

*La teoria della consolidazione fra Terzaghi e Fillunger;  
una disputa accademica nell’Austria degli anni ‘30*

*Premessa*

La nota richiama la polemica fra Karl Terzaghi e Otto Fillunger presso il Politecnico di Vienna negli anni ‘30 del secolo scorso.

Terzaghi, appena chiamato a Vienna, è un professore rampante di grande successo, anche professionale; Fillunger è un autorevole professore di Meccanica. Fillunger critica aspramente la Teoria della Consolidazione delle Argille, pubblicata in quegli anni da Terzaghi, contrapponendole una sua formulazione più completa, ma inutilizzabile in pratica. La critica assume aspetti personali, mettendo in dubbio la competenza e perfino l’integrità di Terzaghi. Quest’ultimo si appella ad un giurì d’onore dell’Ateneo, che dopo mesi di esame si pronuncia a suo favore. A seguito di questo verdetto, Fillunger si suicida assieme alla moglie.

Vista oggi, sotto la luce della Teoria delle Miscele, la formulazione di Fillunger appare più completa e corretta di quella di Terzaghi.

*Prologo*

Nel 1930, quando viene chiamato a Vienna per ricoprire la cattedra restata vacante per il pensionamento del prof. Halter (Ingegneria Idraulica II), Karl Terzaghi non ha ancora cinquant’anni ma ha già dietro le spalle una vita assai

movimentata, piena di eventi e di successi<sup>1</sup>. Dal punto di vista accademico è un professore di grande notorietà; ha aperto nuovi campi di ricerca; è ben collegato alla comunità internazionale e capace di circondarsi di giovani e valenti allievi; ha una forte personalità, caratterizzata da grande fiducia in sé stesso; ha un giro professionale molto ampio. Paul Fillunger, nello stesso periodo, è un autorevole professore di meccanica applicata, entrato nel Politecnico di Vienna anni prima a conclusione di un curriculum tranquillo e in qualche modo convenzionale. Tende ad essere un po’ saccente e critico, e a dire la sua su tutto; non è molto aperto alla discussione. Con queste premesse, forse era inevitabile che i due dovessero scontrarsi. Ripercorrere oggi questi fatti lontani ci consente di approfondire alcune questioni di poromeccanica, come oggi si chiama, e nello stesso tempo di riflettere sulle analogie e sulle differenze nel costume accademico dell’epoca rispetto al nostro.

*Karl Terzaghi*

Karl Anton von Terzaghi nasce a Praga nel 1883. Devo confessare che da studente, quando mi imbattei in Terzaghi, nella sua teoria della consolidazione, nella sua aura di padre fondatore della Geotecnica, credevo che

fosse italiano e ne ero ingenuamente orgoglioso; scoprire che era un austro ungarico fu per me una delusione. In realtà la famiglia di Terzaghi era originaria di Lodi; a quei tempi, però, la Lombardia era tecnicamente Austria. Il nonno di Terzaghi, Pietro Antonio, aveva servito con onore nell'esercito imperiale e l'imperatore Francesco Giuseppe lo aveva nominato, nel 1854, edler di Pontenuovo. Anche il padre era un ufficiale e, alla nascita di Karl, comandava per l'appunto un battaglione di fanteria a Praga.

Con queste ascendenze, era inevitabile che al giovane Karl fosse riservato un destino da ufficiale. Studia in varie scuole militari, in Ungheria e in



*Fig. 1 - Karl Terzaghi nel 1907, all'età di 23 anni*

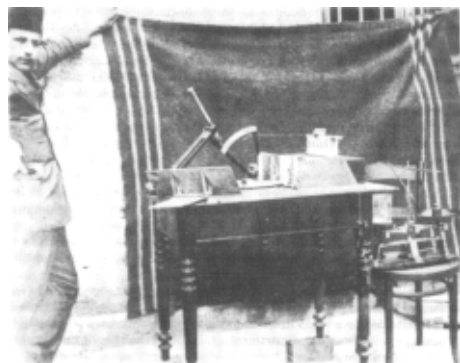
Cecoslovacchia, prima di iscriversi alla scuola militare di Graz, in Austria, dove la sua famiglia si è stabilita nel 1887. Dopo la morte del padre (1890) si lega al nonno materno Karl Andreas Eberle, ricco commerciante di Graz, in compagnia del quale compie importanti viaggi di formazione in Svizzera, Germania e Italia. Nell'agosto del 1902 è a Napoli per una settimana; sale sul Vesuvio, visita Capri, è affascinato dalle rovine di Pompei.

