



CLASSIFICAZIONE SISMICA DEGLI EDIFICI E INTERVENTI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO SISMICO

Ruolo delle indagini geotecniche nella definizione dei modelli geotecnici di sottosuolo per le verifiche di edifici sotto azioni sismiche

Prof. Ing. Stefano AVERSA

Dipartimento di Ingegneria - Università di Napoli Parthenope



Napoli 25 Gennaio 2017 – Basilica di san Giovanni Maggiore Pignatelli



Modello Geotecnico di Sottosuolo in NTC (2008)

Indice

Il Modello Geotecnico di sottosuolo

Rischio Sismico

Differenza tra MZS e NTC

Indagini per RSL

Conclusioni



Modello Geotecnico di Sottosuolo in NTC (2008)

Presentazione di alcuni paragrafi delle NTC (2008)

+

Esegesi degli stessi



Modello Geotecnico di Sottosuolo in NTC (2008)

6.1.2 PRESCRIZIONI GENERALI

Le scelte progettuali devono tener conto delle prestazioni attese delle opere, dei caratteri geologici del sito e delle condizioni ambientali.

I risultati dello studio rivolto alla caratterizzazione e modellazione geologica, di cui al § 6.2.1. devono essere esposti in una specifica relazione geologica.

Le analisi di progetto devono essere basate su modelli geotecnici dedotti da specifiche indagini e prove che il progettista deve definire in base alle scelte tipologiche dell'opera o dell'intervento e alle previste modalità esecutive.

Le scelte progettuali, il programma e i risultati delle indagini, la caratterizzazione e la modellazione geotecnica, di cui al § 6.2.2, unitamente ai calcoli per il dimensionamento geotecnico delle opere e alla descrizione delle fasi e modalità costruttive, devono essere illustrati in una specifica relazione geotecnica.



Modello Geotecnico di Sottosuolo in NTC (2008)

6.1.2 PRESCRIZIONI GENERALI

Si richiede di:

- tener conto dei caratteri geologici del sito
- effettuare uno studio geologico *ad hoc*, riportando i risultati in una specifica **Relazione Geologica**
- effettuare le analisi di progetto utilizzando modelli geotecnici basati su indagini geotecniche definite dal progettista
- riportare scelte progettuali, indagini e calcoli geotecnici nella **Relazione Geotecnica**

Non esiste la relazione geologico-tecnica!

Non esiste neanche più la relazione sulle fondazioni!



Modello Geotecnico di Sottosuolo in NTC (2008)

6.2 ARTICOLAZIONE DEL PROGETTO

Il progetto delle opere e dei sistemi geotecnici deve articolarsi nelle seguenti fasi:

1. caratterizzazione e modellazione geologica del sito;
2. scelta del tipo di opera o d'intervento e programmazione delle indagini geotecniche;
3. caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni e delle rocce e definizione dei modelli geotecnici di sottosuolo;
4. descrizione delle fasi e delle modalità costruttive;
5. verifiche della sicurezza e delle prestazioni;
6. piani di controllo e monitoraggio.

Si fissa una sequenza soprattutto logica!

**A tutela delle competenze e delle professionalità
del consulente geologo e del progettista**



Modello Geotecnico di Sottosuolo in NTC (2008)

6.2.1 CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO

La caratterizzazione e la modellazione geologica del sito consiste nella ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio.

In funzione del tipo di opera o di intervento e della complessità del contesto geologico, specifiche indagini saranno finalizzate alla documentata ricostruzione del modello geologico.

Esso deve essere sviluppato in modo da costituire utile elemento di riferimento per il progettista per inquadrare i problemi geotecnici e per definire il programma delle indagini geotecniche.

Metodi e risultati delle indagini devono essere esaurientemente esposti e commentati in una relazione geologica



Modello Geotecnico di Sottosuolo in NTC (2008)

6.2.1 CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO

Finalità della Modellazione Geologica

Possibilità di eseguire specifiche indagini

Metodi e risultati in Relazione Geologica

Il Modello Geologico deve essere di riferimento al progettista per la definizione del programma delle indagini geotecniche

Ruolo degli studi geologici

Chiara differenziazione tra
indagini geologiche e indagini geotecniche

Sequenza logica più che cronologica



Modello Geotecnico di Sottosuolo in NTC (2008)

6.2.2 INDAGINI, CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA

Le indagini geotecniche devono essere programmate in funzione del tipo di opera e/o di intervento e devono riguardare il volume significativo di cui al § 3.2.2, e devono permettere la definizione dei modelli geotecnici di sottosuolo necessari alla progettazione.....

