

Relazioni tra Fasi. Limiti di Atterberg

RELAZIONI TRA FASI DEL TERRENO

- Densità (reale ed apparente)

densità reale di 2.600 kg/m³ che scende fino a valori dell'ordine di 2.300 kg/m³ nei terreni ad alto contenuto in calcare e dell'ordine di 2.000 kg/m³ in quelli torbosi.

I terreni sabbiosi hanno una densità apparente di 1.500-1.600 kg/m³, valori che diminuiscono del 15% a seguito delle lavorazioni.

I terreni di medio impasto hanno una densità apparente di 1.300-1.400 kg/m³. Questi valori possono diminuire anche del 25% in relazione alla porosità creata dalle lavorazioni.

I terreni argillosi e quelli limosi hanno una densità apparente dell'ordine di 1.200 kg/m³. Questo valore può diminuire del 25% a seguito delle lavorazioni.

- Porosità

La porosità esprime il volume degli spazi vuoti del terreno come rapporto percentuale sul volume totale.

Questa proprietà fisica influenza direttamente la dinamica della fase liquida e di quella aeriforme nel terreno e, indirettamente, la fertilità chimica. Ha una correlazione stretta con la struttura e con le lavorazioni.

Per porosità totale s'intende la porosità complessiva del terreno, all'interno della quale si distingue una microporosità e una macroporosità. Per convenzione si considerano macropori quelli con diametro superiore a 8 µm, micropori quelli con diametro inferiore a 8 µm.

I terreni non lavorati hanno porosità totale variabile in genere dal 40% (terreni sabbiosi) al 50-55% (terreni argillosi e torbosi). A seguito delle lavorazioni può aumentare fino a valori del 50-70% (più alti nei terreni argillosi e torbosi).

La microporosità ha riflessi sulla capacità di ritenuta idrica.

La macroporosità ha riflessi sulla permeabilità e sui movimenti dell'aria e dell'acqua nel terreno.

Il rapporto ottimale fra micropori e macropori dovrebbe essere di 1:1. In queste condizioni il terreno può ospitare un rapporto equilibrato fra fase liquida e fase aeriforme, consentendo l'accumulo di rilevanti riserve idriche nei micropori e la presenza di un adeguato rifornimento di aria, che occupa i macropori.

Umidità (definizioni, metodi di misura, BU/BS)

1. LIMITI DI ATTERBERG

1.1. Generalità

1.2. Determinazione del limite di liquidità

1.2.1. Definizione

1.2.2. Strumenti

1.2.3. Procedura

1.2.4. Commenti

1.3. Determinazione del limite di plasticità

1.3.1. Definizione

1.3.2. Procedura

1.3.3. Commenti

1.4. Bibliografia

1. LIMITI DI ATTERBERG

Adriano Guarnieri, Angelo Fabbri, Paolo Liberati

1.1. Generalità

Le condizioni fisiche di un terreno agrario, ed in particolare la sua consistenza, ovvero l'intensità dei legami tra le singole particelle, dipendono in larga misura dal contenuto d'acqua. A partire dal terreno secco, all'aumentare del contenuto d'acqua, il terreno passa progressivamente dallo stato friabile a quello plastico, a quello fluido. I contenuti d'acqua corrispondenti al passaggio da uno stato all'altro variano notevolmente a seconda dei diversi terreni e possono quindi essere usati al fine di identificarli e confrontarli. In linea generale il terreno agrario non si comporta né come un corpo perfettamente elastico né come perfettamente plastico, ma più spesso si trova in condizioni intermedie tra lo stato di plasticità e quello di *friabilità*. Nello stato di friabilità il campione di terreno sottoposto a carichi esterni tende a fratturarsi in molti punti diversi, senza apprezzabili deformazioni locali, con separazione completa degli aggregati; mentre in condizioni di plasticità il terreno, considerato come corpo solido macroscopico, è in grado di ammettere grandi deformazioni senza rompersi. Tra i diversi tentativi di descrizione della relazione tra sforzi e deformazioni, in diverse condizioni di umidità, per le quali un terreno argilloso passa dallo stato plastico (condizione di flusso di tipo Newtoniano), a quello plastico-adesivo, fino ad assumere gradualmente le proprietà di un corpo solido, è stato fatto riferimento a molti modelli reologici impiegati utilmente in differenti campi della scienza dei materiali. Nel caso di terreni secchi sono stati ottenuti risultati positivi in seguito alla applicazione della teoria dell'elasticità, oppure, per terreni in condizioni di plasticità, in seguito alla applicazione di modelli reologici composti di Kelvin-Maxwell (Cestelli Guidi, 1975; Oida 1984), o più recentemente, da formulazioni assai complesse di tipo invariante (Raper, Erbach, 1990).

