



# UNIVERSITÀ DI PAVIA

Anno Accademico 2018/2019

## GEOTECNICA

|                              |  |
|------------------------------|--|
| <b>Anno immatricolazione</b> | 2015/2016  |
| <b>Anno offerta</b>          | 2018/2019  |
| <b>Normativa</b>             | DM270  |
| <b>SSD</b>                   | ICAR/07 (GEOTECNICA)   |
| <b>Dipartimento</b>          | DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE E ARCHITETTURA   |
| <b>Corso di studio</b>       | INGEGNERIA EDILE-ARCHITETTURA  |
| <b>Curriculum</b>            | PERCORSO COMUNE  |
| <b>Anno di corso</b>         | 4°   |
| <b>Periodo didattico</b>     | Secondo Semestre (06/03/2019 - 14/06/2019)   |
| <b>Crediti</b>               | 9  |
| <b>Ore</b>                   | 77 ore di attività frontale  |
| <b>Lingua insegnamento</b>   | Italiano   |
| <b>Tipo esame</b>            | SCRITTO E ORALE CONGIUNTI  |
| <b>Docente</b>               | LAI CARLO GIOVANNI (titolare) - 7 CFU<br>GIOFFRE' DOMENICO - 2 CFU   |
| <b>Prerequisiti</b>          | I contenuti del corso di Scienza delle Costruzioni e di Idraulica.   |
| <b>Obiettivi formativi</b>   | <p>Il corso si propone di fornire agli studenti i fondamenti teorici sul comportamento meccanico ed idraulico dei terreni al fine di dotarli degli strumenti necessari a risolvere i principali problemi dell'ingegneria geotecnica come il dimensionamento e la verifica di fondazioni superficiali e di opere di sostegno delle terre. Lo studio della meccanica dei terreni è inquadrato a partire dalle evidenze sperimentali e prosegue poi attraverso la modellazione fisico-matematica. Particolare enfasi verrà posta durante il corso alla nozione di percorso degli sforzi e alla sua utilità come potente strumento nella soluzione di problemi ingegneristici di tipo geotecnico. Nel corso verrà anche adeguatamente trattato il tema della caratterizzazione geotecnica di un deposito di terreno e della costruzione del relativo modello geotecnico attraverso indagini in sito e di laboratorio. Tale argomento riveste una particolare</p> |

importanza in quanto propedeutico ai temi applicativi della progettazione di sistemi fondazionali. Il corso comprenderà ore di lezione nelle quali verranno svolti gli argomenti di teoria e ore di esercitazione dedicate allo svolgimento di esercizi e all'approfondimento di alcuni temi trattati a lezione. La suddivisione in moduli, con le relative ore di lezione (L) ed esercitazione (E) è indicata nel seguito.

Si precisa che i contenuti del corso sono gli stessi del corso mutuato di GEOTECNICA per allievi Edili-Architetti e Geologi.

#### Programma e contenuti

Primo modulo didattico (6L+4E) – Genesi, struttura, proprietà e classificazione dei terreni.  
Origine dei terreni e caratteri macrostrutturali dei depositi naturali. Relazione tra le fasi. Il chimismo delle argille. Identificazione e sistemi di classificazione dei terreni. Curve granulometriche. Limiti di Atterberg. Carta di plasticità di Casagrande. Parametri di stato iniziali. Interazione tra fase fluida e scheletro solido. Curva di compressibilità intrinseca di Burland.

Secondo modulo didattico (8L+4E) – Richiami di meccanica del continuo.

Analisi dello stato di tensione e di deformazione. Tensioni principali e ottaedriche. Uso degli invarianti. Decomposizione del tensore degli sforzi. Il cerchio di Mohr. Equazioni di equilibrio e di congruenza. Il legame costitutivo. L'ipotesi di mezzo elastico lineare. Isotropia e mezzo trasversalmente isotropo. Applicazione della teoria dell'elasticità al calcolo dello stato tensio-deformativo indotto in un mezzo omogeneo da carichi esterni. Il problema di Boussinesq e di Mindlin e loro rilevanza ai fini ingegneristici. Limiti di applicabilità della teoria elastica.

