Scenari dettagliati e provvedimenti finalizzati alla prevenzione sismica nell'area urbana di Catania

Coordinatore: Prof. Michele Maugeri

Introduzione

I principali argomenti di ricerca nel secondo anno di attività del Progetto riguardano: la caratterizzazione del moto atteso al suolo e gli effetti di sito; la vulnerabilità dell'ambiente fisico, delle infrastrutture viarie e del sistema urbano; la vulnerabilità ed il miglioramento sismico degli edifici per prevenire il danno. Per ognuno di questi argomenti l'attività di ricerca e gli obiettivi da raggiungere sono riportati nel seguito.

Gli obiettivi principali riguardo alla caratterizzazione del moto atteso al suolo e gli effetti di sito sono: modello di sorgente del terremoto di scenario; rilievo geologico di dettaglio e mappa geologica dell'area urbana di Catania; misure di microtremori; valutazione degli effetti di sito; accelerogrammi sintetici in superficie ed alle differenti profondità del "bedrock".

I principali obiettivi riguardo alla vulnerabilità dell'ambiente fisico, delle infrastrutture viarie e del sistema urbano sono: indagini su siti campione di rilevante interesse; prove in situ dentro i fori di sondaggio; campionamento indisturbato e prove di laboratorio in campo dinamico per valutare il comportamento non lineare del terreno; aggiornamento delle proprietà dinamiche del terreno e della mappa geotecnica includendo le stratigrafie di tutti i sondaggi ed i risultati delle misure geofisiche e delle prove di laboratorio; microzonazione sismica dell'area urbana di Catania; modellazione della vulnerabilità dei pendii al terremoto di scenario ed applicazione del modello alla frana di Monte Po, nell'area urbana di Catania; modellazione del fenomeno di liquefazione e dei relativi fenomeni di instabilità noti come "lateral spreading"; rilievo delle cavità presenti nel sottosuolo di Catania ed implementazione di una banca dati delle cavità rilevate; vulnerabilità delle infrastrutture viarie, incluso fenomeni di instabilità di pendii, di rilevati e di opere di sostegno che possono causare l'interruzione del sistema viario; valutazione della vulnerabilità del sistema urbano.

I principali obiettivi riguardo alla vulnerabilità ed al miglioramento sismico degli edifici per prevenire il danno sono: valutazione della tipologia costruttiva, prove di identificazione, valutazione della vulnerabilità e della resistenza al sisma di edifici monumentali; valutazione della vulnerabilità e della resistenza al sisma della più diffusa tipologia di edifici in c.a.; miglioramento sismico della più diffusa tipologia di edifici in c.a. con tecniche tradizionali ed innovative; realizzazione di un codice di pratica per il miglioramento della più diffusa tipologia di edifici in c.a.; trasferimento del codice di pratica agli Ordini Professionali ed ai tecnici; trasferimento agli Uffici del Comune del Sistema Informativo Territoriale (SIT), contenente la banca dati ed i risultati ottenuti dal Progetto di Ricerca; criteri di priorità per l'esecuzione dei lavori di miglioramento.

L'unità di ricerca N. 8 si è ritirata dal Progetto per difficoltà causate dalla riduzione temporanea del finanziamento per il secondo anno di ricerca; tuttavia gli obiettivi principali del Progetto di Ricerca non sono cambiati perché l'attività di ricerca prevista per l'U.R. N.8 sarà svolta dalla U.R. N.4 e dalla U.R. n.9.

Caratterizzazione del moto atteso al suolo ed effetti di sito

La caratterizzazione del moto atteso al suolo e gli effetti di sito sono gli argomenti principali dell'attività di ricerca della U.R. n. 4 (Responsabile Scientifico: G. Lombardo), U.R. n. 5 (Responsabile Scientifico: G. Immè), U.R. n. 9 (Responsabile Scientifico: E. Priolo) ed U.R. n. 1, quest'ultima limitatamente alla valutazione degli effetti di sito (Responsabile Scientifico: M. Maugeri).

L'attività di ricerca della U.R. n. 4 può essere riassunta come segue:

- gli studi riguardanti le simulazioni dello "strong ground motion" prodotto nell'area urbana da diversi terremoti di scenario sono proseguiti confermando in parte i risultati già pubblicati. Contemporaneamente, sono state completate le analisi ed interpretazioni di un set di registrazioni di microtremori, i cui risultati sono stati oggetto di pubblicazione (Catalano et al., 2003);
- sono state realizzate ed analizzate numerose nuove campionature dei microtremori in aree campione ubicate nel centro storico ed in prossimità di particolari strutture tettoniche, ed inoltre sono state realizzate misure in siti caratterizzati dalla presenza di cavità ed in alcuni edifici storici e di civile abitazione;
- è stato realizzato un rilievo geologico di dettaglio, in una parte dell'area del centro storico di Catania consentendo un significativo miglioramento della carta geologica di Catania (Monaco et al., 2003).

L'attività di ricerca della U.R. n. 5 riguarda la realizzazione di misure in laboratorio di velocità sismiche in campioni di roccia sottoposti ad alte pressioni.

Sono state effettuate misure in laboratorio di velocità sismiche attraverso campioni di rocce di tipologie differenti. In particolare sono state sottoposte a compressioni ultrasoniche sia rocce vulcaniche della regione etnea sia carbonati appartenenti al suo basamento. Il set-up sperimentale per i tests di pressione consistevano di un generatore di impulsi e di un oscilloscopio digitale, in dotazione già dell'U.R. Si è potuto constatare che la velocità Vp è fortemente influenzata dalla presenza di microfratture e dalla mineralogia delle rocce. Tali velocità vengono anche influenzate dalle caratteristiche di anisotropia delle rocce. L'interesse per questo studio, nell'ambito del progetto, è legato alle informazioni fondamentali che se ne possono trarre dalla determinazione delle velocità di trasmissione delle onde sismiche in mezzi strutturalmente differenti, e al confronto con eventuali segnali provenienti da un sismometro sottomarino (Beranzoli and Favali, 2003), trasmessi attraverso cavi a fibre ottiche, ai fini della realizzazione di un sistema di pre-allarme sismico.

L'attività di ricerca della U.R. n. 9 riguarda: a) simulazione di terremoti (Laurenzano and Priolo, 2003) e risposta locale a Catania e nell'area circostante (Priolo et al., 2003); b) inversione del data-base aggiornato di intensità, per una migliore caratterizzazione della sorgente (Pettenati et al., 2003).

