



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DELL'AQUILA

CORSI DI INGEGNERIA

A.A. 2013/2014

Fondazioni e stabilità dei pendii (I4C, I4R)

- Monaco Paola -

(Aggiornato il 5-03-2014)

Contenuti del corso (abstract del programma):

Introduzione alla progettazione geotecnica. Richiami di geotecnica. Programma indagini geotecniche. Progettazione geotecnica agli stati limite. Elementi di geotecnica sismica. Opere di sostegno: tipologie; calcolo spinte; progetto di muri di sostegno e paratie. Fondazioni: tipologie; progetto di fondazioni superficiali e su pali; interazione terreno-fondazione. Stabilità dei pendii.

Programma esteso:

INTRODUZIONE ALLA PROGETTAZIONE GEOTECNICA Il materiale "terreno". Problematiche peculiari in Ingegneria Geotecnica. Fattori che influenzano il progetto di una costruzione geotecnica. Fasi di progetto. Relazione Geotecnica. Coefficienti di sicurezza. Normativa italiana ed Eurocodici. Eurocodice 7. Categorie geotecniche 1, 2, 3 secondo EC7. Stati limite (ultimi, di esercizio). RICHIAMI DI GEOTECNICA Costituzione dei terreni. Proprietà fisiche. Terreni a grana grossa e a grana fine. Principio delle tensioni efficaci. Storia tensionale e grado di sovraconsolidazione (OCR), terreni NC e OC. Stato tensionale iniziale (K_0). Rappresentazione stati tensionali: cerchi di Mohr, percorsi di sollecitazione. Relazione sforzi-deformazioni-tempo nei terreni. Coefficiente di permeabilità. Condizioni drenate e non drenate. Resistenza al taglio. Criterio di rottura di Mohr-Coulomb. Riepilogo prove per determinazione resistenza al taglio (in laboratorio e in sito). Prove triassiali. Formula di Skempton. Determinazione resistenza al taglio non drenata C_u da prove triassiali UU. Significato e uso di C_u . Profili di C_u in depositi NC e OC. Determinazione dei parametri di resistenza al taglio c' , ϕ' da prove triassiali CU. Differenza di comportamento tra argille NC e OC in prove triassiali CU. Prove triassiali CD. Prove di taglio diretto. Scelta parametri di resistenza al taglio per analisi drenate e non drenate (condizioni critiche). Resistenza al taglio di terreni a grana grossa. Differenza di comportamento tra sabbie sciolte e dense. Dilatanza. Compressibilità dei terreni. Prova edometrica. Indagini geotecniche. Sondaggi. Prove geotecniche in sito (SPT, CPT-CPTU, Vane Test, pressiometro, DMT): modalità di esecuzione, campi di applicazione e parametri ricavati dall'interpretazione. PROGRAMMA INDAGINI GEOTECNICHE Caratterizzazione geotecnica. Articolazione programma indagini (studio di fattibilità, progetto di massima, esecutivo, indagini in corso d'opera). Volume significativo / estensione volume da indagare per diversi casi (fondazioni superficiali e su pali, scavi sostenuti da diaframmi, trincee). Numero e localizzazione punti di indagine. Indagini per interventi su fabbricati esistenti. Ruoli e responsabilità. Prescrizioni normative (NTC 2008). PROGETTAZIONE GEOTECNICA AGLI STATI LIMITE Criteri generali (Norme Tecniche per le Costruzioni ? NTC 2008). Stati Limite Ultimi e di Esercizio. Valori di