Per caratterizzare la consistenza dei terreni spesso si ricorre ai *limiti di Atterberg*, sviluppati in campo agronomico e diffusi in seguito alla generalità dell'ambito geotecnico, per la loro semplicità ed efficacia.

https://en.wikipedia.org/wiki/Albert_Atterberg

1.2. Determinazione del limite di liquidità

1.2.1. Definizione

Il *limite di liquidità (LL)* è l'umidità in corrispondenza della quale il terreno si trova in una condizione di passaggio, fissata secondo un criterio arbitrario, tra lo stato liquido e quello plastico.

1.2.2. Strumenti

Per quanto segue in questo paragrafo si fa riferimento alla normativa inglese BSI 1377 (BSI, 1975). Il metodo proposto prevede l'uso di un dispositivo, detto *conopenetrometro dinamico*, formalmente identico ad un normale penetrometro, recante ad una estremità una punta a cono con angolo di apertura pari a 30° ed altezza di circa 35 mm, realizzato in metallo inossidabile e con superficie rettificata. La massa dell'insieme dell'asta di guida e della punta conica è di 80 g.

1.2.3. Procedura

Un campione di terreno da analizzare, di massa pari ad almeno 0,2 kg, passato attraverso un setaccio con fori di 425 µm ed impastato con acqua distillata, viene disposto all'interno di un recipiente cilindrico avente un diametro di circa 55 mm, facendo attenzione a non includere bolle d'aria. Con una spatola si asporta il terreno in eccesso facendo in modo che la parte superiore del provino risulti liscia.

La punta del conopenetrometro è portata a contatto con la superficie del provino e mantenuta in posizione da un opportuno dispositivo di bloccaggio. In tale posizione, muovendo lateralmente il contenitore del terreno, la punta del cono deve lasciare una traccia di profondità inferiore a 0,1 mm.

L'asta viene quindi lasciata libera di scorrere verso il basso, per effetto del proprio peso, per un tempo di 4 - 6 s. Trascorso tale tempo viene annotata la differenza tra la posizione iniziale e quella di arresto del cono. Dopo avere sollevato l'asta ed avere ripulito la punta conica, si utilizza una piccola quantità del terreno precedentemente trattato, e perciò alla stessa umidità, per riempire l'impronta lasciata dal cono. La prova viene ripetuta e se la differenza tra i due valori ottenuti della profondità di penetrazione è inferiore a 0,5 mm, viene annotato, unitamente all'umidità del terreno, il valor medio delle due letture. Se tale differenza è superiore a 0,5 mm ed inferiore ad 1 mm, si conduce una terza determinazione. Se invece tale differenza è superiore ad 1 mm allora il dato viene scartato e la procedura deve essere ripetuta preparando un nuovo campione di terreno.

La sequenza di operazioni descritta viene ripetuta almeno quattro volte aggiungendo successivamente acqua distillata al terreno in modo che l'intervallo dei valori di penetrazione risulti compreso tra 15 mm e 25 mm. Terminata la prova si riportano su di un grafico le coppie dei valori di umidità e profondità di penetrazione e, dalla retta di regressione, si ricava il valore dell'umidità corrispondente alla profondità di 20 mm. Tale valore di umidità, approssimato al numero intero più vicino, definisce il *limite di liquidità* del terreno in esame.

Accanto al limite di liquidità deve essere riportata la percentuale di terreno passata al setaccio.