Terzo modulo didattico (6L+2E) – Il mezzo poroso: peculiarità e caratteristiche generali dei depositi naturali.

Natura particellare dei terreni. Limiti di applicabilità del modello continuo. Principio degli sforzi efficaci e suo significato fisico. Tensioni geostatiche totali, interstiziali ed efficaci. Depositi saturi e parzialmente saturi. Fenomeni di capillarità. Storia geologica e dello stato tensionale. Concetto di pressione di preconsolidazione. Coefficiente di spinta a riposo. Terreni normal-consolidati e sovraconsolidati. Preconsolidazione da fenomeni diagenetici e di invecchiamento.

Quarto modulo didattico (6L+4E) – Elementi di idraulica dei terreni.

Aspetti cinematici del moto dei fluidi. Equazioni fondamentali della meccanica dei fluidi. Forme di energia ed equazione di Bernoulli. Moti di filtrazione. Legge di Darcy. Condizioni di equilibrio in presenza di forze di filtrazione. Pressione idrodinamica e gradiente idraulico critico. Il problema del sifonamento di un fondo scavo e valutazione delle condizioni di sicurezza. Condizioni non-drenate e definizione dei parametri delle pressioni interstiziali di Skempton. Moti di filtrazione in regime stazionario. Derivazione dell'equazione di Laplace. Soluzioni grafiche di problemi di valori al contorno associati all'equazione di Laplace. Prove per la determinazione sperimentale della conducibilità idraulica.

Quinto modulo didattico (6L+4E) – Teoria della consolidazione. Equazione monodimensionale di consolidazione del Terzaghi. Struttura e analogia con l'equazione del calore. Soluzione analitica e numerica dell'equazione di Terzaghi. La prova edometrica. Determinazione della pressione di preconsolidazione. Parametri di deformabilità in condizioni edometriche. Cedimento edometrico e secondario (viscoso). Determinazione sperimentale del coefficiente di consolidazione. Influenza del disturbo del campionamento sui risultati della prova edometrica. Limiti della teoria monodimensionale del Terzaghi. Cenni ai processi di consolidazione in condizioni bi e tridimensionali. Dreni verticali e consolidazione radiale.

Sesto modulo didattico (8L+6E) – Il comportamento meccanico dei terreni: evidenze sperimentali e modellazione fisico-matematica. Premessa. Rappresentazione degli stati tensionali e dei percorsi di sforzo e di deformazione attraverso il cerchio di Mohr. Piano t-s, piano triassiale e piano q-p. Condizioni di drenaggio. Analisi in condizioni drenate e non-drenate. Criterio di rottura di Mohr-Coulomb. Principali apparecchiature di laboratorio. Apparecchio triassiale. Comportamento meccanico dei terreni a grana-fine. Resistenza al taglio e deformabilità delle argille NC e OC. Prove consolidate non-drenate e prove UU. Resistenza al taglio non-drenata. Prova scissometrica. Scelta dei parametri di resistenza al taglio nelle analisi di stabilità. Apparecchio di taglio diretto o scatola di Casagrande. Resistenza al taglio di picco e residua. Apparecchio in condizioni di deformazioni piane. Cenni sui modelli costitutivi avanzati del comportamento meccanico ed idraulico dei terreni. Approccio unificato alla modellazione costitutiva dei terreni. Cenni al modello Cam-Clay.

Settimo modulo didattico (6L) – Indagini geognostiche in sito e caratterizzazione geotecnica. Programma, obiettivi e estensione delle indagini. Sondaggi e prelievo dei campioni. Campionamento indisturbato. Prove in sito di tipo penetrometrico statiche e dinamiche. Correlazioni empiriche per l'interpretazione dei risultati delle prove SPT e CPT. Cenni alle prove pressiometriche e dilatometriche. Misura della pressione interstiziale. Installazione di piezometri. Cenni alle prove geofisiche di tipo sismico. Prove cross-hole e down-hole.

