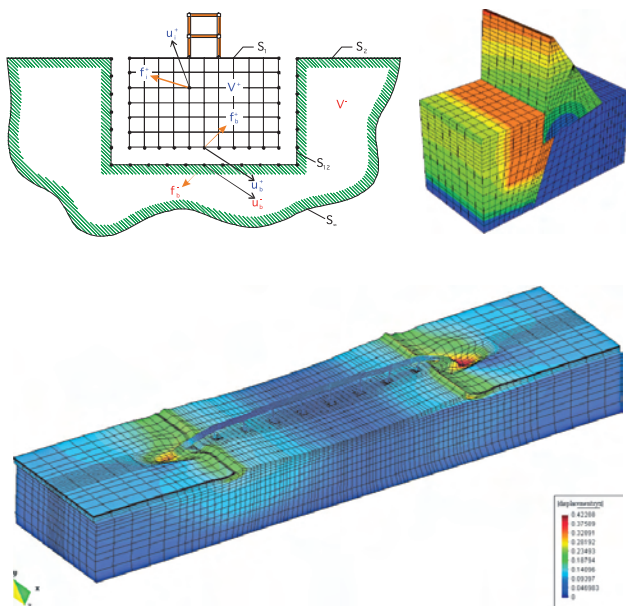


## CORSO BREVE IN

# MODELLAZIONE NUMERICA AVANZATA IN INGEGNERIA GEOTECNICA

Pavia, 28 – 29 Ottobre, 2011



## • A chi è rivolto

Il corso si svolge nell'ambito di un'iniziativa di EUCENTRE diretta ad affrontare i temi più specialistici legati alla progettazione strutturale e geotecnica che generalmente non trovano spazio all'interno dei corsi universitari di base o nei corsi di aggiornamento professionale tradizionali. Il corso è rivolto a professionisti e tecnici operanti nel campo dell'ingegneria civile ed ambientale interessati ad acquisire le conoscenze necessarie allo svolgimento di analisi numeriche avanzate nel campo dell'ingegneria geotecnica sia in campo statico che sismico.

## • Obiettivi del Corso

Il corso si propone di fornire ai partecipanti gli strumenti teorico-pratici necessari alla soluzione di problemi geotecnici mediante il ricorso ad analisi numeriche avanzate agli elementi finiti e alle differenze finite. Il grande progresso compiuto negli ultimi decenni sul fronte della meccanica computazionale e l'ordinarietà di utilizzo in ingegneria strutturale di software commerciale agli elementi finiti ha diffuso anche in campo geotecnico il ricorso alle analisi numeriche avanzate. Tuttavia le peculiarità della modellazione numerica agli elementi finiti (o alle differenze finite) in campo geotecnico, rispetto alle corrispondenti analisi in campo strutturale, sono molteplici. Tra esse spicca il fatto che il dominio del problema fisico da risolvere è semi-infinito per strutture fuori terra o addirittura infinito per strutture sotterranee. Ciò comporta la necessità di introdurre nel modello numerico frontiere fittizie e, in campo dinamico, degli artifici atti a simulare correttamente la radiazione di energia all'esterno della griglia di calcolo. Inoltre la modellazione costitutiva dei terreni è più complessa di quella di materiali convenzionali come il calcestruzzo o l'acciaio. Per esempio può essere necessario tener conto dell'accoppiamento idro-meccanico delle equazioni costitutive e cioè del fatto che la risposta meccanica prodotta dalle azioni esterne è anche accompagnata da una risposta idraulica che si manifesta attraverso fenomeni di filtrazione. Il corso si prefigge lo scopo di sensibilizzare la comunità tecnica dei professionisti sulle capacità previsionali dei metodi di modellazione numerica avanzata in ingegneria geotecnica. Nel corso verranno dapprima introdotti i fondamenti teorici di meccanica computazionale e di modellazione costitutiva dei mezzi porosi da rinomati specialisti della materia a cui farà seguito una illustrazione di casi di studio rilevanti anche tratti dalle esperienze dirette dei relatori.

## • Contenuti del Corso

La prima parte del corso è dedicata alla introduzione della teoria della elasto-plasticità incrementale applicata ai terreni e a concetti di base di meccanica computazionale del continuo deformabile con particolare riferimento ai metodi di discretizzazione FEM e FDM. Verrà quindi affrontato il tema della modellazione costitutiva del mezzo poroso e della sua implementazione numerica nei codici di calcolo commerciali. Successivamente verranno illustrate le varie fasi di soluzione di un problema geotecnico reale attraverso un solutore numerico FEM o FDM. Esse includono: la costruzione del modello, la definizione delle condizioni al contorno, l'inizializzazione degli sforzi litostatici, la calibrazione dei parametri del modello costitutivo adottato a partire dai risultati di prove sperimentali in sito e in laboratorio ed infine l'esecuzione delle analisi e il processamento dei risultati. Il corso termina con una illustrazione di casi-studio rilevanti che mostrano le potenzialità dei metodi numerici avanzati nella soluzione di problemi geotecnici complessi.