progetto e valori caratteristici. Approcci di calcolo secondo NTC 2008: coefficienti di sicurezza parziali e loro combinazioni. ELEMENTI DI GEOTECNICA SISMICA Propagazione di onde sismiche nel sottosuolo. Cenni sul comportamento meccanico dei terreni sotto azioni sismiche. Scenari di pericolosità durante un terremoto. Liquefazione. Risposta sismica locale (RSL). Evidenze di effetti di sito durante terremoti. Valutazione quantitativa della RSL. RSL di un sottosuolo ideale: strato omogeneo elastico su substrato rigido, strato omogeneo elastico su substrato deformabile, strato omogeneo visco-elastico su substrato rigido, strato omogeneo visco-elastico su substrato deformabile. Risonanza e doppia risonanza. RSL di un sottosuolo reale: influenza della non linearità, effetti 2D (di valle e topografici). Approcci alla valutazione della RSL: semplificato (spettri di risposta), analisi numeriche di RSL. Definizione dell'azione sismica nelle NTC 2008 secondo l'approccio semplificato (spettri di risposta). Zonazione sismica del territorio nazionale. Categorie di sottosuolo. Significato del parametro $V_{s,30}$. Coefficiente di amplificazione S . Cenni sulla modellazione numerica della RSL: definizione del modello geotecnico del sottosuolo, scelta dell'input sismico, scelta del codice di calcolo. Microzonazione sismica vs. studi di RSL. Caratterizzazione geotecnica ai fini sismici. Prove in sito e di laboratorio. Tecniche per la misura di V_s in sito: Down-Hole, Cross-Hole, cono sismico (SCPT), dilatometro sismico (SDMT), SASW-MASW. Misure di microtremiti. Prove cicliche/dinamiche di laboratorio (cenni). Uso integrato di indagini in sito e di laboratorio. Alcuni risultati di indagini sismiche nell'area dell'Aquila. OPERE DI SOSTEGNO --- Tipologie opere di sostegno --- --- Spinte su opere di sostegno --- Stati di equilibrio limite per spinta attiva e passiva. Spinte su muri di sostegno secondo diverse teorie (Rankine, Coulomb, Caquot-Kerisel, Lancellotta): ipotesi dei diversi metodi, formule per coefficienti di spinta K_a e K_p . Influenza delle deformazioni sul regime di spinta. Spinta K_0 in caso di deformazioni impedito. Spinte dei terreni in presenza di coesione. Spinte a breve termine (condizioni non drenate) e a lungo termine (condizioni drenate) in argille. Percorsi di sollecitazione per spinta attiva e spinta passiva e passaggio da breve a lungo termine (condizioni più sfavorevoli). Spinte dovute all'acqua. Sistemi di drenaggio. Spinte dovute a sovraccarichi. Spinte dovute ad azioni sismiche (metodo pseudostatico). Coefficienti K_{ae} e K_{pe} secondo Mononobe-Okabe. Coefficiente K_{pe} secondo Lancellotta (2007). Coefficienti moltiplicativi dei pesi per calcolo delle azioni sismiche sui muri secondo normativa sismica italiana previgente (D.M. 16.01.96) e normativa attuale (NTC 2008). Spinta dovuta all'acqua in condizioni sismiche. Prescrizioni di normativa sulle azioni sismiche (NTC 2008). --- Muri di sostegno --- Verifiche SLU per muri di sostegno. Coefficienti di sicurezza parziali e loro combinazioni (approcci di calcolo) secondo NTC 2008. Verifiche SLE. --- Paratie --- Aspetti esecutivi. Diaframmi in c.a., paratie di pali, palancolate in acciaio. Tiranti di ancoraggio. Puntoni. Problematiche scavi profondi in area urbana. Tecnica di costruzione top-down. Problematiche di progetto. Verifiche SLU. Aspetti idraulici (moti di filtrazione). Metodi di calcolo paratie: metodi dell'equilibrio limite, metodi di analisi dell'interazione terreno-struttura. Calcolo diaframmi a sbalzo e con un ancoraggio con metodi dell'equilibrio limite (free-earth e fixed-earth support). Introduzione al problema dell'analisi dell'interazione terreno-struttura. Calcolo paratie secondo metodo "a molle". Schematizzazione del terreno come mezzo alla Winkler. Legge costitutiva delle molle. Significato del coefficiente di reazione K_h . Formule per determinazione coefficiente di reazione K_h per paratie. Deformazioni indotte da scavi profondi. Diagrammi empirici per stima cedimenti piano campagna in funzione di altezza scavo e spostamento orizzontale paratia. Normativa (NTC 2008). FONDAZIONI --- Fondazioni superficiali --- Fondazioni superficiali e profonde. Requisiti di progetto di fondazioni. Tipologie di fondazioni superficiali: plinto, trave rovescia, platea. Curva carico-cedimento di fondazioni superficiali. Verifiche di sicurezza: SLU (capacità portante) e SLE (cedimenti). Meccanismi di rottura per capacità portante. Modello semplificato per derivazione formula trinomia di capacità portante (Terzaghi). Formula generale di Brinch-Hansen in tensioni efficaci (lungo termine) e in tensioni totali (breve termine). Fattori di capacità portante e coefficienti correttivi. Fondazione