In quegli anni è membro attivo di confraternite studentesche, con contorni assai vivace di duelli, donne e colossali sbronze, fino ad andare molto vicino all'espulsione dalla scuola. Nel 1904, comunque, ottiene con onore il Diploma in Ingegneria Meccanica. Prosegue i suoi studi, orientandoli verso la Geologia e l'Ingegneria Civile; contemporaneamente viene assunto da una Impresa di costruzioni come apprendista senza stipendio. Nel 1907 già dirige un importante cantiere in Romania; nel 1908 abbandona l'Impresa e lavora come consulente alla progettazione di impianti idroelettrici in Croazia. Nel 1910 conosce a Graz Olga Byloff, della quale si invaghisce. Nel 1911 è per alcuni mesi a S. Pietroburgo, dove affronta e risolve difficili problemi di fondazione; è con lui il giovane collega Otto Fröhlich, che diventerà uno dei suoi più fedeli collaboratori. Nel 1912 torna a Graz per discutere la sua tesi di Dottorato (Un contributo allo studio della statica dei serbatoi cilindrici). Subito dopo parte per gli Stati Uniti, dove resterà per un paio di anni con alterne fortune. Visita i can-

tieri delle molte dighe in corso di costruzione all'epoca da parte del Bureau of Reclamation e tiene conferenze in varie città; tenta, senza successo, di mettersi in affari in campo sia immobiliare, sia agrario; è alla ricerca di incarichi professionali. Sul suo diario di quell'epoca si trova questa annotazione: "Nei campi petroliferi della California un operaio guadagna 70 dollari al mese, un caposquadra 200 dollari, un supervisore 400 dollari. Un ingegnere laureato da 5 o 6 anni, o anche da 10 anni, guadagna 60-80 dollari, e un ingegnere esperto 150 dollari. Quindi, chi sceglie la professione di ingegnere è un idealista"<sup>2</sup>. Forse perciò nel novembre del 1912 Terzaghi lavora addirittura come sondatore in un cantiere di chiuse sul fiume Columbia in Oregon.

Alla fine del 1913 torna in Austria, dove tenta di avviare un'attività imprenditoriale. Ma siamo ormai al 28 giugno del 1914; l'attentato di Seraievo sprofonda l'Europa nella Grande Guerra. Terzaghi viene arruolato come tenente, organizza un battaglione del Genio Militare con 1000 uomini della riserva, costruisce trincee e ponti in Ungheria. Nel 1915 si unisce ad un gruppo di ufficiali dell'aeronautica del quale fanno parte, fra gli altri, Von Mises, Von Karman, Fröhlich e Fillunger; operano in un impianto dell'Aeronautica militare nei pressi di Vienna, con il compito di progettare e produrre nuovi aerei da combattimento.

Il 1916 è un anno cruciale. In maggio sposa Olga Byloff, poco dopo la nascita della loro seconda figlia Vera.



*Fig. 2 - Gli esperimenti sulla spinta delle terre a Istanbul, 1919*

In agosto muore il nonno materno, lasciandogli una cospicua eredità. In settembre, su invito di Philipp Forchheimer, assume un posto di professore presso la Scuola

Imperiale di Ingegneria (*Kaiserliche Ottomanischen Ingenieur Hochschule*) di Istanbul. Per la forte influenza tedesca in Turchia durante la guerra, la Scuola era egemonizzata da professori tedeschi.

