

tà, le varie azioni che si eserciteranno sul muro non possono essere previste sulla base delle teorie della spinta delle terre. Per tali motivi le tabelle preparate dagli ingegneri stradali svizzeri vanno considerate alla stregua di un utile strumento di progettazione che permette di individuare le dimen-

perficiali delle due zone, con particolare riferimento ai fiumi Isonzo, Torre, Natisone e Indrio.

Si passa quindi all'esame dell'idrologia sotterranea, descrivendo gli andamenti della falda freatica, la zona delle risorgive con le caratteristiche chimico-fisiche e le quantità d'acqua disponibili ed infine le falde artesiane con le caratteristiche chimico-termometriche.

Questo è il caso del termine « shale » che secondo alcuni dovrebbe includere tutti i sedimenti argillosi, dalle argille vere e proprie agli scisti argillosi mentre secondo altri, e tra questi il TERZAGHI, il termine sopradetto andrebbe attribuito solo a quelle rocce che sotto il colpo di un martello danno un suono chiaro e che immerse in acqua non subiscono variazioni di volume.

In Italia il termine « shale » viene inteso sia come argilla scistosa che come argilla scagliosa o scisto argilloso. A noi sembra, e l'articolo recensito ce lo conferma, che il termine vada inteso in linea generale come argilla scistosa, e ciò in base allo schema di classificazione delle rocce argillose proposto nel 1936 da TWENHOFEL, ripreso dal PETTIJOHN e usato dalla maggior parte degli autori tra cui quello del presente articolo (Tab. 1).

Nel prosieguo della recensione, quindi, adatteremo per il termine « shale » la sola traduzione di argilla scistosa.

Lo schema proposto nella tabella non mette in evidenza le variabilità di vari fattori che contribuiscono a differenziare tra loro varie rocce appartenenti alla stessa denominazione.

Nel caso delle argille scistose bisogna prendere in considerazione il grado e la natura della consolidazione e cementazione, la granulometria, la composizione chimica e mineralogica e la fissilità.

Alcuni autori tendono a suddividere le argille scistose in due grosse categorie: 1) argille scistose consolidate « soil-like » nelle quali la consolidazione è dovuta solo al peso esercitato dai sedimenti sovrastanti e mancano quantità apprezzabili di cemento intergranulare; 2) argille scistose cementate « rock-like », nelle quali il cemento può essere di varia natura o, se manca, si può essere verificato un fenomeno di ricristallizzazione. Di solito queste argille scistose del secondo tipo mantengono le loro caratteristiche essenziali anche quando vadano soggette a cicli alternati di essiccamento e saturazione, cosa che invece non si verifica per le argille scistose del primo gruppo.

Non tutte le argille scistose sono costituite granulometricamente dalla sola frazione « argilla ». E' stato anzi sperimentato che la maggior parte di esse hanno una notevole percentuale limosa che può variare dal 30 al 70%. E' presente qualche volta anche la fra-

Una seconda parte del lavoro descrive una ricerca geofisica su una zona di circa 23 km² ricadente nella pianura friulana e particolarmente complicata dal punto di vista geologico per il gran numero di variazioni laterali di facies. Si è proceduto con il metodo geoelettrico effettuando quarantuno elettro-sondaggi. Lo studio geoelettrico, del quale vengono descritti i risultati più significativi, ha permesso, oltre ad un riconoscimento dell'idrologia sotterranea, di seguire con sufficiente precisione l'andamento delle varie formazioni presenti nel sottosuolo della zona esaminata.

Nella terza parte del lavoro vengono riportate le stratigrafie di 150 sondaggi effettuati nell'alta e nella bassa pianura friulana con le relative osservazioni sui livelli acquiferi.

Il lavoro è corredato di tre tavole fuori testo; la prima di esse è dedicata alla permeabilità dei terreni costituenti la pianura, la seconda riporta le isofreatiche e la terza l'ubicazione dei 150 pozzi di cui sono riportate le stratigrafie.

(Franco Rippa)

Classificazione ed identificazione delle argille scistose.