.....

Per modello geotecnico si intende uno schema rappresentativo delle condizioni stratigrafiche, del regime delle pressioni interstiziali e della caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni e delle rocce comprese nel volume significativo, finalizzato all'analisi quantitativa di uno specifico problema geotecnico.

Le indagini geotecniche devono tenere conto dei manufatti e delle modalità costruttive per la definizione dei Modelli Geotecnici di Sottosuolo

Definizione del Modello Geotecnico di Sottosuolo



Responsabilità del progettista

6.2.2 INDAGINI, CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA

.....

Per modello geotecnico si intende uno schema rappresentativo delle condizioni stratigrafiche, del regime delle pressioni interstiziali e della caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni e delle rocce comprese nel volume significativo, finalizzato all'analisi quantitativa di uno specifico problema geotecnico.

È responsabilità del progettista la definizione del piano delle indagini, la caratterizzazione e la modellazione geotecnica.

Definizione del Modello Geotecnico di Sottosuolo

Responsabilità culturale, tecnica e giuridica



Responsabilità del progettista

6.2.2 INDAGINI, CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA

.....

Le indagini e le prove devono essere eseguite e certificate dai laboratori di cui all'art.59 del DPR 6.6.2001, n.380. I laboratori su indicati fanno parte dell'elenco depositato presso il Servizio Tecnico Centrale del Ministero delle Infrastrutture.

Nel caso di costruzioni o di interventi di modesta rilevanza, che ricadano in zone ben conosciute dal punto di vista geotecnico, la progettazione può essere basata sull'esperienza e sulle conoscenze disponibili, ferma restando la piena responsabilità del progettista su ipotesi e scelte progettuali.

Indagini quantitative richiedono laboratori affidabili

Non sono necessarie indagini per la cuccia del cane!