Il 13 novembre del 1918 la flotta inglese entra trionfalmente a Istanbul. La Scuola di Ingegneria organizzata dai tedeschi viene chiusa e i professori licenziati. Terzaghi trova posto, sempre a Istanbul, al Robert College, un'istituzione americana nata come scuola missionaria ma che si andava aprendo all'insegnamento delle scienze e dell'ingegneria; qui continua a lavorare fino al 1924.

Sono forse gli anni più fertili di Terzaghi dal punto di vista scientifico, anche se burrascosi sul piano personale (nel 1922 vi sarà il divorzio da Olga). Lavora sulla meccanica dei mezzi po-

rosi, sulle relazioni costitutive dei terreni, sulla spinta delle terre. Publica lo storico articolo sulla permeabilità delle argille<sup>3</sup> nel quale viene enunciato il Principio delle Pressioni Efficaci.

Nel 1924 pubblica il libro *Erdbaumechanik*<sup>4</sup>. Nello stesso anno partecipa al 1° Congresso Internazionale di Meccanica Applicata, a Delft, dove incontra Von Karman, Prandtl, Reissner, Griffith, Southwell, Kozeny, Müller Breslau e molti altri.

Nel 1925 è di nuovo negli Stati Uniti, questa volta con un incarico di insegnamento al Massachusetts Institute of Technology. Resterà a Cambridge fino al 1929, legandosi sentimentalmente con

Ruth Doggett, una geologa americana che diventerà la sua seconda moglie.

Nel 1928 Schaffernak gli offre di tornare in Austria come professore al Politecnico di Vienna; contemporaneamente Terzaghi è in trattative con Stratton, presidente del MIT, per una posizione stabile in quell'Istituto. In realtà Stratton chiede a Terzaghi di limitare la sua attività professionale, e questo è motivo di lunghe discussioni. Vienna gli offre sei assistenti per la ricerca e l'insegnamento, mentre il MIT forse solo due. Alla fine, nel 1930, Terzaghi decide di tornare a Vienna, dove viene accolto con tutti gli onori. Quello stesso anno aveva sposato Ruth Doggett.

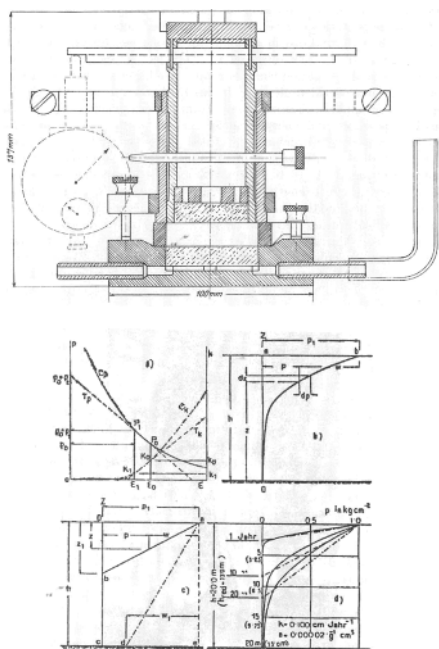


Fig. 3 - L'edometro e alcuni risultati di Terzaghi

#### Paul Fillunger

Paul Fillunger era nato nello stesso anno di Terzaghi. Figlio di un ingegnere ferroviario, aveva perso la madre ancora bambino. Il padre si era risposato e i rapporti fra il ragazzo e la matrigna furono pessimi; questa sembra una delle ragioni del carattere duro e austero di Fillunger. Dopo aver studiato ingegneria meccanica al Politecnico di Vienna ed aver ottenuto la laurea nel 1904, lavora alcuni anni in una compagnia ferroviaria austriaca.

Nel 1908 si sposa; nel 1909 nasce il suo unico figlio; la sua vita familiare scorre tranquilla. Dal 1910 insegna meccanica e materiali in un istituto tecnico di Vienna; come si è visto, per una strana coincidenza durante la Grande Guerra presta servizio in aeronautica insieme a Terzaghi. Nel 1923 gli viene

offerta la cattedra di Meccanica Applicata al Politecnico di Vienna.

