

**Effetti del sisma sulle strutture con
particolare riferimento agli edifici ospedalieri**

prof. ing. Pier Paolo Diotallevi (UniBO)

prof. ing. Angelo Marcello Tarantino (UniMORE)

Bologna, martedì 21 maggio 2013 ore 9,00

Sala Conferenze A | viale della Fiera, 8 | Terza Torre

Sommario

- Le problematiche fondamentali
- Il quadro normativo di riferimento
- La valutazione della sicurezza
- Modalità e tempi di intervento
- Alcuni casi concreti

Le problematiche fondamentali

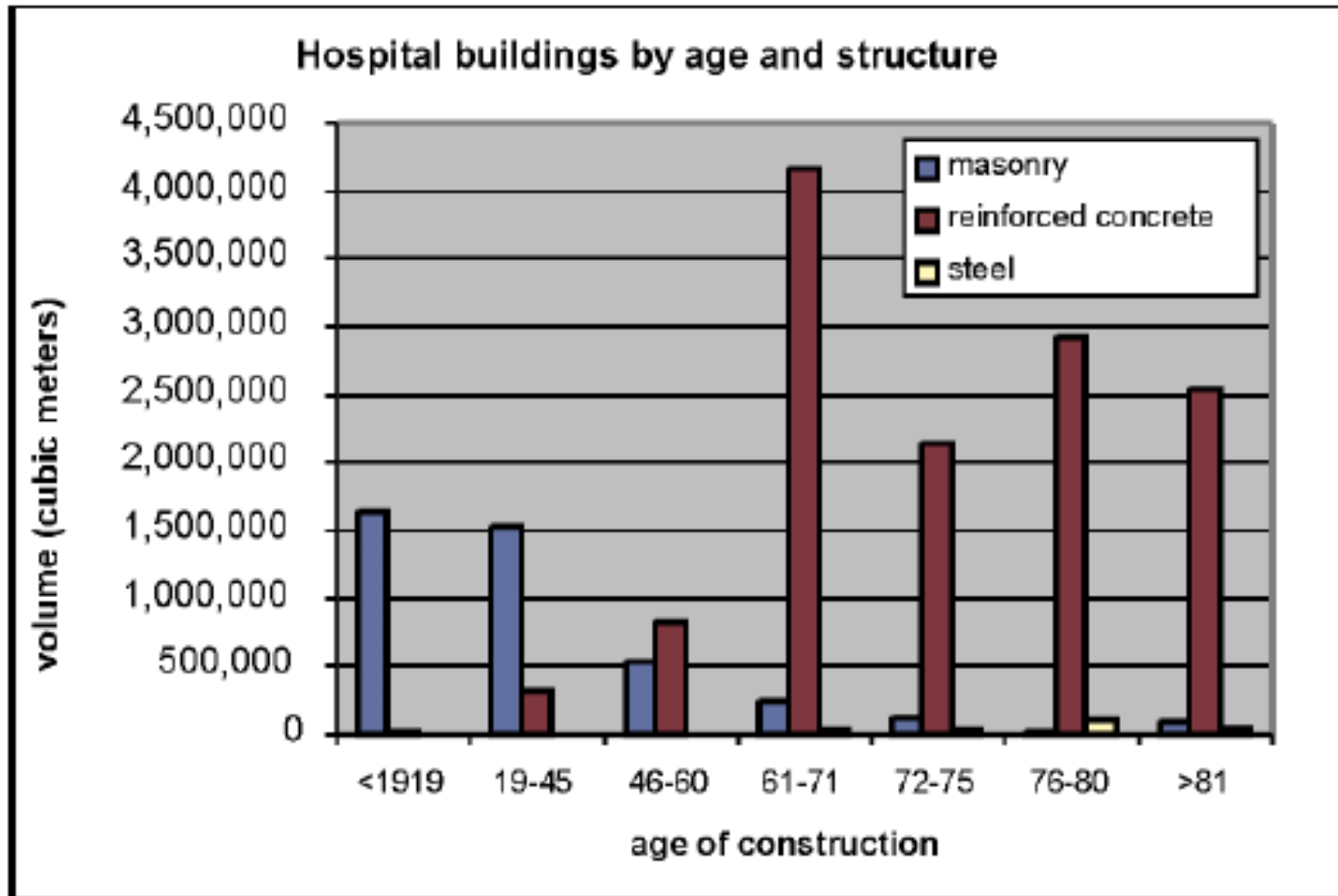
Complessità degli edifici ospedalieri:

- Strutturale**
- Impiantistico**
- Funzionale- strategico**
- Affollamento**
- Pazienti non autonomi**
- Attrezzature e macchinari di elevato valore economico**
- Non progettati (non sempre ma nella maggioranza dei casi) per zone sismiche**



