentazione, particolari distribuzioni delle particelle e fessure (Coop et al., 1995).

Il bonding è dato dalla combinazione delle forze che tendono a legare le particelle. Possono essere di natura fisica o chimica, elettrostatica o elettromagnetica.

Clay particles are very small and interact in complex way, so clays are often regarded as continuum materials. A clay particle is formed of a sequence of structural units constituted of minerals of hydrated layered silicates of aluminium and magnesium, which have a more or a less stable spacing depending on the strength of the links between the units. The constituent layers and the links between them define different minerals, such as kaolinites, illites and chlorite, which have stable structures due to strong links between the units, and smectite which has un-stable structure, as the basal links are provided by hydrated cations as shown in Fig. 2.2 (Veniale, 1985; Blyth and De Freitas, 1984). The orientation and distribution of these particles in a soil mass define the fabric of the clay (Lambe and Whitman, 1969).

Van der Waal forces and viscous stresses within the absorbed water layer, or, in general, all the factors acting to keep the soil particles together.

The structure of clay, as defined above, is thus a physico-chemical equilibrium between the soil particles. This equilibrium develops during the geological life of the soil as a result of mineralogy, electrostatic and magnetic interactions between crystals, ion concentration and water chemistry during deposition, osmotic pressure, temperature and organic content. Either externally induced variations of these factors or the development of chemical reactions within the sediments can cause substantial changes of both the fabric and the bonding of the clay with time. Depositional and post-

depositional processes contribute, therefore, to the formation and the evolution of the soil structure, which can be considered as the result of all the processes that a soil has undergone during its geological history.