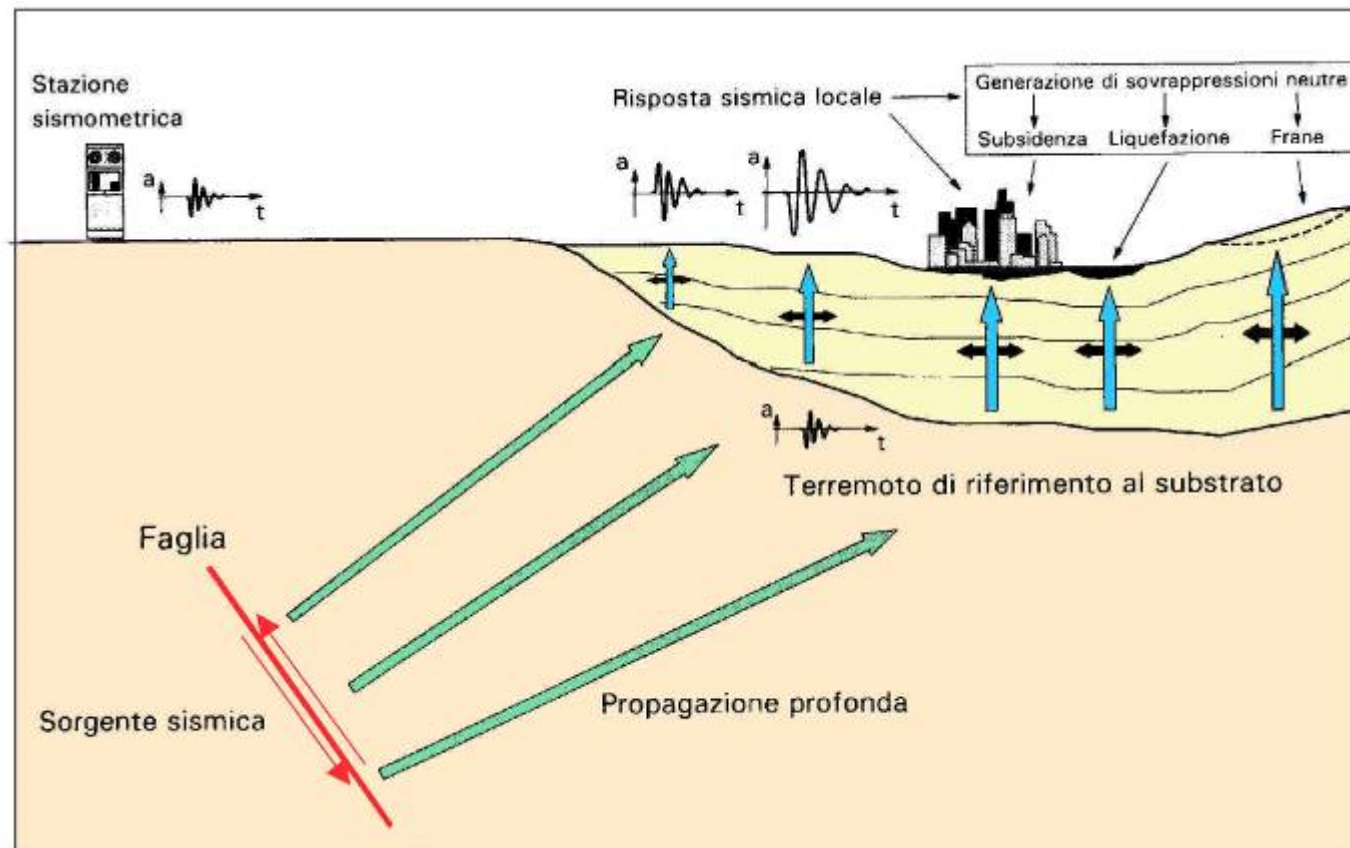


S. Aversa

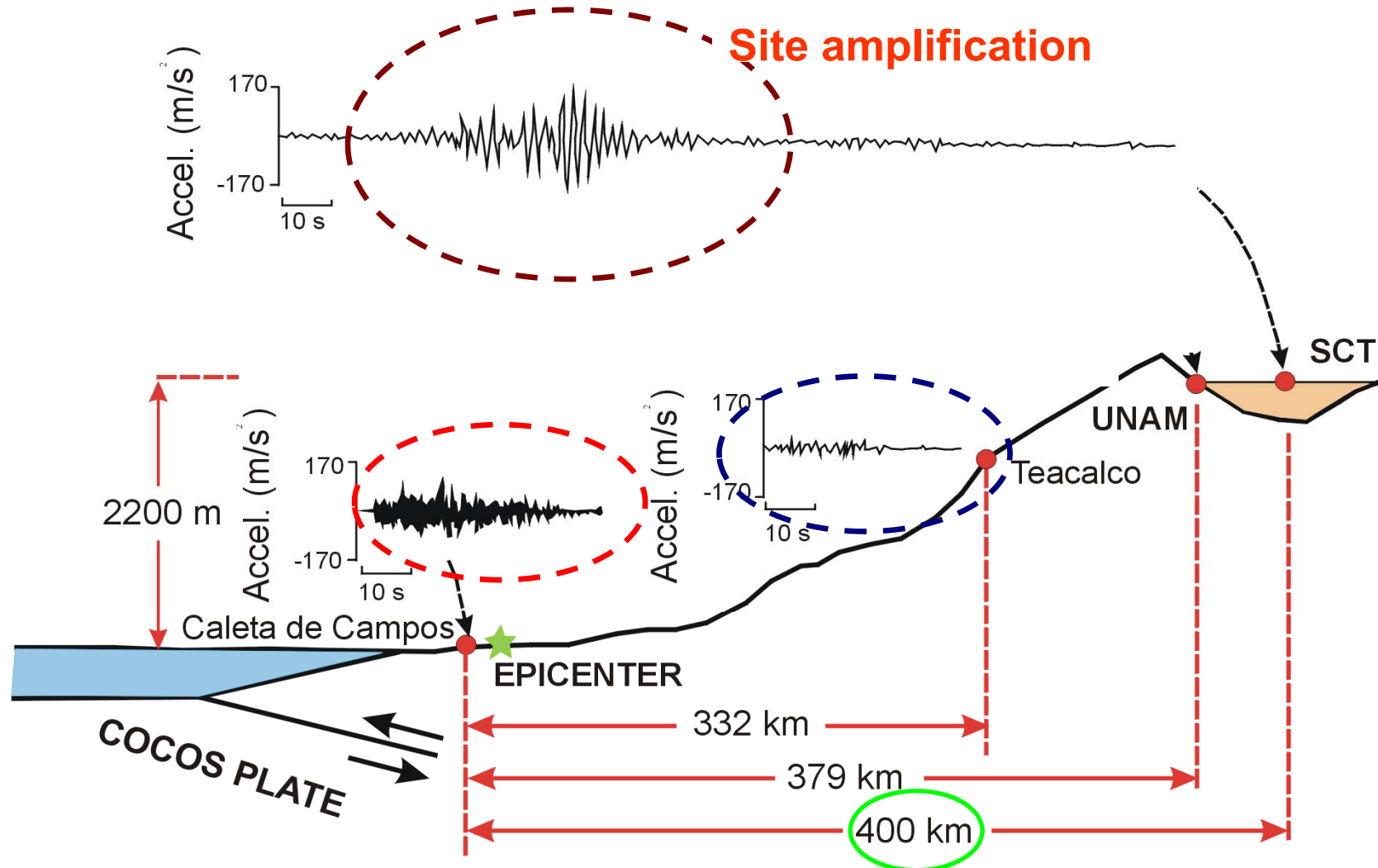
Indagini per lo studio della RSL



Inquadramento del problema



Mexico City earthquake, 1985 (Magnitudo=8.1)





S. Aversa

Strumenti di mitigazione del rischio sismico

Scale di indagine, competenze, obiettivi

SCALA NAZIONALE

Stato e Regioni



ZONAZIONE SISMICA

Suddivisione del territorio in zone a diversa *pericolosità sismica di base*



SCALA LOCALE

Enti locali
(Comuni e Provincie)



MICROZONAZIONE SISMICA

Suddivisione di una data area in sottozone caratterizzate da diversa *pericolosità sismica locale* o da *condizioni di instabilità*