Nell'ambito del tema a) è stato simulato numericamente il terremoto della Sicilia Orientale del 13.12.1990 (M= 5.8), l'unico terremoto significativo registrato nell'area in esame. La valutazione degli effetti di sito del terremoto di scenario del 1693 ($M \cong 7$), è stata effettuata in sette siti attraverso un metodo 2-D, con lo scopo di analizzare come il campo d'onda si modifica durante il suo passaggio attraverso la sequenza degli strati di suolo più superficiali. I risultati di queste simulazioni sono stati usati anche dalla U.R. 1 per stimare l'applicabilità di un metodo 1-D (Grasso et al., 2003).

Le simulazioni numeriche sono state effettuate con il metodo agli elementi spettrali 2-D di Chebyshev. I siti studiati sono allineati lungo il transetto t_{01}, lo stesso che fu utilizzato per le simulazioni del terremoto distruttivo del 1693 di Catania durante il primo progetto (GNDT, 1999; Priolo, 1999). In questo studio, la struttura superficiale del modello è stata definita in dettaglio presso i sette siti prescelti usando tutte le informazioni geotecniche disponibili. I sismogrammi sono stati calcolati a differenti profondità, partendo dalla superficie, per studiare la propagazione del campo d'onda attraverso un centinaio di metri di suolo. La sorgente è posizionata lungo il segmento settentrionale della faglia Ibleo-Maltese ed ha meccanismo normale puro (Figura 1). La sorgente è definita da 5 sorgenti puntuali elementari, che sono usate per riprodurre la propagazione della rottura e la distribuzione eterogenea del momento sismico lungo la faglia in modo approssimato. Sono stati simulati quattro diversi tipi di distribuzione e rilascio di momento sismico.
A titolo di esempio dei risultati ottenuti, la Figura 2 mostra un confronto tra le risposte calcolate presso tre siti (rispettivamente i nn. 1, 3, e 5). La figura mostra le strutture 1-D dei siti, le forme d'onda calcolate ed i rapporti spettrali tra le accelerazioni calcolate ad alcune profondità e il ricevitore più basso, che è collocato nell'ipotetico bedrock.
Nell'ambito del tema b) sono state eseguite inversioni automatiche per la sorgente partendo da vari "data set" di intensità - fra cui Barbano e Rigano (2001) - disponibili per i due terremoti distruttivi del 1693, dei quali si sono quindi ottenuti i principali parametri cinematici e geometrici di sorgente. A seconda dei diversi cataloghi utilizzati, le sorgenti del 9 e dell'11/1/1693, ottenute per inversione, formano una faglia complessa segmentata e/o en-echelon orientata per NNE, lunga circa 60 km, da verticale a immergente ad alto angolo verso ESE o WNW, con meccanismo da strike-slip a 50% strike-slip e 50% dip-slip. Questa struttura attraverserebbe la Sicilia SE dal Plateau Ibleo fino quasi alla costa jonica a sud di Catania. Al limite dell'errore negativo la sorgente invertita per l'11 gennaio sarebbe compatibile con il decorso della linea Scicli-Ragusa-Monte Lauro, che affiora circa 12-14 km più ad ovest.
L'attività di ricerca della U.R. n. 1, riguardante gli effetti di sito, si è concretizzata nella valutazione di tali effetti in corrispondenza di 108 chiese, che sono state georeferenziate. La risposta sismica locale è stata valutata con un codice 1-D che tiene conto della non linearità del terreno (Grasso and Maugeri, 2003a).

Vulnerabilità dell'ambiente fisico, delle infrastrutture viarie e del sistema urbano

La vulnerabilità dell'ambiente fisico, delle infrastrutture viarie e del sistema urbano sono i principali argomenti di ricerca delle U.R. n.1 (Responsabile Scientifico: M. Maugeri) e della U.R. n. 3 (Responsabile Scientifico: G. Dato).
L'attività di ricerca della U.R. n.1 può essere riassunta come riportato nel seguito.
La tecnica GIS (Grasso and Maugeri, 2003b) è stata utilizzata per la zonazione della vulnerabilità dell'ambiente fisico della città di Catania. In aggiunta al sito campione di via Stellata, sviluppato nel primo Progetto, i due nuovi siti campione di Piazza Palestro e della Chiesa di San Nicola alla Rena sono stati analizzati. Sondaggi, prove in situ e prove di laboratorio, incluse prove di colonna risonante e taglio torsionale ciclico sono state eseguite per valutare il comportamento non lineare del terreno. Sono in corso le indagini in due nuovi siti campione in corrispondenza di due

edifici la cui vulnerabilità è stata valutata in un caso nell'ambito del primo Progetto Catania e nell'altro caso nell'ambito di questo Progetto.
Per valutare il pericolo di instabilità dei pendii, due nuovi modelli sono stati sviluppati, di cui uno per pendii in argilla, la cui instabilità è influenzata dalla degradazione ciclica della resistenza (Biondi and Maugeri, 2003) ed uno per pendii in sabbia saturi, per i quali la stabilità è influenzata dall'incremento della pressione interstiziale (Biondi et al., 2002). Il modello riferito ai pendii in argilla è stato applicato per l'analisi degli spostamenti della frana di Monte Po in Catania (figg. 3 e 4). Il modello riferito a pendii in sabbia satura, è stato applicato a pendii lungo la costa di Catania, dove a causa della liquefazione fenomeni di rottura con forti spostamenti laterali sono possibili.
Un nuovo modello per l'analisi della capacità portante, tenendo conto anche delle forze di inerzia nel terreno sottostante la fondazione e solidale con essa è stato messo a punto, seguendo le indicazione dell'Eurocodice EC8 (Maugeri and Novità, 2003). Il modello è stato applicato alla verifica delle fondazioni di un edificio in c.a. costruito a Catania, prima dell'entrata in vigore delle norme sismiche. Il fenomeno di interazione terreno-struttura è stato analizzato mediante prove su tavola vibrante; sono in corso di esecuzione applicazioni ai telai di un edificio in c.a. sito in Catania.
È continuato il rilievo delle cavità presenti nel sottosuolo di Catania per costituire una apposita banca dati. In particolare sono state esaminate: la Casa di Sant'Agata, la cavità di Piazza A. Di Benedetto, le cavità di via Lavandaie, il Pozzo Gammazita, la cavità di Piazza Currò e la Cripta della Chiesa di S. Agostino (Bonaccorso and Lo Giudice, 2003). Per quanto riguarda il sistema delle infrastrutture viarie una metodologia originale è stata sviluppata per valutare la funzionalità residua del sistema in caso di sisma, ai fini della libera circolazione dei soccorsi (Cafiso et al., 2003). Tale metodologia è stata applicata ad un'area del centro urbano di Catania. La vulnerabilità fisica delle strutture viarie è correlata alla stabilità delle opere di sostegno. A tal fine è stato elaborato un modello di calcolo (Caltabiano et al., 2003a), con particolare riferimento alla valutazione del fattore di sicurezza in caso di sisma (Caltabiano et al., 2003b).
L'attività di ricerca dell'U.R. n. 3 può essere sintetizzata nel modo seguente.
La vulnerabilità sismica del sistema urbano di Catania è considerata con una serie di relazioni tra le aree costruite e le aree vuote di collegamento. Sono state esaminate 1.346 aree vuote costituite da strade e piazze. Sono state definite le cause di esposizione della popolazione in ogni area vuota, dipendenti dalle attività praticate nelle contigue aree costruite. A questo fine le principali tipologie delle attività economiche sono state determinate mediante la compilazione di una apposita scheda. Il punteggio assegnato alle cinque categorie individuate (anno di costruzione del manufatto dove l'attività è localizzata, numero di fruitori per ora, funzione della strada, presenza di attività analoghe nel raggio di 300 m, vulnerabilità generale) ha il limite superiore di 50, che corrisponde al massimo indice di rischio. Per quanto riguarda la valutazione della vulnerabilità generale del sistema urbano di Catania, i seguenti fattori sono stati considerati: organizzazione delle strutture verticali (presenza di connessioni tra muri ortogonali); la natura delle strutture verticali (materiali impiegati e loro condizioni); localizzazione dell'edificio; tipo di fondazioni; distribuzione degli elementi resistenti; regolarità del progetto; presenza di appendici o aggetti; stato di fatto ed eventuali interventi di miglioramento o di mantenimento realizzati; unione di strutture.