È uno specialista di elasticità e plasticità con una vasta conoscenza della matematica. Ha una solida reputazione come ricercatore, come docente e come inesorabile esaminatore; alcuni ritengono che sia piuttosto rigido nelle sue convinzioni. È portato a criticare i lavori e le affermazioni dei colleghi nel campo della meccanica, mentre è molto suscettibile ad ogni minima critica al suo lavoro.

La brevità di questi cenni biografici è essa stessa indice del temperamento scontroso di Fillunger che, a differenza di Terzaghi, non ha lasciato diari, documenti, scritti autobiografici; ma è anche conseguenza della profonda differenza fra i due per quanto riguarda le vicende della vita e le esperienze pregresse.

#### *Terzaghi e Fillunger*

Fra il 1932 e il 1934 vi è una prima disputa scientifica fra Terzaghi e Fillunger, a proposito della sottospinta idraulica nelle dighe in calcestruzzo. Tradizionalmente, la sottospinta veniva calcolata assumendo che la diga avesse una fessura orizzontale alla base, entro la quale si instaurava la pressione idrostatica dell'acqua nel serbatoio. Fillunger aveva argomentato che il calcestruzzo non è un blocco impermeabile ma un materiale poroso; su questa base aveva proposto una nuova formula, che conduceva a sottospinte molto più ridotte e quindi meno gravose. Terzaghi non condivideva questa formulazione, e condusse una serie di esperi-

menti che mostrarono come il calcestruzzo obbedisse al principio delle pressioni efficaci; preparò quindi un lavoro che sosteneva tesi molto diverse da quelle di Fillunger, e tentò di discuterlo con quest'ultimo prima della pubblicazione. Fillunger rifiutò ogni confronto, e alla fine il lavoro<sup>5</sup> venne pubblicato con una interminabile coda di aspre discussioni scritte.

Questo precedente aveva segnato Fillunger, che probabilmente era geloso del successo del collega. Era inoltre preoccupato del fatto che la sua teoria, ormai largamente accettata nella pratica progettuale, fosse posta in dubbio; ogni ammissione di errore da parte sua lo avrebbe messo in cattiva luce. Per di più, Terzaghi aveva infranto una delle regole fondamentali del mondo accademico, invadendo un campo disciplinare che non era il suo. Come si dice, con metafora un po' cruda, ognuno è gallo sul suo letamaio!



*Fig. 4 - Paul Fillunger*

### *I contributi scientifici di Terzaghi e Fillunger*

Il principale contributo di Terzaghi allo sviluppo dell'Ingegneria Geo-tecnica, a giudizio di chi scrive, sta nella singolare intima unione di osservazione delle formazioni naturali, di studio del comportamento delle opere, di modellazione teorica e di intuizione che è stata la cifra del suo modo di fare l'ingegnere. Sul piano scientifico, tuttavia, il principale contributo che viene generalmente riconosciuto a Terzaghi è l'enunciazione del cosiddetto "Principio delle Tensioni Efficaci"<sup>6</sup>. In effetti, nel 1923 Terzaghi era impegnato a dimostrare la validità della legge di d'Arcy per le argille, e il metodo diretto di misura del coefficiente di permeabilità  $k$  non era praticabile per valori di  $k \leq 10^{-7}$  cm/s e cioè, appunto, per le argille. Alternativamente, Terzaghi aveva deciso di osservare il decorso nel tempo del cedimento di un provino di argilla satura in un apparecchio di compressione confinata appositamente ideato (l'edometro), e di ricavare il valore di  $k$  tramite un'interpretazione di tale decorso attraverso la teoria della consolidazione, anch'essa appositamente sviluppata.