**Elevata esposizione e possibile elevata vulnerabilità
di conseguenza elevato rischio sismico**

I volumi costruiti ed il periodo di costruzione nell'edilizia ospedaliera



RIFERIMENTI NORMATIVI

- **RACCOMANDAZIONI PER IL MIGLIORAMENTO DELLA SICUREZZA SISMICA DEGLI OSPEDALI D'ITALIA**
(Ministero della salute)
- **ATC-51-1 RACCOMANDAZIONI CONGIUNTE STATI UNITI-ITALIA PER L'ELABORAZIONE DI PIANI DI EMERGENZA SISMICA NEGLI OSPEDALI ITALIANI (2001)**
(Servizio Sismico Nazionale – Applied Technology Council)
- **ATC-51-2 RACCOMANDAZIONI CONGIUNTE STATI UNITI-ITALIA PER IL CONTROVENTAMENTO E L'ANCORAGGIO DEI COMPONENTI NON STRUTURALI NEGLI OSPEDALI ITALIANI (2002)**
(Servizio Sismico Nazionale – Applied Technology Council)

RIFERIMENTI NORMATIVI

- **PROGRAMMA PER LE VERIFICHE TECNICHE E PIANO DEGLI INTERVENTI DI ADEGUAMENTO E MIGLIORAMENTO SISMICO PREVISTO ... DALL'OPCM 3362/2204**
(Delibera Giunta Regionale n. 936 del 2008)
- **OPCM 3274/2003**
- **PARERE IN MERITO ALLE VERIFICHE TECNICHE, PROBLEMATICHE CORRELATE E DECISIONI CONSEQUENTI**
(Comitato Tecnico Scientifico CTS della Regione Emilia Romagna - prot. 6 del 27 luglio 2010)
- **NTC 2008**

VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA

Ricostruzione:

- NTC2008
- Prescrizioni prima riportate
- Individuazione delle parti con servizi essenziali
- Funzionalità per un evento con probabilità di eccedenza pari al 10% in 50 anni
- Assenza di meccanismi di collasso per un evento con probabilità pari al 2% in 50 anni

Costruzioni esistenti:

- Adeguamento (sulla base dell'NTC2008 e Raccomandazioni per ospedali
 - prestazioni analoghe a quelle delle nuove costruzioni)
- Miglioramento (sulla base delle necessità funzionali, tecniche ed economiche)

Primo passaggio: livello di adeguatezza dell'edificio rispetto all'azione sismica di sito

capacità/domanda

$> 1 \rightarrow$ opera adeguata

capacità/domanda

$< 1 \rightarrow$ opera non adeguata

VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA

Metodo alternativo:

Confronto fra la vita nominale corrispondente alla capacità e alla domanda

Le analisi sismiche degli edifici devono condurre a risultati che possano essere utilizzati secondo quanto riportato nei cap. 4 e 5 del rapporto ATC-51-1.

La realtà:

In generale le valutazioni di sicurezza non danno esito positivo

Non si possono ipotizzare interventi di adeguamento su tutto il patrimonio e a breve termine : non economicamente sostenibile!

Logiche di ottimizzazione delle risorse → per significative riduzione delle principali cause di vulnerabilità

MODALITA' E TEMPI DI INTERVENTO

NTC2008

par. 8.3:

La valutazione della sicurezza deve permettere di stabilire se:

- l'uso della costruzione possa continuare senza interventi;
- L'uso debba essere modificato (declassamento, cambio di destinazione d'uso e/o imposizione di limitazioni e/o cautele nell'uso);
- Sia necessario procedere ad aumentare o ripristinare la capacità portante.

par. 8.5:

Nelle costruzioni esistenti le situazioni concretamente riscontrabili sono le più diverse il modello per la valutazione della sicurezza dovrà essere giustificato dal Progettista, caso per caso, in relazione al comportamento strutturale attendibile della costruzione.

Ammettendo un livello di sicurezza inferiore a quello richiesto per le nuove costruzioni si introduce l'importante innovativo concetto di **limitazioni e/o cautele d'uso**

Dalla circolare

Gli esiti delle verifiche dovranno permettere di stabilire quali provvedimenti adottare affinché l'uso della struttura possa essere conforme ai criteri di sicurezza delle NTC. Le alternative sono sintetizzabili nella **continuazione dell'uso attuale, nella modifica della destinazione d'uso o nell'adozione di opportune cautele e, infine,** nella necessità di effettuare un intervento di aumento o ripristino della capacità portante, che può ricadere nella fattispecie del miglioramento.