L. B. UNDERWOOD - *Classification and Identification of Shales*. Journ. Soil Mech. Div. Proc. ASCE, Vol. 93, SM 6, Novembre 1967.

1. Nomenclatura e classificazione.

Nell'articolo che si recensisce l'Autore si propone di portare un contributo alla conoscenza di quelle formazioni che gli Autori anglosassoni indicano con il termine « shales ». È opportuno qui far notare come il voler stabilire un parallelo fra le denominazioni straniere e quella italiana è cosa molto ardua, ancor più per quelle denominazioni che non sono ben definite nei loro paesi d'origine.

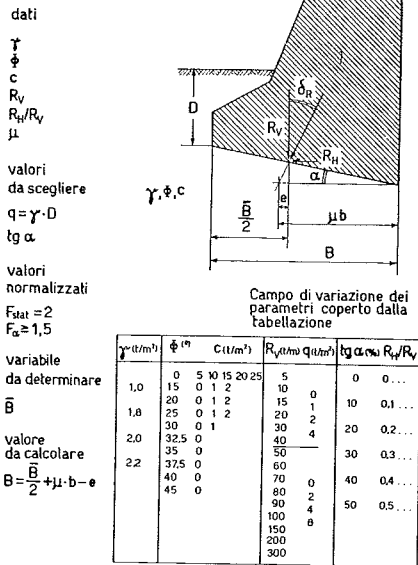


Fig. 3

sioni più economiche per il muro eliminando la necessità di lunghe calcolazioni e consentendo il paragone fra diverse soluzioni, ma che deve essere integrato dalla esperienza e dal giudizio del progettista.

(Carlo Viggiani)

Le acque sotterranee della pianura friulana orientale.

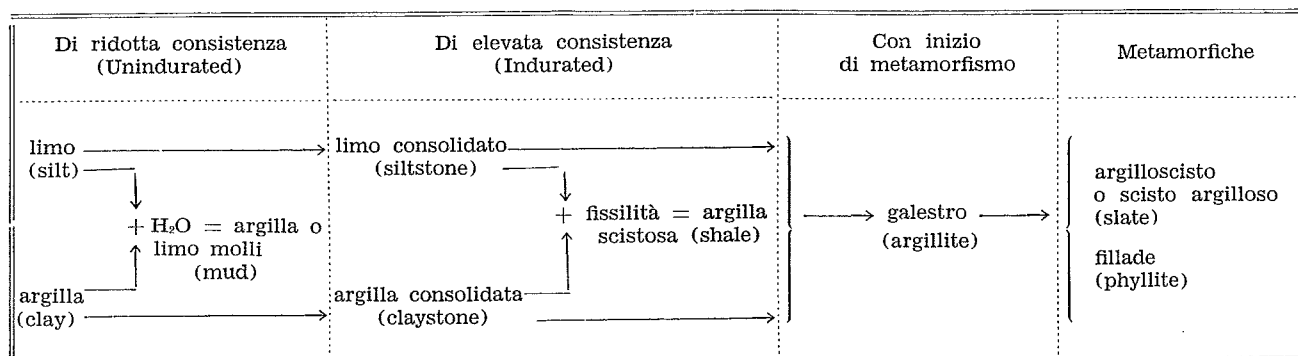
O. VECCHIA, D. DE WRACHTEN, A. MARGINI - Tip. Ambrosini - Penne 1968.

In questa pubblicazione vengono presentati i risultati di un'ampia indagine eseguita nella parte orientale della Pianura Friulana, allo scopo di apportare un contributo alla conoscenza dell'andamento delle acque sotterranee in questa regione.

La Pianura Friulana occupa una depressione di origine tettonica e viene comunemente suddivisa in due zone, alta pianura e bassa pianura. Dopo averne descritto le condizioni morfologiche e geologiche gli AA. passano in rassegna le condizioni idrologiche su-

TABELLA I

Schema di classificazione delle rocce argillose



zione « sabbia » che però costituisce di solito qualche sottile straterello a sè stante. Ecco quindi la necessità di suddividere le argille scistose in base alla presenza percentuale delle frazioni « argilla », « limo » e « sabbia ».