SCALA MANUFATTO

Professionisti



PROGETTAZIONE ANTISISMICA

(considerando le azioni sismiche sul manufatto, inclusa l'interazione terreno-struttura)



S. Aversa

Effetti sismici di sito

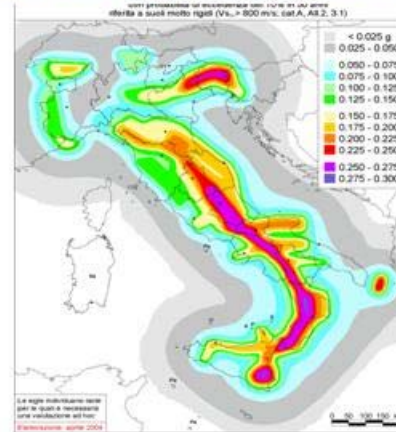
Strumenti di mitigazione del rischio sismico

Obiettivi ed elaborati

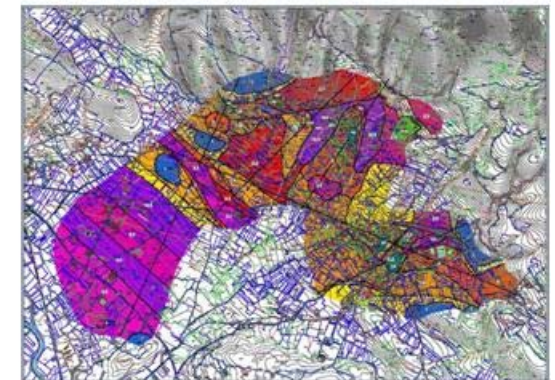
Zonazione sismica

Scala nazionale

Mappe di pericolosità sismica



Carte di microzonazione sismica



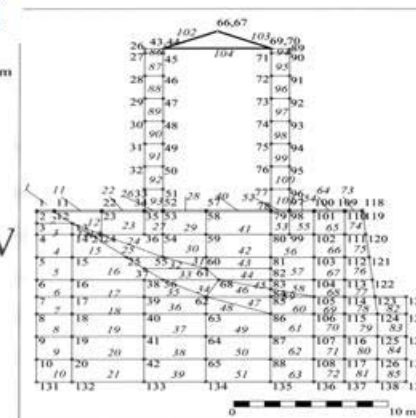
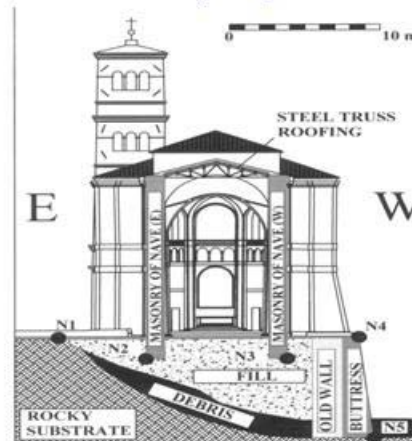
Microzonazione sismica