Vulnerabilità e miglioramento sismico degli edifici per prevenire il danno

La vulnerabilità ed il miglioramento sismico degli edifici per prevenire il danno sono i principali argomenti di ricerca della U.R. n. 7 (Responsabile Scientifico: G. Zingone), della U.R. n.2 (Responsabile Scientifico: G. Oliveto) e della U.R. n. 6 (Responsabile Scientifico: F. Braga).

L'attività di ricerca della U.R. n. 7 è stata dedicata alla definizione del modello di calcolo dinamicamente identificato della Chiesa di S. Nicolò l'Arena, che rappresenta uno dei più importanti monumenti del centro storico di Catania. Alla scelta del suddetto monumento si è pervenuti attraverso un'indagine di carattere diagnostico effettuata a mezzo schede appositamente elaborate, che hanno consentito di definire una scala di priorità basata sui livelli di vulnerabilità di 10 chiese ad una o più navate.

A tale scopo sono stati utili i risultati ottenuti nella prima fase del Progetto Catania.

Per l'acquisizione delle caratteristiche dinamiche in termini di accelerazione si è proceduto ad una prova vibrazionale in sito. Sono state impiegate moderne tecniche di identificazione strutturale, che consentono di potere definire modelli di calcolo di elevata attendibilità (fig. 5a) rispondenti a quelli reali in termini di frequenze e modi di vibrare. L'analisi del dominio del tempo e delle frequenze dei dati acquisiti hanno consentito di trarre utili informazioni sui valori delle rigidezze flessionali e torsionali e sullo stato di danneggiamento dei vari elementi strutturali. Il modello di calcolo dinamicamente identificato è stato utilizzato per la determinazione dei vari modi di vibrare, di tipo torsionale (fig. 5b) e flessionale (fig. 5c), che hanno messo in luce interessanti aspetti riguardanti: la vulnerabilità globale di primo e secondo livello e la resistenza sismica dei vari elementi strutturali; la formazione di meccanismi di probabile collasso di macro-elementi significativi del sistema strutturale.

L'attività di ricerca della U.R. n. 2 è stata dedicata ai problemi della valutazione della resistenza sismica e della vulnerabilità degli edifici esistenti, nonché a quelli dell'adeguamento antisismico di edifici esistenti vulnerabili. I due problemi sono stati considerati in stretta successione procedurale nel senso che preliminarmente è stata valutata la resistenza sismica, e di conseguenza la vulnerabilità, di un edificio esistente e successivamente è stato definito e valutato l'intervento di adeguamento antisismico elettivo per lo stesso edificio.

L'edificio considerato, costruito negli anni '70 e mai completato, presentava uno stato di degradazione che andava opportunamente valutato ai fini della determinazione della resistenza sismica attuale. In tale direzione sono stati applicati i procedimenti di valutazione della resistenza e della vulnerabilità sismica messi a punto nel corso del primo anno e che hanno trovato la loro collocazione nella letteratura nazionale (Oliveto et al., 2001) e internazionale (oliveto et al., 2002). I risultati dell'analisi hanno messo in evidenza uno stato di alta vulnerabilità per la classe di sismicità attesa per il sito di costruzione. Tra i possibili sistemi di adeguamento antisismico, l'edificio in esame risultava particolarmente adatto all'applicazione delle tecniche di adeguamento mediante isolamento alla base. La struttura esistente risultava tuttavia vulnerabile anche per il terremoto filtrato dal sistema di isolamento alla base, per cui si rendeva necessario in ogni caso il suo irrigidimento. Esso veniva perseguito con la disposizione di modeste pareti in conglomerato cementizio armato che ponevano comunque interessanti problemi di modellazione (Marletta, 2003). Pertanto l'edificio adeguato si presentava dotato di un sistema di isolamento alla base e di un sistema di irrigidimento della sovrastruttura.