equivalente per carichi eccentrici (regola di Meyerhof). Coefficienti di sicurezza e prescrizioni di normativa (NTC 2008). Cedimenti di fondazioni superficiali. Formule per calcolo dei cedimenti basate sulla teoria dell'elasticità. Tensioni indotte da carichi applicati in superficie (Boussinesq). Coefficienti di influenza. Moduli di deformazione. Cedimenti in terreni a grana fine: cedimento immediato (non drenato), cedimento di consolidazione (edometrico, corretto), cedimento secondario. Decorso cedimenti nel tempo. Richiami di teoria della consolidazione. Cedimenti in terreni a grana grossa. Cedimenti differenziali. --- Interazione terreno-fondazione --- Problematiche relative all'interazione terreno-fondazione. Modello di Winkler. Determinazione coefficiente di reazione K (Winkler) per fondazioni superficiali. Interazione terreno-fondazione secondo i modelli di semispazio elastico (Boussinesq) e strato deformabile di spessore finito (Koenig & Sherif). Fondazioni rigide e flessibili. Differenze tra modello di Winkler, semispazio elastico e comportamento reale. --- Pali di fondazione --- Campi di utilizzazione. Tipologie e modalità esecutive (pali trivellati, pali infissi, micropali). Influenza delle modalità esecutive sul comportamento del palo. Carico limite sotto carichi assiali. Calcolo carico limite (portata alla base e portata laterale) con formule statiche in terreni a grana fine e a grana grossa. Formule penetrometriche. Formule dinamiche per pali infissi (cenni). Prove di carico su pali (di progetto e di collaudo). Attrito negativo. Cedimenti. Pali in gruppo. Coefficienti di sicurezza e prescrizioni di normativa (NTC 2008). Pali soggetti a carichi orizzontali: carico limite, analisi del comportamento del palo in esercizio (Winkler). STABILITA' DEI PENDII Frane e territorio: la situazione in Italia. Cause di instabilità dei pendii naturali. Cinematismi di rottura. Classificazione delle frane (Varnes 1978). Metodi di analisi di stabilità basati sull'equilibrio limite: ipotesi di base, limiti, definizione fattore di sicurezza. Pendio indefinito (falda assente, sommerso con acqua in quiete, con moto di filtrazione parallelo al pendio, in terreno privo o dotato di coesione). Metodi delle strisce (esatti e semplificati). Metodi di Fellenius, Bishop semplificato, Janbu semplificato. Analisi di stabilità a breve termine in terreni coesivi. Scelta parametri di resistenza al taglio. Rottura progressiva. Primo distacco/riattivazione. Stabilità dei pendii in condizioni sismiche: aspetti generali ed approcci di analisi (metodi pseudostatici, metodi degli spostamenti o di analisi dinamica semplificata, metodi di analisi dinamica avanzata). Prescrizioni di normativa (NTC 2008) per pendii naturali e artificiali.

Testi di riferimento:

Materiale didattico fornito dal docente (slides lezioni, esercitazioni, dispense e schede monografiche) scaricabile dal sito e-learning@AQ dell'Università dell'Aquila www.didattica.univaq.it Testi consigliati: - Lancellotta R. e Calavera J. (1999). Fondazioni. McGraw-Hill, 611 pp. - Viggiani C. (1999). Fondazioni. Hevelius (2a ediz.), 565 pp. - Lancellotta R., Costanzo D. e Foti S. (2011). Progettazione geotecnica secondo l'Eurocodice 7 (UNI EN 1997) e le Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2008). Hoepli, 163 pp. Per "ripasso" e approfondimento dei principi di Geotecnica: - Appunti del corso di Geotecnica del Prof. Silvano Marchetti: <http://ing.univaq.it/geo/geotecnica.html> - Lancellotta R. (2012). Geotecnica. Zanichelli (4a ediz.) - Colombo P. e Colleselli F. (1996). Elementi di Geotecnica. Zanichelli. - Berardi R. (2013). Fondamenti di geotecnica. CittàStudi Edizioni (2a ediz.)

Modalità d'esame:

Una prova scritta (tre esercizi da svolgere in un'ora) seguita da un colloquio orale, basato su una discussione dello scritto e altri argomenti trattati nel corso.

Risultati d'apprendimento previsti:

Obiettivo del corso è fornire allo studente conoscenze di base e linee di indirizzo per la progettazione di opere di INGEGNERIA GEOTECNICA (in particolare FONDAZIONI e OPERE DI SOSTEGNO DEI TERRENI) e per l'analisi delle condizioni di STABILITA' DI PENDII, con riferimento alle normative tecniche di recente introduzione.