1.2.4. Commenti

Poiché la vagliatura iniziale può essere condotta sia con terreno essiccato in aria che nel proprio stato naturale di umidità, allora occorre annotare lo stato iniziale del terreno. Infatti i risultati ottenuti nei due casi sono generalmente differenti.

Mentre per i terreni a basso contenuto di argilla la misurazione del limite di liquidità può essere eseguita immediatamente dopo la preparazione del provino, per quelli a più alto contenuto di argilla è consigliato di eseguire la prova dopo almeno 24 h.

La determinazione del limite di liquidità mediante il cono dinamico, alternativa a quella con l'apparecchiatura di Casagrande BSI 1377 (BSI, 1975), offre una maggiore ripetibilità, una più agevole definizione, una minore dipendenza dall'umidità ambientale e dal giudizio dell'operatore ed al contempo una maggiore semplicità d'impiego. Tutto ciò unito alla ottima corrispondenza dei risultati ottenuti con i due metodi ed anche alla possibilità intravista da alcuni ricercatori di ottenere con il cono dinamico

anche il limite di plasticità, rappresenta un insieme di elementi favorevoli all'uso di tale attrezzatura nello studio dei limiti di Atterberg.

1.3. Determinazione del limite di plasticità

1.3.1. Definizione

Il *limite di plasticità (LP)* è l'umidità in corrispondenza della quale il terreno si trova in una condizione di passaggio tra lo stato plastico e quello friabile.

1.3.2. Procedura

Per quanto segue in questo paragrafo si fa ancora riferimento alla normativa inglese BSI 1377 (BSI 1975).

Si passa al setaccio, con maglie di 425 µm, una quantità di circa 20 g dello stesso terreno utilizzato nella determinazione del limite di liquidità e si annota la percentuale di materiale che ha passato la vagliatura. Successivamente, secondo le normali procedure seguite per la preparazione dei campioni, il terreno viene impastato con acqua distillata fino a quando la sua plasticità non ne consente la modellazione a forma di sfera. La pallina di materiale impastato viene rimodellata manualmente finché non appaiono delle piccole fratture sulla superficie. La sferetta viene divisa in due parti di circa 10 g ciascuna per poter eseguire due prove successive. Un primo provino viene diviso in 4 parti uguali, ognuna delle quali viene quindi modellata a forma di cilindro usando l'indice ed il pollice fino a formare un bastoncino di circa 6 mm di diametro. Quindi, utilizzando la punta delle dita ed un piano di riscontro di vetro, avente uno spessore di circa 10 mm ed una superficie di circa 500 mm², si assottigliano i bastoncini esercitando una pressione costante fino a raggiungere un diametro di 3 mm, in non più di 5-10 movimenti. Durante quest'ultima operazione il cilindretto subirà un'ulteriore perdita di acqua e se non si verifica la rottura del campione questo viene lavorato ulteriormente per diminuirne l'umidità e viene rimodellato in forma di cilindretto. L'operazione viene ripetuta finché sul provino non compaiono fratture sia trasversali che longitudinali, ed i pezzi dei provini sbriciolati vengono immediatamente posti in un contenitore a tenuta d'aria per la successiva determinazione dell'umidità.

La procedura viene immediatamente ripetuta per il secondo provino di 10 g, e se le due prove forniscono risultati differenti per più dello 0,5% la prova deve essere ripetuta, altrimenti la media dei valori di umidità calcolati separatamente sui due provini di 10 g, approssimata al più vicino numero intero, rappresenta il *limite di plasticità* del terreno in esame.

Qualora non sia possibile lavorare il campione o qualora il limite di plasticità sia uguale al limite di liquidità, il terreno viene definito come *non-plastico NP*.

La normativa ASTM 4318 (ASTM, 1990) riporta i risultati di un'indagine volta a determinare la precisione del metodo: in tabella 1 sono riportati i valori medi e le deviazioni standard dei risultati ottenuti nello stesso laboratorio da diversi operatori (tabella 1):

	valore medio	deviazione standard
terreno A	21,9	1,07
terreno B	20,1	1,21

Tabella 1 - Precisione delle determinazioni in laboratorio del limite plastico.

