

## **8. STIME DI DANNO MEDIANTE METODI SEMPLIFICATI**

*G. Oliveto*

### **8.1 Introduzione**

L'unità di ricerca di Catania nell'ambito della linea 6B.2 Sicilia Orientale (Augusta–Siracusa–Noto), si è occupata dei seguenti aspetti:

Stime di danno mediante metodi semplificati.

Valutazione dell'efficacia dei procedimenti di adeguamento antisismico attraverso prove di identificazione dinamica al vero.

Valutazione della risposta dinamica di edifici in c.a. fondati su pali tenendo conto della interazione tra suolo e struttura.

Nel seguito vengono brevemente descritti i principali risultati ottenuti nell'ambito di ciascuno degli aspetti considerati.

### **8.2 Stime di danno**

Sono stati considerati i danni provocati su oltre una decina di edifici in c.a., costruiti in assenza di normativa antisismica, dal terremoto della Sicilia orientale del 1990. Gli edifici in esame, costruiti su pali del diametro di 50 cm e della lunghezza di 25 m avevano un numero di piani pari in alcuni casi pari a 5 e in altri casi pari a 6. Complessivamente gli edifici, destinati ad edilizia residenziale popolare, comprendevano 228 alloggi. Sono stati esaminati sia i danni agli elementi strutturali che quelli agli elementi non strutturali. Per quanto riguarda i primi sono stati esaminati i principali elementi strutturali compresi i pali di fondazione, i pilastri, le travi ed i loro collegamenti. In generale a livello della struttura di fondazione non sono stati osservati danni ma soltanto varie imperfezioni costruttive.

Le travi ed i pilastri sono risultati seriamente danneggiati soprattutto a livello del piano terra ed in misura minore a livello del primo piano. Agli stessi livelli si sono riscontrati danni nei nodi di collegamento. I danni agli elementi non strutturali sono stati anch'essi limitati ai piani bassi (primo e secondo piano) mentre i piani superiori in molti casi sono risultati praticamente non danneggiati. I danni riscontrati negli elementi strutturali e non strutturali sono apparsi attribuibili alla particolare tipologia che comportava il piano terra soffice ed una filosofia progettuale, non adatta all'ambiente sismico, di trave forte e pilastro debole. In alcuni casi l'elevato danneggiamento degli elementi non strutturali è apparso in relazione con l'alta deformabilità della struttura intelaiata.

Il notevole livello di danno osservato, sotto un terremoto moderato come quello del 1990, nel caso degli edifici esaminati si è potuto mettere in relazione, oltre che con la

mancata osservanza di buone regole di progettazione antisismica e con ovvie deficienze nei dettagli costruttivi, anche con effetti di amplificazione locale del moto dovuti alla natura soffice del suolo nel sito, costituito da una quindicina di metri di depositi limo-sabbiosi su uno strato di oltre 200 m di argille grigio-azzurre. Le caratteristiche dinamiche degli edifici (periodo fondamentale piuttosto elevato) erano tali da esaltare la risposta dinamica. In conclusione lo studio effettuato ha messo in evidenza che danni abbastanza seri sono da attendersi nell'area interessata anche sotto terremoti moderati per tutte le ragioni prima considerate.

### **8.3 Efficacia degli interventi di adeguamento antisismico**

Sugli edifici considerati in precedenza, per i quali cioè sono stati esaminati i danni causati dal terremoto del 1990, sono stati successivamente effettuati interventi di adeguamento antisismico. Allo scopo di valutare l'efficacia dei suddetti interventi, su alcuni di tali edifici sono state effettuate prove di identificazione dinamica con eccitazione sia armonica che impulsiva. Tali prove hanno consentito la determinazione delle prime frequenze e dei corrispondenti modi di vibrazione nonché dei rapporti di smorzamento. Allo stato attuale la maggior parte delle prove sono state effettuate mentre i risultati sono, per alcune, in corso di elaborazione. In particolare sono state completate prove statiche e dinamiche (armoniche ed impulsive) su 3 plinti rettangolari su pali, ciascuno con 18 pali. Si prevede entro breve tempo di effettuare prove di vibrazione libera e forzata sull'edificio, attualmente in corso di adeguamento, a cui afferiscono i plinti prima considerati.

Tali prove risultano di grande importanza sia per valutare l'efficacia degli interventi di adeguamento antisismico messi in atto, sia per verificare l'affidabilità dei modelli di calcolo.

I risultati delle prove già effettuate si trovano raccolti in due tesi di laurea mentre il programma complessivo di prove farà parte di una tesi di dottorato di ricerca in Ingegneria delle strutture.

### **8.4 Risposta dinamica di edifici in c.a.**

Il calcolo della risposta dinamica di edifici in c.a. interagenti con il suolo di fondazione, come è il caso degli edifici fondati su pali, si presenta particolarmente complicato a causa della difficile valutazione degli effetti di interazione dinamica tra il suolo e la struttura. Presso l'unità di ricerca di Catania sono stati sviluppati algoritmi ad hoc sia per la determinazione delle frequenze e dei modi di vibrazione complessi (nel senso algebrico del termine) dei sistemi interagenti suolo-struttura, sia per il calcolo

della risposta dinamica di tali sistemi. Ultimamente gli algoritmi di calcolo sviluppati sono stati applicati ad edifici in c.a. soggetti ad intervento di adeguamento antisismico.

I risultati, oltre a far parte di alcune tesi di laurea hanno formato oggetto di relazioni al convegno europeo di ingegneria sismica (Parigi 1998) ed al convegno europeo di meccanica computazionale (ECCM, Munich, 1999).

## BIBLIOGRAFIA

- Oliveto, G., Calì I. & Santini, A. (1999): Complex modal analysis for frequency dependent soil structure interacting systems. *Proceedings of the European Conference on Computational Mechanics, Southampton, August 31 – September 3, 1999, Munich, Germany.*
- Oliveto, G., Decanini, L. D. (1998): Repair and retrofit of a six storey reinforced concrete building damaged by the earthquake in South-East Sicily on 13<sup>th</sup> December 1990. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering* **17**: 57-71.
- Oliveto, G., Calì I., Santini, A. (1998): Time domain analysis of a reinforced concrete building considering soil-structure interaction. *Eleventh European Conference on Earthquake Engineering, Paris, 06-11 September 1998.*
- Oliveto, G., Calì I., Santini, A. (1997): Complex eigensolutions for frequency dependent soil-structure interacting systems. *Structural Dynamics Recent Advances, Proceedings of the 6<sup>th</sup> International Conference, Southampton, 14-17 July 1997, 353-368.*
- Oliveto, G., Santini, A. (1994): Complex modal analysis of a soil-structure interacting model. *Structural Dynamics Recent Advances, Proceedings of the 5<sup>th</sup> International Conference, Southampton, 18-21 July 1994, 775-784.*
- Oliveto, G., Santini, A. (1996): Time domain response of a one-dimensional soil-structure interacting model via complex analysis. *Engineering Structures*, **18** (6), 425-436.
- Di Grazia, M.P.. (1998): Identificazione dinamica di un edificio in cemento armato, *Tesi di laurea*, rel. Prof. Ing. G. Oliveto, Istituto di Scienza delle Costruzioni.