Lo studio ha messo in evidenza un comportamento interessante e peraltro atteso. La disposizione delle pareti, comportando un irrigidimento del sistema, ha determinato una diminuzione dei periodi di vibrazione dell'edificio attraendo forze sismiche maggiori. L'aumento di resistenza non è risultato tuttavia commisurato all'incremento di sollecitazione per cui, per certe direzioni del sisma, la resistenza sismica diminuiva anziché aumentare. L'intervento del sistema di isolamento, aumentando in misura considerevole i periodi di vibrazione e introducendo uno smorzamento addizionale, riduceva notevolmente le forze sismiche facendo in modo che il comportamento della sovrastruttura fosse essenzialmente lineare. I risultati degli studi sopra descritti sono stati presentati nel corso del Workshop sul secondo anno di attività del Progetto (Caliò and Marletta, 2003; Caliò et al., 2003); alcuni argomenti fanno parte del contenuto di una tesi di dottorato di prossima discussione (Marletta, 2003).
L'attività di ricerca della U.R. n. 6 ha riguardato due prodotti: un Codice di Pratica contenente indicazioni sulle strategie di intervento da attuare per ridurre il rischio sismico nella città di Catania (Braga et al., 2003) e lo sviluppo di un sistema intelligente per la valutazione della vulnerabilità delle strutture (Padula, 2003).
Il Codice di Pratica fornisce indicazioni sull'acquisizione dati, sulla valutazione della capacità prestazionale degli edifici e sulle strategie di intervento. L'impostazione del Codice è simile a quella delle raccomandazioni proposte dall'ATC 40 ("Seismic evaluation and retrofit of concrete buildings"). Le metodologie proposte dall'ATC 40 saranno opportunamente calibrate sulla realtà presente sul territorio della Città di Catania. La calibrazione è in fase di attuazione.
La Banca Dati è un sistema integrato finalizzato alla valutazione della vulnerabilità sismica degli edifici in c.a. e costituisce un supporto al Codice di Pratica. E' un sistema integrato in quanto integra tra loro diversi moduli: 1) un sistema CAD per l'acquisizione dati; 2) un banca dati di tipo relazionale; 3) un sistema esperto; 4) algoritmi finalizzati ad elaborazioni meccaniche ed a sintesi di tipo statistico; 5) un sistema GIS per la gestione dei dati a livello territoriale.

Conclusioni

Il primo Progetto Catania ha proposto un terremoto di magnitudo M=7 per simulare il terremoto di scenario dell'11 gennaio 1693. Il terremoto di scenario proposto è caratterizzato da valori di accelerazioni di picco (PGA) variabili da 0.15 a 0.35g. Studi di dettaglio sono stati effettuati per approfondire le caratteristiche del terremoto di scenario e valutare le incertezze relative ai modelli applicati. A tal fine sono state considerate differenti distanze della sorgente sismica dalla città di Catania, variabili da 15 a 25 km, e diversi modelli di sorgente impiegati dalla U.R. n. 4 e dalla U.R. n. 9. A parità di distanza della sorgente sismica (15 Km) ed impiegando la stessa metodologia (SPEM) sono stati valutati gli effetti dovuti ad una sorgente estesa di tipo uniforme o con una o più asperità (U.R. n. 9). Un carattere innovativo è rappresentato dalla sperimentazione in laboratorio su campioni in roccia ad elevate pressioni (U.R. n.5), per i riflessi dei risultati sulle leggi di attenuazione. Misure di microtremori eseguite in alcune aree campione hanno evidenziato significativi fenomeni di amplificazione locale, dovuti alle particolari condizioni geolitologiche del terreno (U.R. n. 4). In relazione al ruolo fondamentale giocato dalla natura geologica dei terreni è stato approfondito il modello geologico della città di Catania (U.R. n. 4), praticamente ignorato dal primo Progetto Catania. Gli effetti di sito sono stati altresì

studiati con diversi modelli di risposta di tipo 2-D ed 1-D. Una procedura innovativa è stata quella di generare accelerogrammi sintetici alla profondità corrispondente al bedrock convenzionale. Questo aspetto innovativo ha consentito di evidenziare significative amplificazioni del terreno che hanno fornito valori di accelerazione al suolo fino a 0.5g, considerevolmente maggiori di quelli massimi indicati dal primo progetto Catania.

Per quanto riguarda la vulnerabilità sismica dell'ambiente fisico (U.R. n. 1), oltre il sito campione di via Stellata studiato nel primo Progetto Catania, sono stati studiati altri due siti campione rappresentativi in Piazza Palestro ed in corrispondenza della Chiesa di San Nicola alla Rena, la cui vulnerabilità è stata studiata anche in campo strutturale. Altri due siti campione, ubicati in corrispondenza di un edificio esaminato dal primo Progetto Catania e di un edificio esaminato in questo Progetto sono in corso di studio. La simulazione della risposta del terreno con modelli 1-D ha mostrato una notevole influenza delle caratteristiche di non linearità del terreno sul moto atteso in superficie. Dai risultati ottenuti risulta preferibile impiegare nelle zone epicentrali e pianeggianti modelli 1-D non lineari rispetto a modelli 2-D lineari. Per l'analisi della vulnerabilità dell'ambiente fisico da frana, sono stati messi a punto due modelli innovativi di cui uno riferito a pendii in argilla ed uno riferito a pendii in sabbia satura. I modelli presentati a Riviste e Convegni internazionali sono stati applicati alla valutazione della pericolosità di frane nella città di Catania e del pericolo di liquefazione. Un altro elemento considerato, peculiare per la città di Catania, è la pericolosità derivante dalla presenza di cavità nel sottosuolo (U.R. n. 1). Un modello originale è stato altresì sviluppato per la valutazione della stabilità delle fondazioni, tenendo conto dell'inerzia del terreno sottostante la fondazione, come raccomandato dall'Eurocodice EC8. Un modello originale è stato infine sviluppato per la stabilità dei muri di sostegno in condizioni sismiche. Tale argomento è di rilevante importanza per la vulnerabilità delle infrastrutture viarie intese come elemento fisico. Una procedura originale è stata altresì elaborata per l'analisi della funzionalità delle infrastrutture viarie durante e dopo l'evento sismico (U.R. n. 1). Un ulteriore aspetto innovativo è rappresentato dall'esame della vulnerabilità sismica del sistema urbano, considerato nel suo complesso, ancorché analizzato con sistemi speditivi per quanto riguarda sia la vulnerabilità degli aggregati urbani sia la valutazione della esposizione della popolazione al rischio sismico (U.R. n. 3).

Una procedura originale è stata utilizzata per la identificazione strutturale della Chiesa di S. Nicola alla Rena (U.R. n. 7), nonché per l'esame della vulnerabilità e della resistenza al sisma di un edificio, per il quale è stato proposto un intervento di adeguamento sismico con sistemi innovativi (U.R. n. 2).

Per quanto riguarda lo stato di avanzamento della redazione del Codice di Pratica e del sistema integrato finalizzato alla valutazione della vulnerabilità degli edifici (U.R. n. 6), si può affermare che è stato già effettuato il 65% del lavoro.