Le NTC individuano due grandi categorie di situazioni nelle quali **è obbligatorio effettuare la verifica di sicurezza**, essendo entrambe le categorie comunque riconducibili ad un significativo peggioramento delle condizioni di sicurezza iniziali o di progetto:

- danni (ad esempio da terremoti)
- Interventi sulle strutture

Dalla circolare

È evidente che i provvedimenti detti sono necessari e improcrastinabili nel caso in cui non siano soddisfatte le verifiche relative alle azioni controllate dall'uomo, ossia prevalentemente ai carichi permanenti e alle altre azioni di servizio; più complessa è la situazione che si determina nel momento in cui si manifesti l'inadeguatezza di un'opera rispetto alle azioni ambientali, non controllabili dall'uomo e soggette ad ampia variabilità nel tempo ed incertezza nella loro determinazione. **Per le problematiche connesse, non si può pensare di imporre l'obbligatorietà dell'intervento o del cambiamento di destinazione d'uso o, addirittura, la messa fuori servizio dell'opera, non appena se ne riscontri l'inadeguatezza.** Le decisioni da adottare dovranno necessariamente essere calibrate sulle singole situazioni (in relazione alla gravità dell'inadeguatezza, alle conseguenze, alle disponibilità economiche e alle implicazioni in termini di pubblica incolumità). **Saranno i proprietari o i gestori delle singole opere, siano essi enti pubblici o privati o singoli cittadini, a definire il provvedimento più idoneo, eventualmente individuando uno o più livelli delle azioni, commisurati alla vita nominale restante e alla classe d'uso,** rispetto ai quali si rende necessario effettuare l'intervento di incremento della sicurezza entro un tempo prestabilito.

Alla luce di quanto sopra esposto, si ritiene che le verifiche tecniche debbano evidenziare, prioritariamente, eventuali **situazioni di rischio particolarmente elevato a cui porre rimedio nel minor tempo possibile**. Per le altre vulnerabilità della struttura si può valutare il livello di inadeguatezza rispetto a quanto richiesto dalla norma per le nuove costruzioni, nonché i possibili rimedi.

Chiarire il concetto di **gravità dell'inadeguatezza commisurata alla vita nominale restante**, anche in relazione ai diversi livelli di sicurezza ammessi dalla norma per le costruzioni esistenti.

Vita nominale restante è definita come il tempo entro il quale si attiva l'intervento che pone rimedio alla specifica inadeguatezza.

Si può adottare quale periodo entro il quale attivare il rimedio ad una data inadeguatezza sismica, il tempo T_{INT} (tempo di intervento) tale per cui

$$\frac{T_{INT} C_U}{T_{SLV}} = -\ln (1 - 0.1) = 0.105, \quad \frac{T_{INT} C_U}{T_{SLC}} = -\ln (1 - 0.05) = 0.051,$$

Il CTS suggerisce che sia **ipotizzabile rinviare a tempi successivi**, in occasione di interventi generali e comunque senza la immediata programmazione, **gli interventi su edifici per i quali T_{INT} risulti maggiore di 30 anni**. Accettando, con ciò, che una modesta inadeguatezza possa persistere nelle costruzioni esistenti a tempo indeterminato, tenendo conto anche della inevitabile convenzionalità delle analisi.

Nel caso in cui la valutazione della sicurezza evidenzi particolari elementi di rischio, *i provvedimenti necessari alla riduzione di quest'ultimo a valori accettabili debbano essere adottati nel minor tempo possibile.*

MODALITA' DI ANALISI DELLA VULNERABILITA' (E QUINDI DELLA SICUREZZA)

Modelli di valutazione della sicurezza:

- Analisi dinamica lineare con spettro di risposta a_g variabile
- Analisi statica equivalente
- Analisi non lineare statica (curve di pushover)
- Analisi non lineare dinamica

Quale la più opportuna?

- Tutte si muovono nell'ambito di convenzionalità
- L'analisi statica equivalente è la meno appropriata per i suoi limiti intrinseci
- L'analisi non lineare dinamica è molto sofisticata e spesso le incertezze insite nei livelli di conoscenza non giustificano tale impegno fornendo una illusoria approssimazione al comportamento reale.
- L'analisi di push-over fornisce una sola valutazione di carattere globale e non puntuale (la convenzionalità del metodo spesso sconfinata nella sommaria valutazione di indice di inadeguatezza senza specificazione delle vere vulnerabilità e della loro misura locale)
- **L'analisi con spettro di risposta con a_g variabile e crescente descrive nel modo più attento, per quanto possibile, le vulnerabilità dei singoli elementi e la sequenza dei danni)**

ALCUNI CASI CONCRETI

- Ospedale di Finale Emilia
- Policlinico di Modena

OSPEDALE DI FINALE EMILIA



OSPEDALE DI FINALE EMILIA

Caratteristiche principali

- Composto da quattro corpi
- Il «Corpo storico» ha struttura di muratura: gravi danni:
 - Pianta di 16 x 33 m
 - Due muri di spina longitudinali
 - Poche murature in direzione trasversale
 - Altezze di pino rilevanti (3,5 m; 4,5 m; 5 m)
 - Celle murarie di 6 x 11 m (ampie e poco rigide)
 - Spessore pareti: 3 o 4 teste