## • Programma del Corso

### Venerdì 28 Ottobre

9.00 – 11.00	<i>Concetti introduttivi della teoria della elasto-plasticità incrementale applicata ai terreni (Parte 1).</i> Evidenze sperimentali del comportamento idro-meccanico dei terreni. Condizioni drenate e non-drenate. Dilatanza. Modellazione matematica del comportamento sperimentale. Criterio di rottura di Mohr-Coulomb in condizioni di sforzo tri-dimensionale.
11.00 – 11.15	Pausa caffè
11.15 – 13.15	<i>Concetti introduttivi della teoria della elasto-plasticità incrementale applicata ai terreni (Parte 2).</i> Elasticità non-lineare, elasto-plasticità perfetta. Il postulato di normalità. Leggi di flusso associate e non associate. Criterio di rottura di Drucker-Prager. Il modello Cam-Clay originale e modificato. Teoria dello stato critico. Comportamento costitutivo terreni a grana-grossa. Modelli avanzati.
13.15 – 14.15	Pausa pranzo
14.15 – 16.15	<i>Elementi di meccanica computazionale (Parte 1).</i> Introduzione ai metodi di discretizzazione per la risoluzione di problemi di meccanica del continuo deformabile. Il metodo agli elementi finiti. Condizioni al contorno. Implementazione dei modelli costitutivi. Schemi di integrazione implicita ed esplicita. Stabilità e convergenza. Il metodo alle differenze finite. Vantaggi e svantaggi rispetto al metodo agli elementi finiti.
16.15 – 16.30	Pausa caffè
16.30 – 18.30	<i>Elementi di meccanica computazionale (Parte 2).</i> Soluzione numerica di problemi in deformazione piana. Modellazione FEM/FDM in campo dinamico. Condizione di radiazione di Sommerfeld. Frontiere assorbenti, elementi parassiali. Condizioni iniziali. Strategie di soluzione. Costruzione griglia di calcolo. Fasi di pre-processamento e post-processamento dei risultati delle analisi.

### Sabato 29 Ottobre

9.00 – 11.00	<i>Introduzione ai modelli costitutivi per sistemi multi-fase.</i> Il mezzo poroso saturo. Implementazione discreta dei modelli costitutivi mediante tecniche FEM e FDM. Condizioni al contorno idrauliche. Modellazione numerica di processi idraulici di filtrazione in regime stazionario. Filtrazione in regime transitorio e modelli idromeccanici accoppiati (consolidazione). Simulazione numerica delle condizioni non-drenate.
11.00 – 11.15	Pausa caffè
11.15 – 13.15	<i>Soluzione di problemi geotecnici mediante analisi numeriche avanzate.</i> Implementazione. Fasi di costruzione del modello numerico. Condizioni al contorno. Dimensione e spaziatura della griglia di calcolo. Inizializzazione degli sforzi litostatici. Modellazione delle interfacce terreno-struttura. Elementi di contatto. Calibrazione dei parametri del modello costitutivo da prove sperimentali in sito e in laboratorio.
13.15 – 14.15	Pausa pranzo
14.15 – 15.45	<i>Casi di studio – problemi di scavo, consolidazione e di interazione terreno-struttura in campo statico.</i>
15.45 – 16.00	Pausa caffè
16.00 – 18.00	<i>Analisi numeriche avanzate di problemi geotecnico-sismici. Peculiarità, esempi e casi-di studio.</i>

## • Coordinatore del Corso

**Prof. Ing. Carlo G. Lai**

Università degli Studi di Pavia

## • Docenti

**Prof. Ing. Ferdinando Auricchio**

Università degli Studi di Pavia

**Prof. Ing. Carlo Callari**

Università degli Studi del Molise

**Prof. Ing. Carlo G. Lai**

Università degli Studi di Pavia

**Prof. Ing. Claudio Tamagnini**

Università degli Studi di Perugia

**Dr. Ing. Martino Leoni**

WeSI - Wechselwirkung Studio Italiano, Genova

**Ing. Pasquale Carotenuto**

Norwegian Geotechnical Institute, Oslo (Norvegia)