Mentre la composizione chimica quantitativa, che come è noto viene espressa come percentuale degli ossidi presenti, non mostra sensibili differenze per i vari tipi di argille scistose, la composizione mineralogica determinata con le analisi termodifferenziale e spettrografica fornisce utilissime indicazioni sulla natura dei minerali argillosi presenti, particolarmente importanti per le argille scistose consolidate.

Le argille scistose aventi minerali argillosi del gruppo della illite e della montmorillonite presentano valori della resistenza al taglio minori e maggior capacità di rigonfiamento rispetto a quelle in cui i minerali argillosi prevalenti siano del gruppo della caolinite.

Questa diversità di caratteristiche è da attribuire ai legami intermolecolari che possono essere deboli o forti a seconda del tipo di minerale argilloso predominante.

L'Autore si rammarica giustamente che nei laboratori di geotecnica non vengano svolte ricerche sperimentali su questo interessante argomento.

La fissilità è da attribuire all'orientazione parallela dei costituenti micaei durante la sedimentazione e la successiva consolidazione. Fra le varie suddivisioni proposte in base al tipo di fissilità la classificazione che, a giudizio dell'A., risponde meglio allo scopo è quella proposta da INGRAM e che distingue tre tipi dominanti di fissilità nelle argille in parola: compatta (massive) senza una direzione preferenziale

di sfaldatura; a lamine (flaggy) caratterizzata dalla suddivisione in frammenti di vario spessore ma con larghezza e lunghezza superiori allo spessore e con le due facce estreme parallele; a scaglie (flaky) costituite da superfici irregolari parallele alla stratificazione, sottili frammenti a forma di schegge o di cuneo la cui larghezza raramente supera i 7-8 cm.

Naturalmente potranno verificarsi dei casi nei quali al tipo di fissilità dominante se ne associano altri; può accadere inoltre che il tipo di fissilità in un materiale affiorante venga sostituito da un altro nello stesso materiale in profondità.

Secondo INGRAM le sostanze organiche aumentano la tendenza delle particelle di argilla a disporsi parallelamente e quindi aumentano la fissilità della roccia, mentre se sono presenti agenti cementanti la fissilità diminuisce.

2. Prove di laboratorio.

Avendo passato in rassegna i criteri di classificazione e di identificazione delle argille scistose, l'Autore ritiene che questi siano insufficienti per poter affrontare con chiarezza i problemi tecnici connessi con la costruzione di opere di ingegneria in queste formazioni.

Appare necessario quindi passare in rassegna le proprietà tecniche significative e classificare le argille scistose in base al loro comportamento nei riguardi di tali proprietà.

Purtroppo le argille scistose sono difficilmente campionabili e solo negli ultimi anni si è messa a punto qualche tecnica che permette l'esecuzione di prove di laboratorio. Non vengono descritti nell'articolo i vari metodi di

prova in laboratorio od in sito ma al riguardo è citata un'ampia bibliografia.

Le proprietà tecniche significative dal punto di vista ingegneristico vengono ricavate in laboratorio attraverso la determinazione dei seguenti parametri: resistenza a rottura, modulo di elasticità, contenuto d'acqua e indice di porosità, permeabilità, capacità di rigonfiamento e attività.

La resistenza a rottura varia da valori di circa 1,5 kg/cm² per le argille scistose consolidate a più di 1000 kg/cm² per quelle cementate. Le argille scistose presentano nel loro insieme resistenza minore rispetto a quella misurata in laboratorio, a causa dei vari fenomeni geologici (frane, faglie ecc.) che in sito favoriscono la formazione del piano di rottura proprio nelle zone più deboli.

E' difficile adoperare i valori della resistenza al taglio come parametro per una classificazione delle argille scistose, poichè non sempre è chiaro dalla letteratura il relativo metodo di prova e se si tratti di valori espressi in termini di pressioni totali od effettive.

In linea generale può dirsi che le argille scistose che presentano una coesione minore di 0,2 kg/cm² ed un angolo di attrito minore di 20° sono da considerare con molta cautela.