I risultati ottenuti nel secondo anno di ricerca sono stati esposti e dibattuti nell'ambito del Workshop *"Detailed Scenarios and Actions for Seismic Prevention of Damage in the Urban Area of Catania",* tenuto a Catania il 09-10 Gen. 2003, al quale hanno partecipato tecnici locali e ricercatori di altri progetti. Non essendo stato assegnato personale temporaneo al Progetto, come risulta dagli interventi nel Workshop, i risultati sono stati ottenuti con il contributo dei dottorandi (G. Biondi, A. Condorelli, S. Grasso, M. Marletta) che hanno in corso tesi con argomento inserito nell'ambito dei

temi di interesse del progetto e che fanno parte delle U.R. n. 1 e n. 2. Tuttavia per il secondo e terzo anno di attività il Progetto potrà avvalersi di un ricercatore a tempo determinato (M.R. Massimino) e di una borsista di post-dottorato (D. Novità), assegnati al Progetto con fondi dell'Università di Catania.
Complessivamente lo stato di avanzamento del Progetto ha consentito di raggiungere gli obiettivi previsti nel secondo anno di ricerca. In particolare sono stati completati gli aspetti di tipo metodologico nonché l'elaborazione di modelli originali ed innovativi. Nel terzo ed ultimo anno di attività è prevista l'applicazione di tali modelli e metodologie in aree campione dove tutte le U.R. lavoreranno con riferimento a: valutazione degli effetti di sito, microzonazione, valutazione della vulnerabilità dell'ambiente fisico (frane, liquefazione, cavità), vulnerabilità ed adeguamento di edifici campione. Dovrà essere altresì completamento il Codice di Pratica per gli edifici in c.a. ed il sistema esperto.

Pubblicazioni dei risultati ottenuti nel secondo anno di ricerca

Workshop su "Detailed Scenarios and Actions for Seismic Prevention of Damage in the Urban Area of Catania", Catania 9-10 Gen. 2003.

Beranzoli L., Favali P., 2003: SN-1 – The first Italian seafloor observatory for seismic monitoring.
Biondi G. Maugeri M., 2003. Cyclic degradation effects on the Monte Po landslide of Catania.
Biondi G., Grasso S., Maugeri M., 2003. Evaluation of the lateral spreading of the liquefiable soil at San Giuseppe La Rena (Catania).
Bonaccorso R. and Lo Giudice E., 2003. Cavities and hypogeal structures of the historical part of the city of Catania.
Braga F., Negri M., Nisticò N., Tanzillo M., 2003. A systematic approach concerning the assessment and strengthening of reinforced concrete buildings of the Catania city.
Cafiso S., Condorelli A., Mussumeci G., 2003. Functional analysis of the urban road network in seismical emergency. A GIS application on Catania city.
Caliò I., Marletta M., 2003. Seismic resistance of reinforced concrete buildings with shear walls.
Caliò I., Marletta M., Vaccaro S., 2003. Seismic resistance of existing reinforced concrete buildings retrofitted by base isolation.
Caltabiano, S., Cascone, E., Maugeri, M., 2003b. Seismic factor of safety evaluation for earthquake retaining walls.
Campo G., 2003. The seismic vulnerability of the urban framework of Catania: scenarios and interventions.
Catalano S., De Guidi G., Gresta S., Langer H., Lombardo G., Monaco C., Rigano R., Tortorici L., 2003: Geolithological features and site response in the town of Catania.
Cavallaro, A., Maugeri M., 2003. Non linear behavior of sandy soil for the city of Catania.
Diliberto E., Grasso S., Maugeri M. and Puglia A., 2003. Landslides vulnerability of the Catania city area.
Grasso S., Maugeri M., 2003b. Vulnerability of physical environment of the city of Catania using GIS technique.
Grasso S., Maugeri M., 2003a. Site Effects on the Cultural Heritage Areas of the city of Catania.
Grasso S., Laurenzano G., Maugeri M. and Priolo E., 2003. Seismic response in Catania by different methodologies.
Laurenzano G., Priolo E., 2003. Numerical modeling of the december 13, 1990 M = 5.8 eastern Sicily earthquake.
Massimino, M.R., Maugeri, M., 2003. Shaking table test and numerical modelling of dynamic soil structure interaction.
Maugeri, M., Novità, D., 2003. Evaluation of the dynamic bearing capacity of a masonry building by means of a chacteristics line method.
Monaco C., Catalano S., De Guidi G., Tortorici L., 2003: The Geological map of the urban area of

Catania (Eastern Sicily).
Padula A., 2003. A shell for the construction of knowledge bases aimed at assessing the behaviour of RC buildings under seismic actions.
Pettenati F., Gentile F. and Sirovich L. (2003). The sources of the two destructive earthquakes of 1693 retrieved by automatic inversion.
Priolo E., Michelini A., Laurenzano G., Addìa R. Puglia, A., 2003. Seismic response from microtremors in Catania (Sicily, Italy).
Valente G., Zingone G., 2003. Methodology and techniques for seismic protection of the monumental patrimony.

Pubblicazioni su caratterizzazione del moto atteso al suolo ed effetti di sito:

Barbano M.S., Rigano R., 2001: Earthquake sources and seismic hazard in Southeastern Sicily. *Annali di Geofisica*, **44**(4), 723-738.
Barbano M.S., Rigano R., Cosentino M., Lombardo G. 2001. Seismic history and hazard in some localities of southeastern Sicily. Boll. Geofis. Teor. Appl.,42(1-2), 107-120.
Cavallaro A., Grasso S., Maugeri M. (2002): "Seismic Geotechnical Hazard and soil response analysis for the historical ecclesiastical buildings of the city of Catania". 7th U.S. National Conference on Earthquake Engineering, Boston, 21-25 July, 2002, Paper No. 308.
Fontana E.; Imme' G.; La Delfa S.; Lo Nigro S.; Morelli D.; Patane' G., 2002. Considerazioni preliminari sulla correlazione fra attivita' sismica ed emissione di radon sull'Etna. 21° Convegno Nazionale - Gruppo Nazionale Geofisica della Terra Solida. vol. 1 pp. 307-309.
Gentile F., Pettenati F. and L. Sirovich (2002). Instrumental Validation of the Automatic Source-Parameter Inversion of The USGS Intensities of the Whittier Narrows, California, 1987 Earthquake. Conv. GNGTS, 19-21 nov. 2002, extended abstract.
Giampiccolo E., Gresta S., Mucciarelli M., De Guidi G., Gallipoli M.R., 2001. Information on subsoil geological structure in the city of Catania (Eastern Sicily) from microtremor measurements, Annali di Geofisica, 44, 1, 1-11.
Laurenzano G., Priolo E., and Michelini A., 2001. Seismic response from microtremors in Catania (Sicily, Italy). EGS 2001, XXVI General Assembly, Nice (France), March 25-30, 2001.
Lombardo G., Coco G., Corrao M., Imposa S., Azzara R., Cara F., Rovelli A., 2001: Results of microtremor measurements in the urban area of Catania (Italy). Boll. Geofis. Teor. Appl., 42(3-4), 317-334.
Lombardo G., Rigano R., 2002: Site effects in proximity of tectonic structures. E.S.C. XXVIII General Assembly, SCF-3, Sept. 2002 Genova, 279.
Pettenati F. and Sirovich L., 2003. Test of source parameters inversion of the USGS intensities of the Whittier Narrows, 1987 Earthquake. Bull. Seism. Soc. Am., in press.
Pettenati F., Gentile F. e L. Sirovich (2002). Sorgenti degli eventi del 1693 da inversioni automatiche delle intensita'. Atti Conv. GNDT, 2-3 dic. 2001, CD-ROM.
Priolo E., 2001. Validation of ground motion modelling with experimental data: the site of the accelerometric station of Catania. EGS 2001, XXVI General Assembly, Nice (France), March 25-30, 2001.
Priolo E., 2001. Earthquake ground motion simulation through the 2D spectral element method. J. Comput. Acoustics, 9(4), 1561-1581.
Priolo E., 2001. Deterministic ground motion prediction for a destructive earthquake in Catania (Sicily, Italy). EGS 2001, XXVI General Assembly, Nice (France), March 25-30, 2001.
Priolo, E., Michelini, A., Laurenzano, G., Addìa, R., and Puglia, A., 2001. Seismic response from microtremors in Catania (Sicily, Italy). Boll. Geofis. Teor. Appl., Special Issue on "Site response estimation from observed ground motion data", Eds.: E. Priolo, A. Michelini, and L. Hutchings, 335-359.
Sirovich L. and Pettenati F., 2001. Test of source parameters inversion of the intensities of a 54,000-death shock of the XVII Century in SE Sicily. Bull. Seism. Soc. Am., 91, 4, 792-811.
Trovato C.; Vinciguerra S.; Imme' G., 2003: Laboratory measurements of seismic velocities on rocks from Etna Region (Italy). European Geophysical Society, Nice. vol. 1 pp. 78-80.

Pubblicazioni su vulnerabilità dell'ambiente fisico, delle infrastrutture viarie e del sistema urbano:

Biondi G., Cascone E., Maugeri M., 2001: "Flow and deformation failure of sandy slopes". Soil Dynamics and Earthquake Engineering, vol.22, pp. 1103-1114.

Biondi G., Cascone E., Maugeri M., Motta E, 2002: "Earthquake effects on the displacements of the liquefiable slopes". Topic: 2.2 - "Dam and Slopes". 12-th European Conference on Earthquake Engineering, Londra, 12-16 September 2002.

Bonaccorso R. and Lo Giudice E., 2002. Vulnerabilità al sisma delle cavità e delle strutture ipogee nel centro urbano di Catania. Atti Convegno: Verso una città sicura: strumenti tecnici e normativi per la riduzione dei rischi in un'area ad elevata sismicità. Maugeri e Grasso editori. Le Nove Muse, Catania, dicembre 2002, pp. 60-68.

Caltabiano, S., Cascone, E., Maugeri, M., 2003a. Sliding stability of retaining walls with different surchage conditions. Submitted to Geotechnique.

Campo G., 2002. Città e territori a rischio: analisi e piani di prevenzione civile. Atti Convegno: Verso una città sicura: strumenti tecnici e normativi per la riduzione dei rischi in un'area ad elevata sismicità. Maugeri e Grasso editori. Le Nove Muse, Catania, dicembre 2002, pp. 60-68.

Castelli F., Maugeri M., 2002: Analisi del dissesto di una paratia per il sostegno di uno scavo. Atti XXI Convegno Nazionale di Geotecnica. L'Aquila, 11-14 Settembre 2002, pp. 283-289.

Grasso S., Maugeri M., Puglia A., 2002: Sistema informativo territoriale per la zonazione del rischio di frana nel centro abitato di Catania. Atti XXI Convegno Nazionale di Geotecnica. L'Aquila, 11-14 Settembre 2002, pp. 283-289.

Maugeri M., 2002: "Dynamic response of geomembranes liners", Chapter 4 of Special Publication of TC5 Committee of ISSMGE on Environmental Geotechnics.

Maugeri M., Grasso S., 2002. Scenari dettagliati e provvedimenti finalizzati alla prevenzione sismica nell'area urbana di Catania. Atti Convegno Verso una Città sicura: strumenti tecnici e normativi per la riduzione dei rischi in un'area ad elevata sismicità. Maugeri e Grasso editori. Le Nove Muse Editrice, Catania.

Maugeri M., Novita' D., Taylor C., 2002: Unidirectional shaking table tests of 1:6 reduced scale steel model. Topic 2.4 – Soil structure intercaction" ". 12th European Conference on Earthquake Engineering, Londra, 12-16 September 2002.

Teramo A., Maugeri M., Bottari C., Termini D., 2002: On a quick seismic microzonation on wide areas. Special Issue on the 90th anniversary of the Messina Great Earthquake. International Journal of Pure and Applied Geophysics.

Pubblicazioni su vulnerabilità e miglioramento sismico degli edifici per prevenire il danno:

Cavaleri L., Zingone, G. (2000). Structural identification and potential systems. 12th World Conference on Earthquake Engineering, Auckland, New Zealand, 30 January - 4 February 2000, paper No.0043.

Cavaleri L., Cucchiara, C., Tommaselli, A., Zingone, G., 2001. Static and dynamic tests of a strengthened vault made of calcarenite ashlars. 9th Canadian Masonry Symposium. New Brunswick (Canada) 4,5,6, June 2001.

Cavaleri L., Zingone, g. (2001). Some experiences about the retrofitting of tower masonry structures. ERES 2001, Malaga, 4-6 September, 2001.

Cavaleri L., Cucchiara C., Tommaselli, A., Zingone, G., 2001. Comportamento meccanico di una volta in conci di calcarenite rinforzata con CFRP. Rivista Ingegneria Sismica N. 3/2001.

Marletta M., 2003. Vulnerabilità sismica e adeguamento di edifici in cemento armato. Tesi per il conseguimento del titolo di Dottore di Ricerca in Ingegneria delle Strutture. Tutors: G. Oliveto, I. Caliò. Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, Università di Catania.