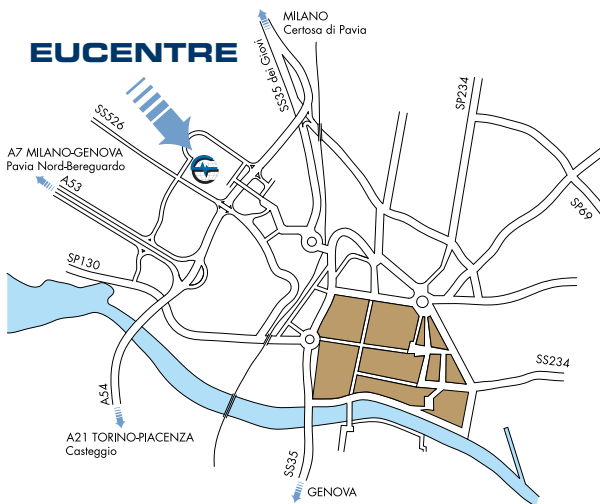
## • Responsabile del Corso

**Prof. Gian Michele Calvi**

Presidente del Centro Europeo di Formazione e Ricerca in Ingegneria Sismica (Eucentre) e direttore del Centro di Formazione Post-Laurea e Ricerca in Ingegneria Sismica e Sismologia (ROSE School, [www.roseschool.it](http://www.roseschool.it))

## • Come raggiungere Eucentre

La sede di Eucentre si trova all'interno del polo Cravino dell'Università di Pavia. Ulteriori informazioni su [www.eucentre.it](http://www.eucentre.it)



## • Modalità di Iscrizione •

### CORSO BREVE IN MODELLAZIONE NUMERICA AVANZATA IN INGEGNERIA GEOTECNICA

Per l'iscrizione è necessario registrarsi sul sito [www.eucentre.it](http://www.eucentre.it) nella sezione 'Didattica', compilare in tutte le sue parti il modulo di registrazione. In seguito utilizzare login e password per accedere all'area riservata e iscriversi da Menu Corsi. Dopo la comunicazione di disponibilità di posti da parte di Eucentre, l'iscrizione deve essere confermata entro il **14 Ottobre 2011** con pagamento tramite bonifico bancario o carta di credito (seguendo le modalità che saranno inviate tramite email). Si prega poi di mandare copia del pagamento ad uno dei seguenti recapiti: fax: (+39) 0382.529131 - e-mail: [corsi@eucentre.it](mailto:corsi@eucentre.it). Qualora tale documentazione non arrivasse entro la data indicata Eucentre considererà la prenotazione disdetta. La quota di partecipazione al corso è di € 600 + IVA 20%.



## • Elenco Corsi Brevi programmati per l'anno 2011

- Applicazione di Tecniche di Indagine Sperimentale per la Valutazione degli Edifici;
- Progettazione Sismica di Edifici in Muratura;
- Progettazione Sismica di Strutture in Cemento Armato.

Il corso prevede un numero massimo di 48 partecipanti che saranno selezionati in ordine di iscrizione. Alla fine del corso verrà rilasciato un attestato di frequenza. Il costo del corso è di € 600 + IVA 20%: sono inclusi pranzi, coffee break e materiale didattico.

Da versare sul c.c. bancario intestato a: Centro Europeo di Formazione, (IBAN IT36S0504811302000000042461), presso Banca Popolare Commercio e Industria - Strada Nuova 61/C, 27100 Pavia specificando il titolo del corso ed il nominativo del partecipante. È previsto anche il pagamento con carta di credito (seguire istruzioni email di conferma).

**Eventuali ritiri nei tre giorni precedenti l'inizio del corso saranno soggetti a penale pari al 30% del costo totale.**

Il corso si terrà presso Eucentre, aula didattica, Via Ferrata, 1 Pavia. Gli interessati sono pregati di contattare la segreteria del Centro:



**EUCENTRE**

Centro Europeo di Formazione e Ricerca in Ingegneria Sismica

Via Ferrata, 1 - 27100 Pavia, Italy  
Tel. (+39) 0382.516911 - Fax: (+39) 0382.529131  
E-mail: [corsi@eucentre.it](mailto:corsi@eucentre.it) - web-site: [www.eucentre.it](http://www.eucentre.it)



Dipartimento della Protezione Civile  
Presidenza del Consiglio dei Ministri



Centro Europeo di Formazione e Ricerca in  
Ingegneria Sismica (Eucentre)



Rete dei Laboratori Universitari di  
Ingegneria Sismica (Reluis)