L'Autore riporta infine alcuni dati sperimentali relativi ad argille scistose di varie epoche geologiche e conclude che non esiste un collegamento tra epoca di formazione e resistenza a rottura.

I valori dei moduli di elasticità sono molto variabili. Le argille scistose consolidate presentano valori dei moduli di elasticità che vanno dai 1000 ai 1500 mentre quelle cementate possono

TABELLA II

Prove di laboratorio e osservazioni in sito	PROPRIETÀ FISICHE		PROBABILE COMPORTAMENTO IN SITO IN CONDIZIONI SFAVOREVOLI							
	Campo dei valori e condizioni		Forti pressioni neutre	Ridotta capacità portante	Tendenza al rigonfiamento	Problemi di stabilità dei pendii	Allentamento rapido	Erosioni rapide	Problemi in galleria	
	Sfavorevoli	Favorevoli								
Resistenza alla compressione (kg/cm ²)	3 ÷ 20	20 ÷ 350	x	x					x	
Modulo di elasticità (kg/cm ²)	1500 ÷ 15000	15000 ÷ 150000		x					x	
Coesione (kg/cm ²)	0,3 ÷ 7	7 ÷ 100		x					x	
Angolo di attrito	10 ÷ 20°	20 ÷ 65°		x					x	
Peso secco dell'unità di volume (gr/cm ³)	1,1 ÷ 1,8	1,8 ÷ 2,5	x							
Rigonfiamento per immissione in acqua in %	3 ÷ 15	1 ÷ 3		x					x	
Contenuto naturale di acqua in %	20 ÷ 35	5 ÷ 20	x							
Coefficiente di permeabilità (cm/sec)	10 ⁻⁶ ÷ 10 ⁻¹⁰	10 ⁻⁵	x				x			
Minerali argillosi prevalenti	montmorillonite o illite	caolinite o clorite	x							
Attività	0,75 ÷ 2,0	0,35 ÷ 0,75		x						
Cicli di saturazione ed essiccamento	riduzione in granuli	riduzione a scaglie					x		x	
Distanza fra le discontinuità	piccola	grande		x					x	
Orientazione delle discontinuità	sfavorevole	favorevole		x					x	
Stato di tensione in sito	maggiore del carico delle masse sovrastanti	uguale al carico delle masse sovrastanti		x					x	

raggiungere valori anche dei 150.000 kg/cm².

Il contenuto naturale di acqua varia dal 5 al 35%. Esso è più alto nelle zone superficiali alterate dove aumenta di conseguenza anche l'indice dei vuoti. All'aumentare dell'indice dei vuoti diminuisce il peso dell'unità di volume che può variare da 1,3 a 2,6 gr/cm³.

Il contenuto d'acqua per cui si ha la saturazione completa di questi materiali può essere anche minore del 10%. L'esperienza insegna che quando le argille scistose contengono più del 20% di acqua devono tenersi in debito conto le pressioni neutre che insorgono all'applicazione dei carichi.

La permeabilità varia al variare della composizione granulometrica; per argille scistose con prevalente frazione di « argilla » la permeabilità è compresa fra valori di 1×10^{-6} e 1×10^{-10} cm/sec mentre dove è prevalente la frazione « sabbia » il valore della permeabilità può raggiungere anche 1×10^{-4} cm/sec.

La permeabilità è da porsi in relazione anche con altri parametri quali la porosità, la disposizione delle particelle, la tessitura e la natura dei minerali argillosi.

La capacità di rigonfiamento è strettamente collegata al tipo di minerale argilloso presente. CASAGRANDE ha sperimentato che le argille scistose sovracconsolidate o con microscopiche lesioni rigonfiano maggiormente delle altre.

Il rigonfiamento può avvenire molto lentamente nel tempo e continuare indefinitamente.

3. Valutazione del comportamento in sito.

Altri fattori, oltre a quelli che possono essere analizzati in laboratorio, influenzano il comportamento delle formazioni di argille scistose. Questi fattori, che vanno analizzati con opportuni procedimenti di prove in sito, consistono nello stato di tensione, nel deterioramento delle superfici esposte e nelle pressioni neutre agenti nelle formazioni in esame.