Oliveto G., Caliò I., Marletta M., 2001. Resistenza di un edificio in c.a. realizzato nella città di Catania antecedentemente all'entrata in vigore della legge sismica. In: E. Cosenza (editor), Comportamento sismico di edifici in cemento armato progettati per carichi verticali: applicazioni all'edilizia della città di Catania, CNR-GNDT, Esagrafica. Roma, ISBN: 88-88151-02-8.

Oliveto G., Caliò I., Marletta M., 2002. Seismic resistance and vulnerability of reinforced concrete buildings not designed for earthquake action. In: G. Oliveto (editor), Innovative Approaches to Earthquake Engineering. WIT Press, Southampton (UK), ISBN: 1-85312-885-6.

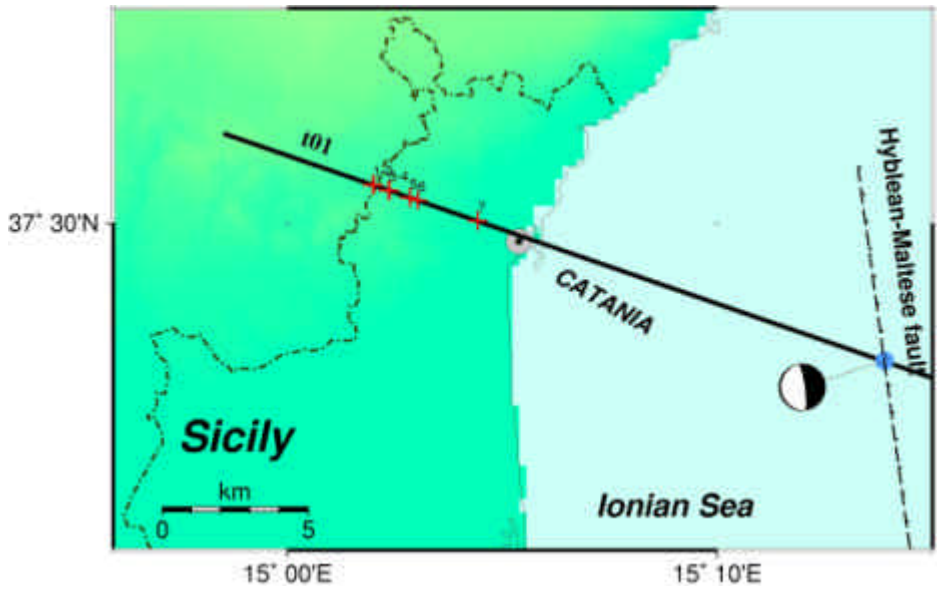


Figura 1. Mappa dell'area studio, illustrante la posizione del transetto e la localizzazione dei siti. Il circolo blu mostra la posizione assunta per il terremoto di riferimento dell'11 gennaio 1693.

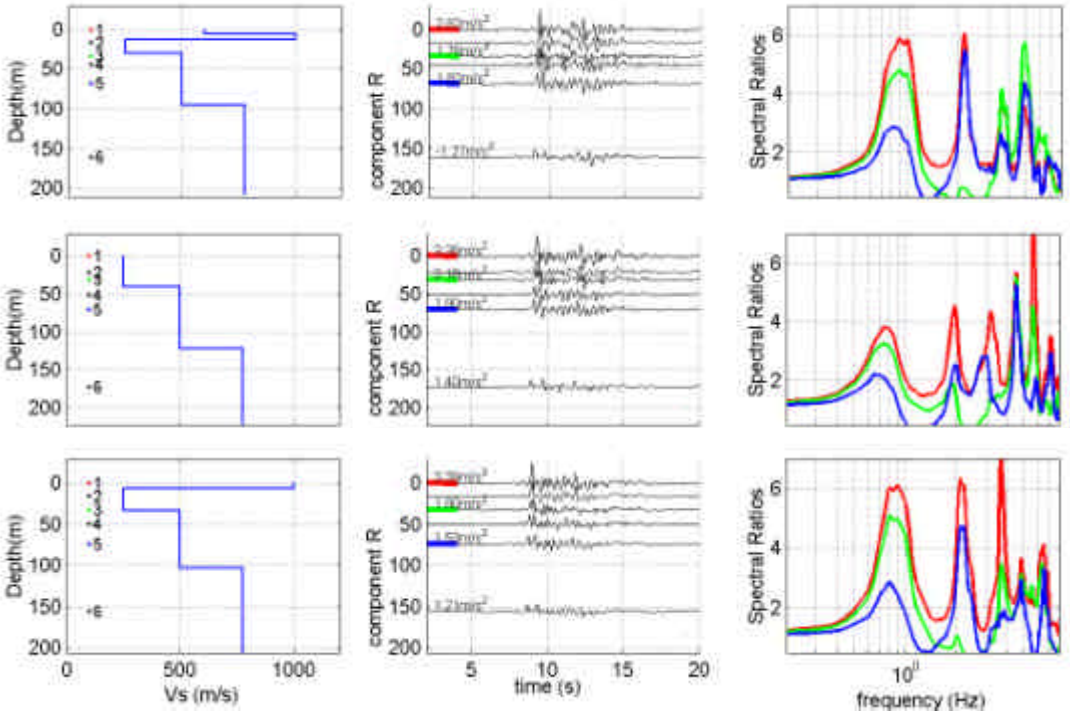


Figura 2. Risposta dei siti n. 1, 3 e 5 calcolata per una distribuzione di momento sismico caratterizzata da una asperità dominante. Profilo V_S (sinistra), storie temporali di accelerazione radiale (centro), e rapporti spettrali tra le accelerazioni calcolate a differenti profondità (ricevitore n. 1(colore rosso, alla superficie del suolo), 3 (verde, a z ≈ 35 m) e 5 (blu, a z ≈ 70 m)) ed il ricevitore n. 6, posizionato all'interno del bedrock alla profondità di 170 m.