Scala locale

Elaborati progettuali

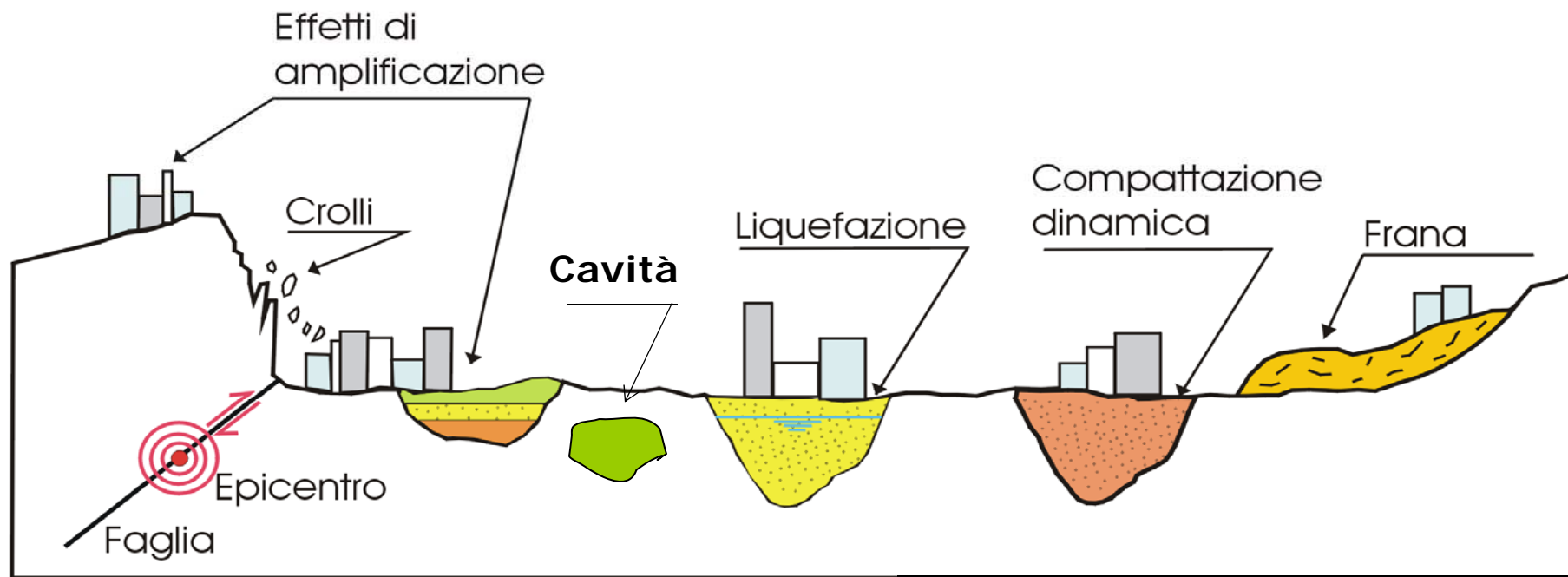
Progettazione antisismica

Scala manufatto



Effetti di sito

- Analisi dell'amplificazione sismica
- Liquefazione
- Stabilità dei pendii e dei fronti di scavo





EFFETTI DI SITO

Scale di indagine, competenze, obiettivi

SCALA LOCALE

Enti locali
(Comuni e Provincie)



MICROZONAZIONE SISMICA

Suddivisione di una data area in sottozone caratterizzate da diversa *pericolosità sismica locale* o da *condizioni di instabilità*



SCALA MANUFATTO

Professionisti



PROGETTAZIONE ANTISISMICA

(considerando le azioni sismiche sul manufatto, inclusa l'interazione terreno-struttura)



Effetti sismici di sito

MS vs RSL (NTC)