Sulla base dei limiti di Atterberg si calcolano l'*indice di plasticità Ip* e l'*attività dell'argilla A*. L'indice di plasticità *Ip* è calcolato come:

$$I_p = LL - LP$$

essendo *LL* il limite di liquidità ed *LP* il limite di plasticità. Tale indice esprime l'ampiezza dell'intervallo di umidità entro il quale il terreno si mantiene plastico (figura 1).

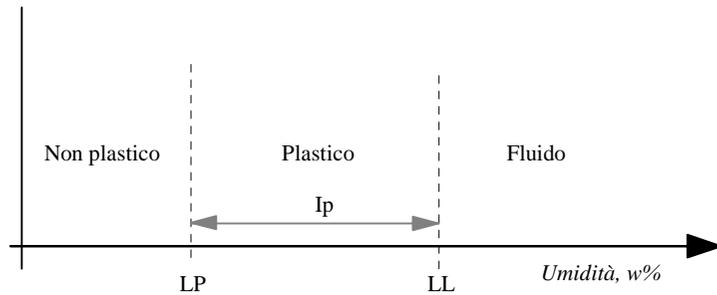


Figura 1 - Stato del terreno e limiti di Atterberg.

1.3.3. Commenti

Poiché la vagliatura iniziale del terreno può essere condotta sia con terreno essiccato in aria che nel proprio stato naturale di umidità, allora occorre annotare lo stato iniziale del terreno. Infatti i risultati ottenuti nei due casi sono generalmente differenti.

È stato osservato, per terreni diversi, come esista una stretta correlazione tra il valore dell'umidità corrispondente al minimo affondamento del cono dinamico ed il limite plastico, e di conseguenza è stato suggerito l'uso di un indice detto *limite plastico del cono penetrometro dinamico*, corrispondente a tale valore di umidità. Tale metodo ha mostrato una maggiore indipendenza dalla esperienza degli operatori, ed una ottima attitudine a descrivere le variazioni del comportamento del terreno al variare dell'umidità, con particolare riferimento alla coesione, al coefficiente d'attrito suolo-metallo, alla suscettibilità alla compattazione.

1.4. Bibliografia

- ASTM (1990) *Annual Book of ASTM Standards*. Volume 04.08. Philadelphia, USA.
- BSI (1975) *Methods of test for Soils for civil engineering purposes*, British Standard Institution, London.
- Cestelli Guidi C. (1975) *Geotecnica e tecnica delle fondazioni*, Ulrico Hoepli, Milano.
- Mullins C. E., Smith K.A. (1991) *Soil Analysis Physical Methods*, Marcel Dekker inc. New York.
- Oida A. (1984) *Analysis of rheological deformation of soil by means of finite element method*, Journal of Terramechanics, 21, 3: 237-251.
- Raper R.L., Erbach D.C. (1990) *Prediction of Soil Stresses Using the Finite Element Method*, Transactions of ASAE, 33, 3: 725-736.

Prof. Adriano Guarnieri
 Dipartimento di Economia e Ingegneria Agrarie, Università degli Studi di Bologna
 Via Gandolfi, 19
 40057 Cadriano, Bologna
 Guarnier@agrsci.unibo.it

Ing. Angelo Fabbri
 Dipartimento di Economia e Ingegneria Agrarie, Università degli Studi di Bologna
 Via Gandolfi, 19
 40057 Cadriano, Bologna
 Fabbri_A@Biblio.Cib.Unibo.It

Dr. Paolo Liberati
 Dipartimento di Protezione e Valorizzazione Agroalimentare, Università degli Studi di Bologna
 Via F.lli Rosselli, 107
 42100 Coviolo di Reggio Emilia
 Liberati@Stpa.Unibo.It

https://en.wikipedia.org/wiki/Atterberg_limits

<https://www.youtube.com/watch?v=EcXJ961qjGA>

<https://www.youtube.com/watch?v=zGgJdE9j2EI>

<https://www.youtube.com/watch?v=yG784eXbj-Q>

<https://www.youtube.com/watch?v=xD1LxWWdc1c>