Ottavo modulo didattico (10L+6E) – Sistemi fondazionali ed opere di sostegno delle terre. Tipologie di fondazioni. Fondazioni dirette e su pali. Capacità portante delle fondazioni dirette. Meccanismi di rottura geotecnici e strutturali. Formula di capacità portante di Brinch-Hansen. Calcolo dei cedimenti delle fondazioni superficiali. Fondazioni profonde. Classificazione dei pali di fondazione. Pali infissi e trivellati. Capacità portante di un palo singolo soggetto a carichi assiali. Portata di base e portata laterale. Generalità sulle opere di sostegno. Calcolo della spinta attiva e resistenza passiva secondo le teorie classiche di Coulomb e di Rankine. Spinte dovute all'acqua e ai sovraccarichi accidentali. Opere di drenaggio. Cenni all'analisi delle opere di sostegno flessibili.

Esercitazioni (ore/anno in aula): 30  
Attività pratiche (ore/anno in aula): 0

#### Testi di riferimento

Appunti, articoli scientifici e altro materiale didattico sarà distribuito durante il corso. È consigliata la consultazione delle seguenti monografie:

Lancellotta, R. (2012). Geotecnica (4a edizione). Zanichelli, pp. 530. Testo di base consigliato.

Berardi, R. (2017). Fondamenti di Geotecnica (3a edizione). Città Studi, pp. 560. Testo di riferimento. Pragmatico e di facile comprensione adatto ad un primo contatto con la disciplina.

Atkinson, J. (1997). Geotecnica - Meccanica delle Terre e Fondazioni. Mc Graw Hill, pp.452. Testo di riferimento. Tratta sia la meccanica dei terreni sia i problemi di dimensionamento delle fondazioni e delle opere di sostegno anche se non in modo approfondito.

Holtz, R.D. & Kovacs, W.D. (1981). An Introduction to Geotechnical Engineering. Prentice-Hall, pp.733. Ottimo testo di approfondimento sul comportamento meccanico e idraulico dei terreni. Pragmatico e di facile comprensione.

Lambe, T.W. (1991). Soil Testing for Engineers. BiTech Publishers, pp. 165. Testo di riferimento per le prove geotecniche di laboratorio.

Lambe, T. W. & Whitman, R. V. (1990). Soil Mechanics. John Wiley & Sons, pp. 576. Testo di approfondimento classico di meccanica dei terreni.

Nova, R. (2002). Fondamenti di Meccanica delle Terre. Mc Graw Hill, pp.373. Testo di approfondimento sul comportamento meccanico e idraulico dei terreni. Approccio teorico avanzato.

Mitchell, J.K. & Soga, K. (2005). Fundamentals of Soil Behavior. Wiley and Sons, pp. 592. Testo di approfondimento sul chimismo delle argille e sull'interazione delle fasi fluide e solide del mezzo poroso.

Wood, D.M. (1990). Soil Behaviour and Critical State Soil Mechanics. Cambridge University Press, pp. 462. Testo di approfondimento sul comportamento meccanico e idraulico dei terreni. Approccio teorico avanzato.

Salgado, R. (2006). The Engineering of Foundations. McGraw-Hill, 928 pp. Testo di approfondimento sulle tematiche dell'ingegneria delle fondazioni.

Viggiani, C. (1999). Fondazioni. Hevelius, 568 pp. Testo di approfondimento sulle tematiche dell'ingegneria delle fondazioni.

#### Modalità verifica apprendimento

Durante il corso verranno assegnati esercizi e problemi inerenti gli argomenti del corso. Una verifica dell'effettivo svolgimento dei lavori

assegnati verrà svolta durante l'esame finale.

L'esame finale consiste in una prova scritta di circa 3 ore suddivisa in una prima parte di quesiti teorici ed una seconda di esercizi. Il voto finale risulterà dalla media aritmetica delle due parti che dovranno essere entrambe superate con una votazione superiore o uguale a 18/30. L'intera prova d'esame si svolgerà in modalità "closed-books" e cioè sarà ammesso all'esame SOLO l'uso della calcolatrice. Se ritenuto necessario allo svolgimento degli esercizi verrà distribuito un formulario.

#### Altre informazioni

Durante il corso verranno distribuiti gli appunti delle lezioni e articoli scientifici.

Il materiale didattico è pubblicato sulla piattaforma Kiro:

<https://elearning2.unipv.it/ingegneria/>

#### Obiettivi Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile

[Sbl legenda sviluppo sostenibile](#)