Le rocce spesso conservano in profondità delle tensioni in eccesso dovute al peso dei materiali sovrastanti che possono essere stati in un secondo

tempo asportati da fenomeni di erosione o tettonici.

Le tensioni residue nelle argille scistose si liberano molto più lentamente che nelle rocce lapidee. E' difficile però stabilire se l'allentamento che si verifica sia dovuto a sole tensioni interne od anche ad assorbimento di acqua. In argille scistose a grana molto fina e quindi poco permeabili può accadere che le tensioni interne siano dovute a pressioni neutre residue (fossili) conservate per lungo tempo nei vuoti delle argille stesse.

Il problema delle tensioni interne si può presentare sia nelle argille scistose consolidate sia in quelle cementate. Al momento attuale si è in grado di misurare queste tensioni, utilizzando fori di sondaggi, fino ad una profondità dell'ordine dei 30 m. Oltre alle tecniche sperimentali un valido aiuto può essere fornito dallo studio della storia geologica della regione.

Il grado di deterioramento delle superfici scavate è uno dei tanti problemi che si pongono all'ingegnere che abbia a che fare con i terreni argillosi.

Molte argille scistose si allentano quasi subito quando vengono esposte all'aria e ciò dipende naturalmente dall'umidità relativa dell'aria.

Un'altra causa che determina una rapida alterazione delle argille scistose è l'alternarsi di saturazione e di essiccamento.

PHILBRICK suggerisce una prova che consiste nel sottomettere a 5 cicli di saturazione e essiccamento campioni di argille scistose. Quelle che, dopo questi cicli, vengono ridotte in materiali incoerenti o comunque si suddividono in minute zolle sono argille scistose consolidate; quelle che non subiscono modificazioni sono argille scistose cementate. Questa naturalmente non è una prova standard poichè sono da tener presente i vari gradi di consolidazione o di cementazione o di entrambi, ma può servire a dare un'idea della rapidità con cui una superficie esposta si altererà.

La misura delle pressioni neutre in sito si esegue con opportuni piezometri (il più noto è quello di CASAGRANDE) oppure con apparecchiature elettriche. Queste ultime sono di più difficile installazione, si prestano ad errori di interpretazione ed inoltre non possono

essere installate a notevole profondità dal p.c.

La misura della pressione neutra in laboratorio si è andata negli ultimi venti anni notevolmente affinando sicchè oggi è possibile correlare speditamente i risultati ottenuti in laboratorio con quelle situazioni che si verificheranno in sito.

4. Classificazione delle argille scistose ai fini tecnici.

Le argille scistose sono tra le rocce più difficili ad essere completamente analizzate e ciò a causa della loro granulometria e della complessità della loro componente argillosa.

Le proprietà fisiche sono intimamente collegate ed è impossibile considerarne una senza tener conto delle altre.

La tabella proposta dall'Autore (Tabella II), elenca un certo numero di proprietà fisiche significative e le correla con il probabile comportamento in sito.

Il campo di valori elencato per ogni proprietà è stato ricavato dall'Autore tenendo presenti anche i risultati pubblicati da altri ricercatori.

E' da considerare che molto spesso non vengono chiarite le modalità di prova e quindi il campo dei valori appare piuttosto ampio.

Dallo studio di questo articolo ci sembra che l'Autore abbia affrontato con notevole impegno lo studio delle formazioni di argille scistose ed abbia lodevolmente cercato di sposare le cognizioni geologiche con quelle tecniche. Alla base, occorre una chiarezza di nomenclatura e la comprensione dei diversi quesiti e problemi che si pongono in sede pratica.

E' auspicabile che nuovi dati vadano ad aggiungersi a quelli già noti, che le modalità di prova vengano standardizzate e seguite da ogni sperimentatore. Solo così sarà possibile definire con maggior precisione il comportamento delle formazioni delle argille scistose che sono presenti in gran quantità sulla litosfera e di fronte alle quali oggi non si è in grado di poter esprimere con sufficiente sicurezza una valutazione delle loro proprietà.

(Franco Rippa)