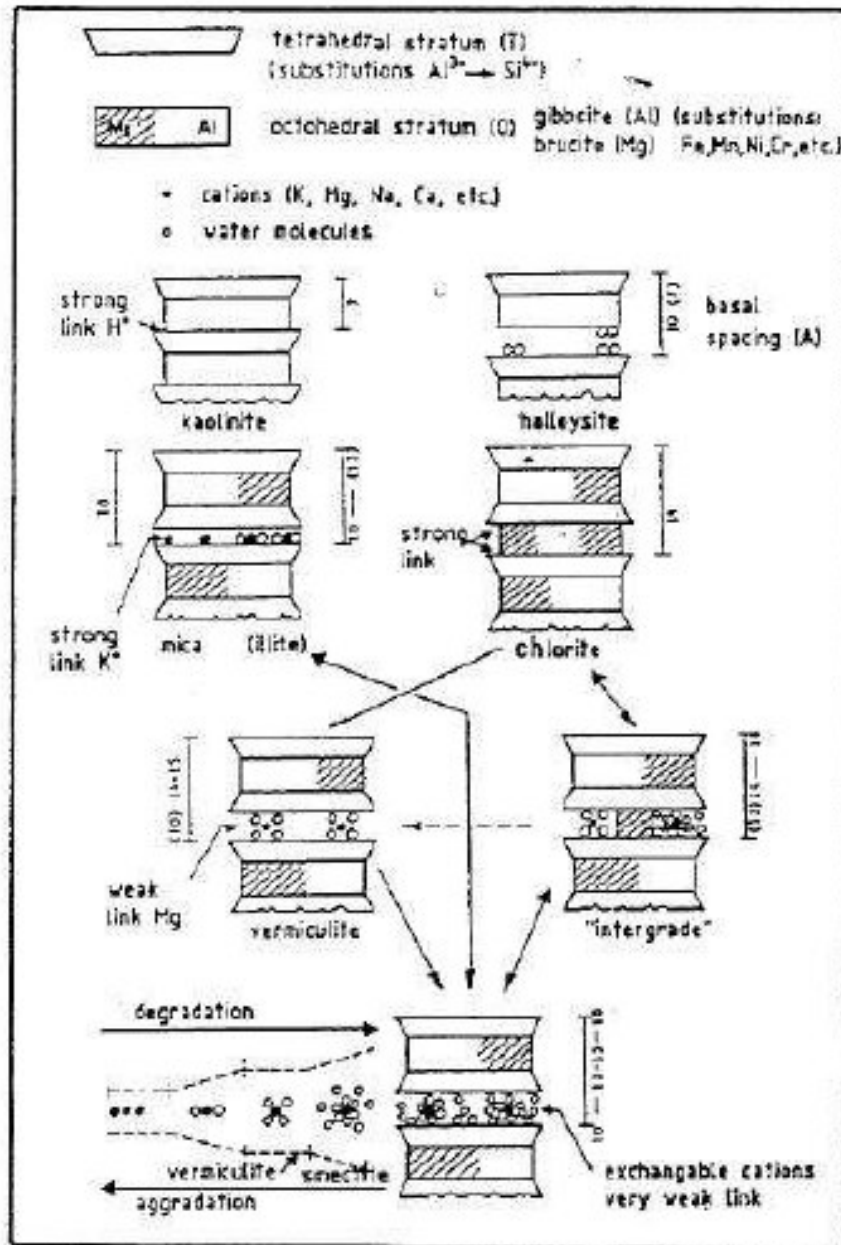


Fig. 2.2 Struttura delle principali unità argillose (Veniale, 1983, Cotecchia, 1996)

2.2. Influenza del fluido interstiziale sulla fabric

In che modo quindi il fluido interstiziale influisce sulla fabric?

Ogni particella di argilla è caratterizzata da cariche negative disposte sulla superficie. Quando la particella viene a contatto con un fluido si crea una forza elettrostatica tra superficie e cationi scambiabili presenti nel fluido adsorbito, per conservare la neutralità. L'entità di tale forza dipende da: carica, posizione della carica, valenza degli ioni (Hasenpatt, 1988).

La concentrazione dei cationi diminuisce man mano che ci si allontana dalla superficie (Fig. 2.3). In questo modo si viene a creare ciò che viene chiamato doppio strato diffuso (DIFFUSE DOUBLE LAYER)

Il doppio strato dipende dal tipo di materiale argilloso e dalla composizione chimica del fluido interstiziale.

In particolare, lo spessore del DDL diminuisce:

- al diminuire della costante dielettrica del fluido
- all'aumentare della concentrazione di sali nel fluido (aumenta la concentrazione dei cationi monovalenti)

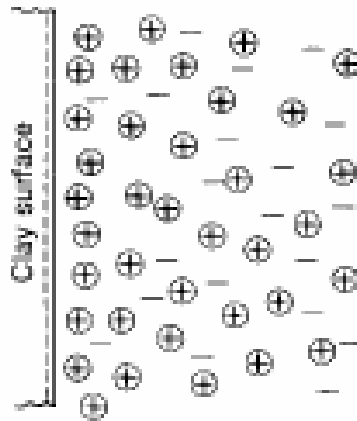


Fig. 2.3 Concentrazione degli ioni sulla superficie di argilla (Mitchell, 1991)

L'aumento della concentrazione di sali nel fluido, unito alla modalità di distribuzione delle cariche sulle particelle di argilla, provoca un aumento della forza elettrica di attrazione e a un riposizionamento delle particelle con contatti spigolo-faccia.

Quindi, mentre le particelle di argilla immerse in acqua tendono a respingersi e a disperdersi, se immerse in una soluzione salina (quale ad esempio NaCl), assumono una fabric flocculata (Fig. 2.4).

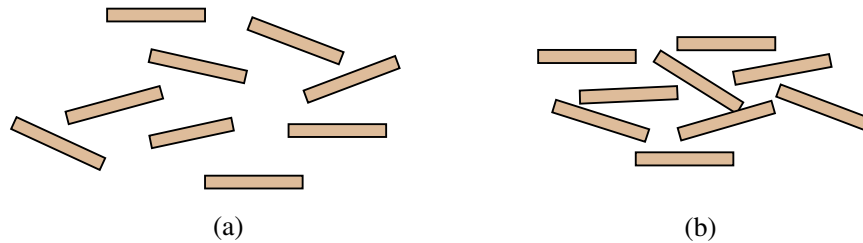





Fig. 2.4 Struttura dell'argilla (a) in acqua (dispersa) e (b) in soluzione di NaCl (flocculata)

In Tab. 2.1 sono riassunte le tipologie di fabric che si vengono a creare a seconda dell'ambiente in cui sono immerse.