Il principio delle tensioni efficaci era implicito, ma non enunciato con chiarezza. In realtà, perché ciò accada e siano esplicitate tutte le implicazioni pratiche del principio, bisognerà attendere il 1936. In quell'anno Rendulic, uno degli allievi di Terzaghi, scrive che: "il comportamento meccanico dell'argilla (deformazione, resistenza etc.) dipende solo dalle tensioni efficaci"<sup>7</sup>. Una for-

mulazione praticamente identica è contenuta in un articolo di Terzaghi al 1° Congresso Internazionale di Geotecnica organizzato da Casagrande a Harvard: "tutti gli effetti misurabili di una variazione di tensione, come una compressione, una distorsione o una variazione della resistenza a taglio, sono dovuti esclusivamente a variazioni delle tensioni efficaci"<sup>8</sup>. Infine, il principio delle tensioni efficaci e la teoria della consolidazione sono alla base del trattato pubblicato con Fröhlich<sup>9</sup>.

È veramente singolare scoprire che, in un lavoro precedente di molti anni quello del 1923 di Terzaghi, e relativo al calcestruzzo, anche Fillunger<sup>10</sup> aveva fatto uso del principio delle tensioni efficaci, ma senza rendersene conto e senza mai rivendicarlo in seguito. Alla pubblicazione nel 1936 del trattato di Terzaghi e Fröhlich, Fillunger reagisce con un pamphlet di cui si dirà in seguito nel quale, fra l'altro, espone una sua formulazione della teoria della consolidazione basata sui concetti della teoria delle miscele. Quest'ultima era stata concepita da Stefan<sup>11</sup>, ma non ancora sufficientemente sviluppata né applicata alla descrizione e all'analisi del comportamento dei mezzi porosi saturi. Il lavoro di Fillunger, all'epoca incompleto e comunque non utilizzabile, rappresenta uno straordinario contributo scientifico di grande originalità.

### *La tragedia*

Come si è detto, Fillunger rende pubblico il proprio dissenso da Terzaghi con un pamphlet, intitolato provocatoriamente

te *Erdbaumechnik*?<sup>12</sup> con il punto interrogativo, che stampa e distribuisce a proprie spese e nel quale critica la teoria di Terzaghi ed espone una propria, più completa teoria di grande interesse e originalità.

Appare tuttavia chiaro che Fillunger non ha ben compreso il senso delle ipotesi semplificative adottate da Terzaghi, che rendono la sua teoria un utile strumento per l'ingegneria; egli mostra la diffidenza del matematico per le soluzioni approssimate, che commenta con sarcasmo, e dimentica che il dibattito si sta svolgendo in una scuola di Ingegneria. Per di più il libello, sconfinando dal campo strettamente scientifico, contiene pesanti apprezzamenti e critiche personali a Terzaghi, che viene trattato da impostore, dedito solo a promuovere la propria attività professionale.

Terzaghi reagisce e si appella al corpo di governo del Politecnico - il *Kollegium* - sostenendo di essere stato pesantemente danneggiato nella sua reputazione scientifica, professionale e umana. Il *Kollegium* decide di avvalersi di una Commissione scientifica per valutare i fatti, e nomina in essa nove professori: K. Wolf (meccanica), R. Saliger (costruzioni in calcestruzzo), F. Schaffernak (costruzioni idrauliche), F. Jung (meccanica), L. Flamm (fisica),

A. Lechnar (meccanica), J. Kozeny (idraulica) e K. Schrutka-Rechtensamm (matematica).

La Commissione si riunisce per 18 volte, fra il dicembre del 1936 e il febbraio del 1937, giungendo alla conclusione che le critiche di Fillunger sono

infondate e in alcuni punti chiaramente sbagliate, anche dal punto di vista matematico.

A seguito di questo verdetto, il 6 marzo del 1937 Fillunger e la moglie Margarete si suicidano ingerendo dei sonniferi e aprendo il gas. Lasciano le seguenti lettere<sup>13</sup>:

“La mia cecità mi ha perduto; credevo di essere in buona fede e mi accorgo che non era così. I pesanti attacchi contro altre persone richiedono una pena, che solo io posso darmi. La mia coraggiosa moglie non mi lascerà solo nell'espiazione. Paul Fillunger”.

“L'amore e la devozione per la scienza che mio marito ha sempre considerato il suo bene più prezioso ci porta alla morte, a causa di un errore scientifico. Il nostro onore può essere salvato solo in questo modo, e ci si riconosca che questo errore scientifico è originato solo dalle idee più nobili e dalla più onesta e forte convinzione di essere al servizio della verità. Margarete Fillunger”.