...Benché la scala tipica della MS sia quella 'urbana' e quella delle NTC sia quella della singola 'costruzione', poiché anche le nuove NTC offrono al progettista indicazioni sulle modalità di valutazione degli effetti locali, questa coincidenza di obiettivi ha dato origine anche recentemente ad una notevole confusione, soprattutto per quanto riguarda i ruoli e gli ambiti professionali coinvolti, che hanno gettato ombre e diffidenze verso l'uno o l'altro documento.

differente scala alla quale i due strumenti di prevenzione operano: la MS opera in ambiti territoriali e subterritoriali mentre le NTC riguardano la progettazione di opere a scala di manufatto; perciò per la progettazione si richiedono informazioni molto più puntuali di quelle richieste da uno studio di MS

modalità di utilizzo degli studi di MS: quando ufficialmente riconosciuti dalle Regioni e dalle Amministrazioni locali, gli studi di MS sono direttamente utilizzabili per la programmazione territoriale e urbanistica e per la programmazione dell'emergenza; ...



Finalità

- **Microzonazione Sismica: Pianificazione urbanistica e gestione dell'emergenza**
- **Risposta Sismica Locale: definizione azioni sismiche su opere**



Altre differenze

- **Scala:**
 - Urbana per MS
 - Manufatto per RSL

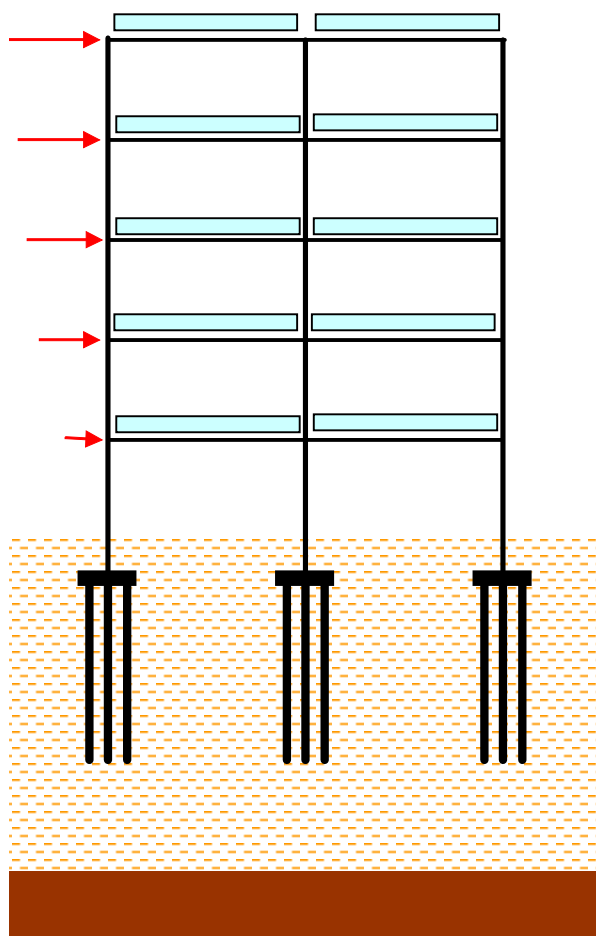
- **Prodotti:**
 - FA (FV, FH) per MS
 - Spettri per RSL



Altre differenze (ancora)

- **Riferimento:**
 - **Piano Campagna (free-field) per MS**
 - **Piano di riferimento per RSL (anche con interazione con struttura)**
- **Responsabilità:**
 - **Estensore dello studio per MS**
 - **Progettista per RSL**

Risposta Sismica Locale Inquadramento del problema



Fase A0

Definizione dell'azione sismica sulla
struttura (interazione terreno-struttura)

Fase A1

Analisi della struttura in elevazione

Fase A2

Analisi della fondazione sotto le azioni
inerziali trasmesse dalla struttura in
elevazione



Effetti sismici di sito – aspetti normativi

Valutazione azione sismica (NTC, 2008)

- **Specifiche analisi di risposta sismica (I scelta)**

oppure

- **Analisi semplificata della risposta sismica (II scelta)**

$$a_{\max} = S \cdot a_g = S_S \cdot S_T \cdot a_g$$

S_S = coefficiente di amplificazione stratigrafica

S_T = coefficiente di amplificazione topografica



Effetti sismici di sito – aspetti normativi

Categorie di sottosuolo (e non di suolo !!!)