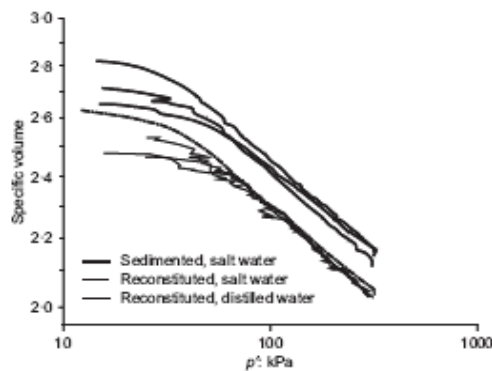
PORE FLUID	FABRIC
Water (distilled)	 DISPERSED
	Dispersed orientated (if intensive surface activity, e.g. Montmorrillonite)
Brine	Flocculated-dispersed (micropores in flakes)  CARDHOUSE
	flocculata – orientata (macropores between flakes)  BOOKHOUSE DOMAIN

Tab. 2.1 Relazione tra fluido dei pori e fabric dell'argilla

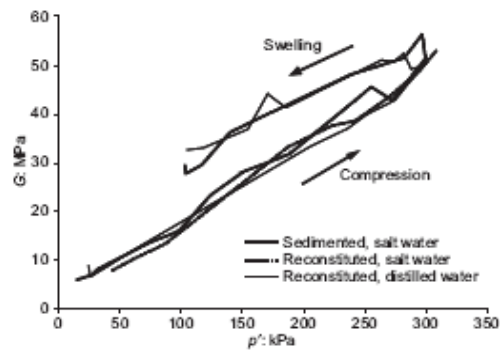
2.3. Ricostituiti e risedimentati

I risultati di questa indagine sperimentale potrebbero contribuire a definire in maniera più rigorosa la modalità di preparazione del materiale ricostituito. Sebbene solitamente tale materiale venga preparato utilizzando acqua distillata, alcuni autori (ad es. Burland (1990)) considerano l'opportunità di utilizzare lo stesso fluido del sito. Questo aspetto è tutt'altro che secondario dato che la risposta del materiale ricostituito viene poi usata come strumento di comparazione per evidenziare le peculiarità comportamentali dell'argilla naturale. Ad es. Burland (1990) e successivamente Cotecchia e Chandler (1997) con il loro "sensitivity framework" basano i loro modelli concettuali sul confronto tra il comportamento delle argille naturali e quello delle stesse argille ricostituite. E' quindi evidente l'importanza dell'individuazione di un adeguato materiale di riferimento. Quest'ultima è ancora più sentita nella preparazione e calibrazione di modelli costitutivi per i terreni strutturati i quali, solitamente, si basano su parametri e proprietà del materiale ricostituito (ad es. Lagioia e Nova (1993), Kavvasdas e Amorosi (2000)).

Stallebrass, Atkinson e Mašín (2007) (Fig. 2.5) 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; questa struttura si manifesta poi nella risposta in prove di compressione monodimensionale, per cui la NCL dei risedimentato è traslata verso destra rispetto a quella dei ricostituiti.



(a)



(b)

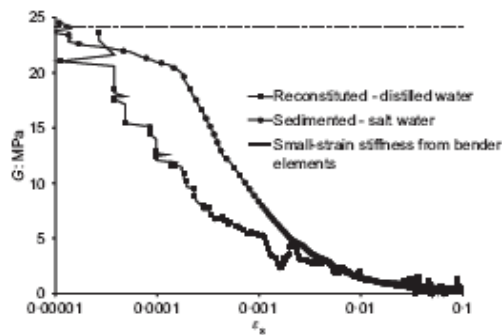


Fig. 7. Variation of shear stiffness with strain during constant- p' extension for reconstituted and sedimented samples

(c)

Fig. 2.5 Diagramma di confronto tra campioni ricostituiti e risedimentati (a) da Mesrin et al (2003)

Il comportamento di un determinato terreno dipende dal suo stato, definito in termini di tensioni, di contenuto d'acqua e di struttura, che può essere dovuta alla fabric o al bonding. Le argille sedimentarie sono caratterizzate da una struttura dipendente dai processi di deposizione e in alcuni casi anche da quelli post-sedimentazione. Un effetto è dato dalla risposta tensionale del materiale.