### *Epilogo*

Terzaghi si lascia rapidamente alle spalle questo tragico episodio, e riprende la sua folgorante carriera. Diventa membro dell'Accademia Austriaca delle Scienze e, nel 1938, è incaricato di conferire la laurea *honoris causa* al presidente degli Stati Uniti Hoover.

Già nel 1935 era entrato in contatto con personaggi del calibro di Fritz Todt, Ispettore Generale delle autostrade tedesche, e dell'architetto Albert Speer, ministro dei lavori pubblici di Hitler. Nell'ambito di una consulenza per il



Fig. 5 - Un giornale di Vienna dell'8 marzo 1937

faraonico progetto della sede del partito nazista (*Reichsparteitag*) a Norimberga, sembra abbia incontrato lo stesso Hitler.

Con l'annessione dell'Austria alla Germania nazista, Terzaghi comincia a preparare il suo ritorno negli Stati Uniti. In realtà, Terzaghi appare del tutto indifferente ai problemi politici del suo tempo. Per quanto conti amici ebrei (Timoshenko, Mindlin, Newmark), non appare turbato dalle leggi razziste e dalle persecuzioni antiebraiche; valuta a lun-

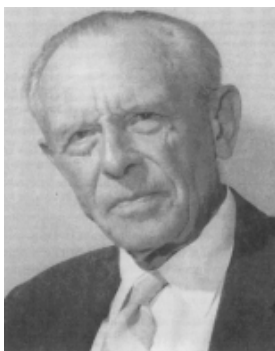


Fig. 6 - Karl Terzaghi nel 1958, all'età di 74 anni

go l'opportunità di accettare una posizione accademica a Berlino. Capisce però, alla fine, che il suo futuro è negli Stati Uniti. Contratta le sue dimissioni dal Politecnico di Vienna, al quale chiede un riconoscimento del suo lavoro da parte delle autorità, o addirittura dello stesso Hitler; le sue lettere all'Ateneo si concludono con il prescritto *Heil Hitler*. Con suo disappunto (ma con effetto certamente positivo sulla sua figura) viene licenziato senza alcun riconoscimento.

Nel 1938 è ad Harvard, dove terminerà la sua carriera accademica. Ormai ottantenne, muore il 25 ottobre del 1963, all'apice di una carriera straordinaria. In contrasto con la sua personalità straripante, aveva dettato per la sua tomba la seguente semplice epigrafe:

Karl Terzaghi  
*ingegnere civile*

nato il 2 ottobre 1883 a Praga, Austria, e  
morto il ...

Paul Fillunger, invece, viene condannato ad una specie di *damnatio memoriae*. Poco dopo il tragico evento, Heinrich (1938) pubblica un lavoro che contiene un giudizio assai positivo della teoria di Fillunger, e mostra come la teoria di Terzaghi ne sia una versione di prima approssimazione<sup>14</sup>.

Flamm, uno dei più autorevoli componenti della Commissione del Kollegium, replica con una nota che ribadisce con forza il giudizio della Commissione<sup>15</sup>. Dopo di allora, sulla questione scende il silenzio.





Fig. 7 - La via intitolata a Terzaghi a Vienna

Quando Skempton prepara un capitolo (*Significance of Terzaghi's concept of effective stress*) del libro in onore di Terzaghi<sup>16</sup>, sottopone a Casa-grande una prima bozza nella quale è contenuto un tenue riconoscimento del contributo di Fillunger del 1915. Casagrande risponde con una lettera assai aspra, chiedendo (ed ottenendo) una modifica del testo.

Solo molti anni dopo de Boer, Schiffman e Gibson, avendo attentamente analizzato le equazioni di Fillunger, concludono<sup>17</sup> che esse rappresentano una

formulazione corretta di quella che oggi viene chiamata poromeccanica, in anticipo di trent'anni.