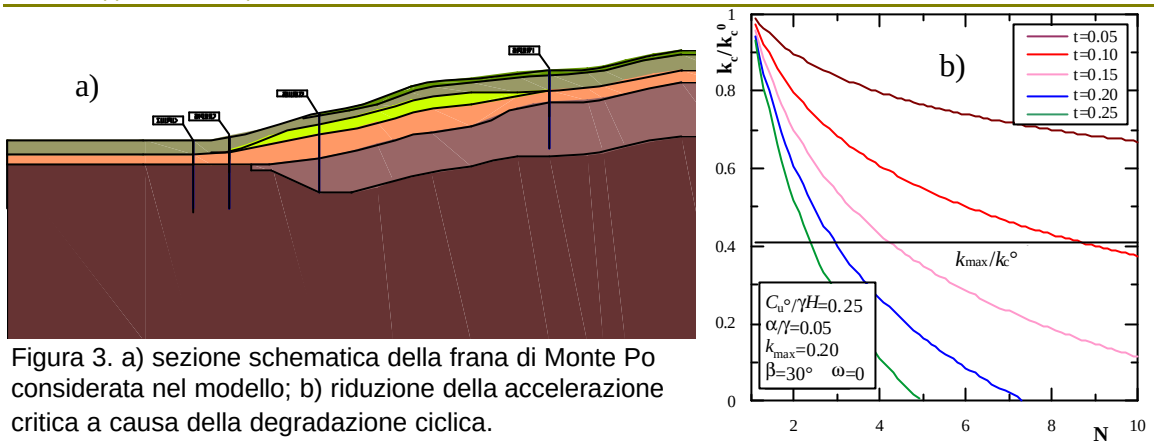


Figura 3. a) sezione schematica della frana di Monte Po considerata nel modello; b) riduzione della accelerazione critica a causa della degradazione ciclica.

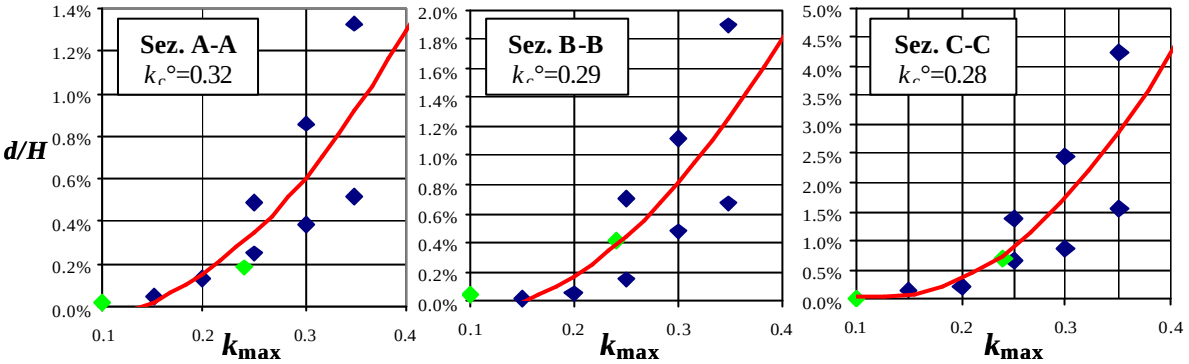
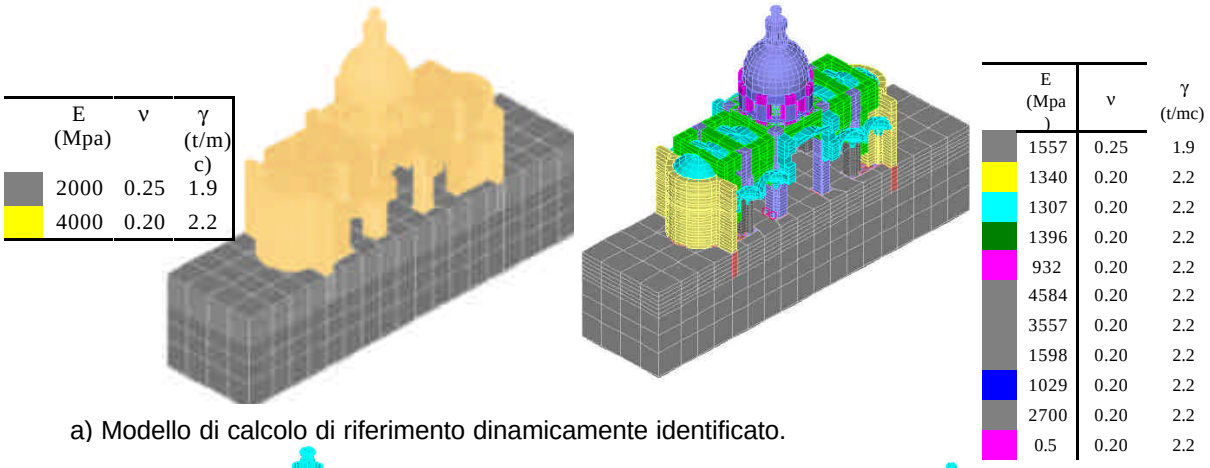


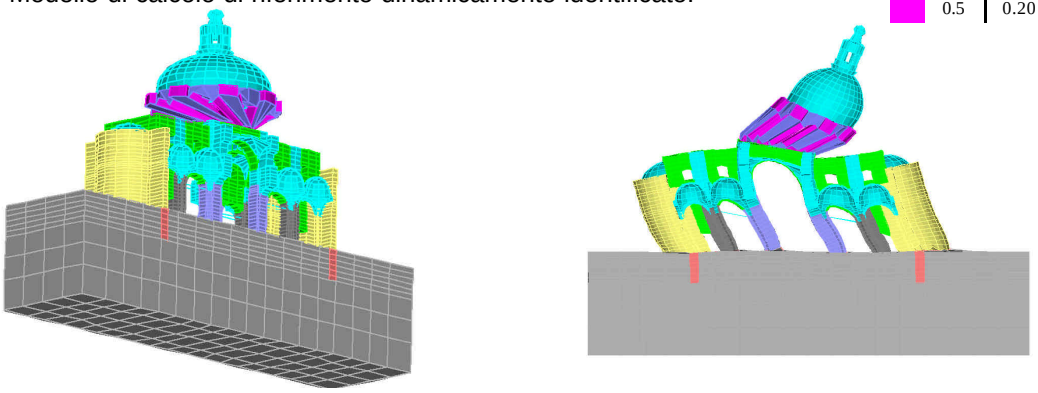
Figura 4. Risultati dell'analisi agli spostamenti per la frana di Monte Po.



E (Mpa)	ν	γ (t/mc)
2000	0.25	1.9
4000	0.20	2.2

E (Mpa)	ν	γ (t/mc)
1557	0.25	1.9
1340	0.20	2.2
1307	0.20	2.2
1396	0.20	2.2
932	0.20	2.2
4584	0.20	2.2
3557	0.20	2.2
1598	0.20	2.2
1029	0.20	2.2
2700	0.20	2.2
0.5	0.20	2.2

a) Modello di calcolo di riferimento dinamicamente identificato.



b) Modo di vibrare torsionale. c) Modo di vibrare flessionale.

Figura 5. Modello numerico dinamicamente identificato della Chiesa S. Nicola alla Rena in Catania.