2.4. Studi precedenti sulla London clay

Gli effetti della struttura sul comportamento della London clay è stato illustrato da Burland (1990) a seguito degli studi effettuati da Leroueil e Vaughan (1990) sul materiale strutturato.

Fondamentalmente la micro-struttura del terreno aumenta la resistenza a taglio e la destrutturazione ne diminuisce l'entità al di sotto della resistenza a taglio intrinseca, caratteristica di un materiale ricostituito.

Una via per valutare l'influenza della struttura del terreno naturale è stata quella di confrontare provini indisturbati con i ricostituiti. Per the London Clay da Ashford Common, l'effetto della microstruttura può risultare comprensibile dal raffronto della resistenza al taglio di provini preparati in modalità differenti (Webb, 1964, and Bishop et al., 1965). I provini indisturbati hanno mostrato una resistenza a taglio di circa il 60% superiore a quella non drenata dei ricostituiti, che a loro volta sono l'85% più resistenti dei rimaneggiati allo stesso contenuto d'acqua.

La Fig. 2.6 mostra i percorsi tensionali efficaci seguiti da provini indisturbati e ricostituiti. Il comportamento più rigido dei campioni indisturbati è evidente.

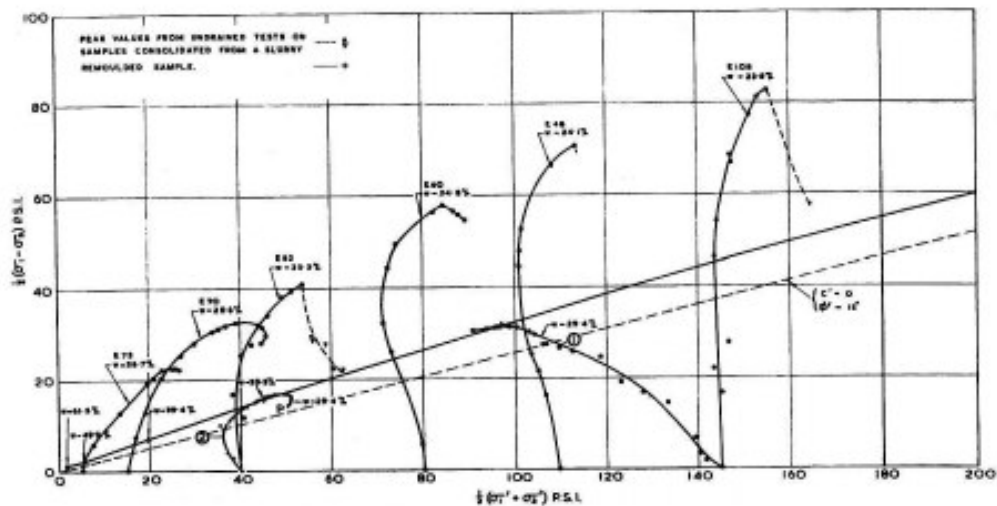


Fig. 2.6 Percorso delle tensioni efficaci su provini indisturbati e ricostituiti di London clay (Ashford Common) in taglio non drenato. 1 PSI = 6.84 kPa (da Bishop et al., 1965)

La differenza tra materiale ricostituito e rimaneggiato può implicare una fabric con caratteristiche di resistenza superiori per quanto riguarda i ricostituiti, nei processi di consolidazione monodimensionale (Tchalenko, 1968). Questi risultati confermano l'importanza del considerare

fabric e bonding del terreno come elementi fondamentali nello studio del comportamento meccanico.