Classe	Litologia	$V_{s,30}$ (m/s)	$N_{SPT,30}$	$C_{u,30}$ (kPa)
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi (con eventuale coltre di alterazione < 3m)</i>	> 800	-	-
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti (con spessori > 30 m e miglioramento graduale di proprietà meccaniche con la profondità)</i>	360-800	> 50	> 250
C	<i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti (con spessori > 30 m e miglioramento graduale di proprietà meccaniche con la profondità)</i>	180-360	15-50	70-250
D	<i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti (con spessori > 30 m e miglioramento graduale di proprietà meccaniche con la profondità)</i>	< 180	< 15	< 70
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m (su substrato con $V_s > 800$ m/s)</i>	< 360	< 50	< 250
S1	<i>Depositati con uno strato > 8 m di terreni fini poco consistenti o > 3 m di torba o argille organiche</i>	< 100	-	10-20
S2	<i>Terreni liquefacibili, argille sensitive o altri terreni non classificabili nelle categorie precedenti</i>			



Effetti sismici di sito – aspetti normativi

Analisi della Risposta Sismica Locale

Nuova Problematica



**Indagini integrative finalizzate alla
costruzione dei
Modelli Geotecnici di Sottosuolo**



Indagini integrative per RSL:

- **Non sono le sole indagini geotecniche**
- **Vanno inquadrate nell'ambito del piano di indagini “tradizionali” che è condizionato da:**
 - **Tipologia strutturale**
 - **Stati limite da esaminare**
 - **Caratteristiche sottosuolo**



Possibili indagini integrative per RSL:

- **Cross-hole** (indagine di riferimento)
- **Down-hole** (buon compromesso)
- **SCPT o SDMT** (analoghi a Down-hole)
- **SASW o MASW** (interpretazione non banale; necessità di conoscere stratigrafia)



Possibili indagini integrative per RSL:

- **Cross-hole** (indagine di riferimento)
- **Down-hole** (buon compromesso)
- **SCPT** o **SDMT** (analoghi a Down-hole)
- **SASW** o **MASW** (interpretazione non banale; necessità di conoscere stratigrafia)

Altre tecniche, tipo quelle basate sul rapporto H/V, non sono finalizzate a caratterizzare il terreno per studi di RSL



Conclusioni: responsabilità del progettista

La programmazione delle indagini geotecniche:

- non dovrebbe essere affidata a soggetti terzi
- non dovrebbe essere effettuata dal Committente prima di assegnare l'incarico professionale al progettista

Le prove dovrebbero essere eseguite da ditte di fiducia del progettista

Le prove per RSL non esauriscono le indagini geotecniche

Non esistono prove “miracolose” che fanno tutto senza “buchi”



Conclusioni: costi delle indagini e delle prove (1/2)

Le indagini hanno dei costi minimi al di sotto dei quali non è possibile realizzarle

- La qualità del progetto dipende fortemente dalla qualità delle indagini
- La sicurezza dell'opera dipende dalla numerosità e dalla qualità delle indagini



Conclusioni: costi delle indagini e delle prove (2/2)

- Il costo delle indagini, anche in campagne molto significative, è sempre modesto se confrontato al valore delle opere
- Le indagini dovrebbero essere considerate alla stregua degli oneri per la sicurezza
- I loro costi non dovrebbero essere soggetti a ribasso
- Non è corretto affidare incarichi professionali di consulenza (geologica o geotecnica) comprensivi degli oneri di indagini



(Albrecht Dürer, Rinoceronte)

Importanza di trattare le problematiche geotecniche in modo quantitativo

con indagini geotecniche opportunamente programmate e interpretate dal progettista!

Hanno elefanti selvaggi e **unicorni** non meno grossi degli elefanti che nel pelame somigliano ai bufali e nelle zampe agli elefanti. L'**unicorno** ha poi un corno in fronte molto grosso e nero; e vi dirò che egli non si difende con quel corno ma si serve della lingua tutta spinosa e dei ginocchi. La sua testa somiglia a quella del porco selvatico e la porta sempre chinata in basso; ama molto restare tra la melma e il fango; **è molto brutto** da vedersi e **non somiglia affatto all'idea che ne abbiamo noi**, né a ciò che diciamo quando lo descriviamo come **un animale che si lascia prendere in braccio da una vergine**; è proprio l'opposto.