A giudizio di chi scrive, questa vicenda è esemplare dell'interazione fra scienza e ingegneria. L'ingegneria moderna è basata sul metodo scientifico; è così indissolubilmente legata alla scienza, che senza di essa non potrebbe nemmeno essere concepita. L'uso di una teoria scientifica nell'ingegneria, tuttavia, è possibile solo nella misura in cui vengano istituite appropriate relazioni di corrispondenza fra i concetti astratti di una teoria ed il mondo reale dell'ingegneria. È in questo che l'opera di Terzaghi rivela la sua incisività, fino a dar luogo allo sviluppo di una nuova branca dell'ingegneria, l'ingegneria geotecnica.

Per quanto riguarda poi il costume accademico, che dire? I professori oggi litigano ancora, ma quasi mai per motivi scientifici e comunque non si suicidano più.

<sup>1</sup> GOODMAN R.E., *Karl Terzaghi. The Engineer as Artist*, ASCE Press, 1999.

<sup>2</sup> DE BOER R., *The Engineer and the Scandal; a Piece of Science History*, Berlin Heidelberg, Springer Verlag, 2005.

<sup>3</sup> TERZAGHI K., *Die Berechnung der Durchlässigkeitsziffer des Tones aus dem Verlauf der hydrodynamischen Spannungerscheinungen*. Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften in Wien, mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse, Abteilung IIa, Wien, pp. 125-138, 1923.

<sup>4</sup> TERZAGHI K., *Erdbaumechanik auf bodenphysikalischer Grundlage*, Leipzig/Wien, Franz Deuticke, 1925.

<sup>5</sup> TERZAGHI K. - RENDULIC L., *Die Wirksame Flächenporosität des Betons*, Zeitschrift des Österreichischen Ingenieur- und Architekten Vereines, Heft 1/2, pp. 1-9, 1934.

<sup>6</sup> TERZAGHI K., *Die Berechnung der Durchlässigkeitsziffer*, cit.

<sup>7</sup> RENDULIC L., *Porenziffer und Poren-wasserdruck in Tonen*, Der Bauingenieur, 27, pp. 559-564, 1936.

<sup>8</sup> TERZAGHI K., *The shearing resistance of saturated soils and the angle between the planes of shear*, in Proceedings 1<sup>st</sup> ICSMFE, Cambridge, Mass., pp. 54-56, 1936.

<sup>9</sup> TERZAGHI K., FRÖLICH O.K., *Theorie der Setzung von Tonschichte*, Leipzig/Wien, Deuticke, 1936.

<sup>10</sup> FILLUNGER P., *Versuche über der Zugfestigkeit bei allseitigem Wasserdruck*, Österreichische Wochenschrift für den öffentlichen Baudienst, 29, pp. 443-448, 1915.

<sup>11</sup> STEFAN J., *Über das Gleichgewicht und die Bewegung insbesondere die Diffusion von Gasmengen*, Kaiserliche Akademie der Wissenschaften in Wien, mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse, Abteilung IIa, Wien, pp. 63-124, 1871.

<sup>12</sup> FILLUNGER P., *Erdbaumechanik?*, Wien, Selbstverlag des Verfassers, 1936.

<sup>13</sup> DE BOER R., *The Engineer and the Scandal*, cit.

<sup>14</sup> HEINRICH G., *Wissenschaftliche Grundlagen der Theorie der Setzung von Tonschichten*, Wasserkraft und Wasserwirtschaft, 33, pp. 5-10, 1938.

<sup>15</sup> FLAMM L., *Beitrag zur Theorie der Setzung von Tonschichten*. Wasserkraft und Wasserwirtschaft, 33, 97-98, 1938.

<sup>16</sup> BJERRUM L., CASAGRANDE A., PECK R.B., SKEMPTON A.W., *From theory to practice in soil mechanic*, New York - London, Wiley, 1960.

<sup>17</sup> DE BOER R., SCHIFFMAN R.L., GIBSON R.E., *The origins of the theory of consolidation; the Terzaghi - Fillunger dispute*. Géotechnique, vol. 46, n. 2, pp. 175-186, 1996.