PRINCIPALI DANNEGGIAMENTI

- Scollamento dei solai dalle pareti (mancanza di cordoli)
- Esteso quadro fessurativo sulle pareti portanti
- Interventi di sistemazione non adeguati al comportamento sismico

ESITO SOPRALLUOGHI

Costruzione inagibile e di difficile recupero nello spirito delle norme richiamate

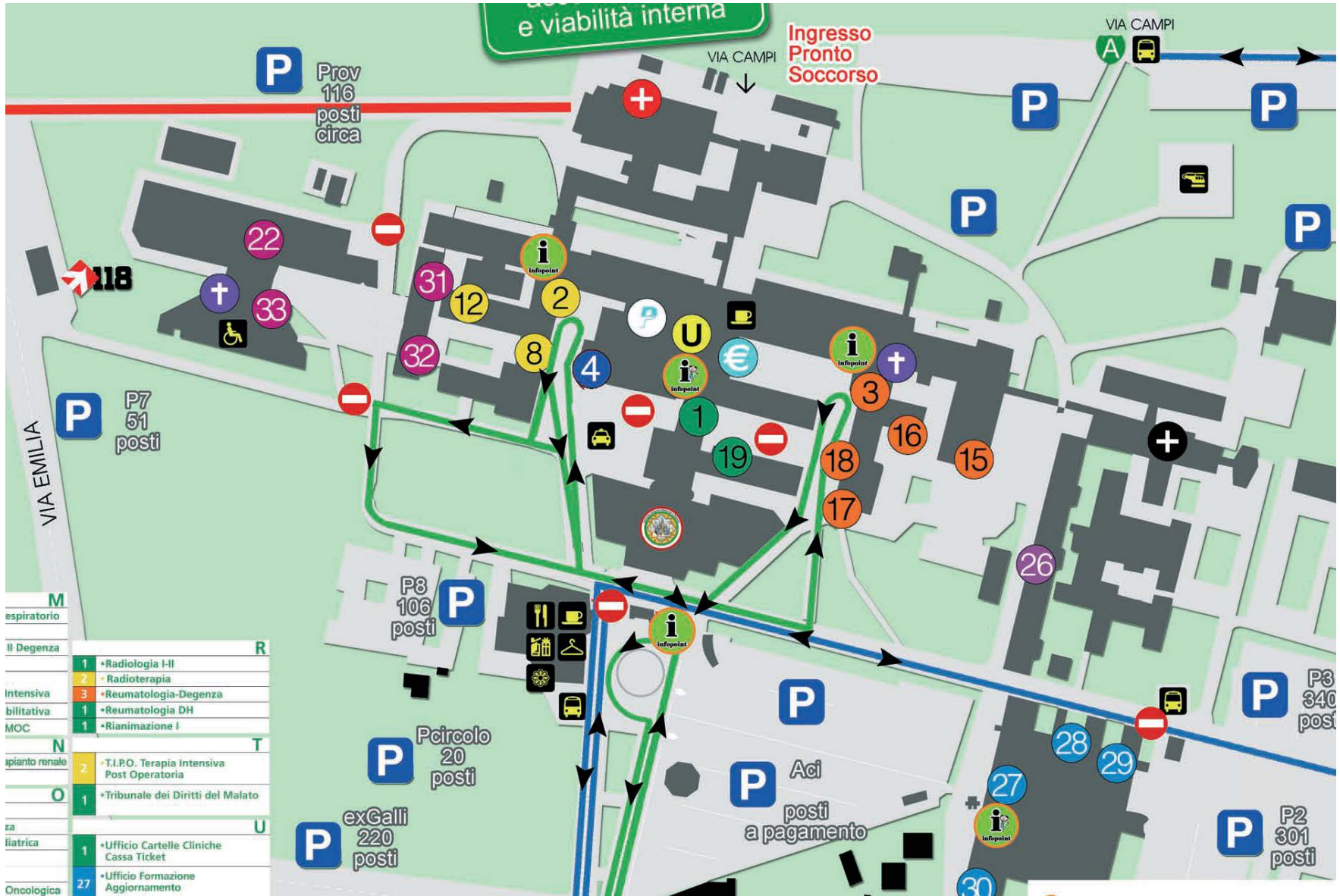
Esempi di danneggiamenti



Esempi di danneggiamenti



POLICLINICO DI MODENA



POLICLINICO DI MODENA

Caratteristiche principali

- Composto da numerosi corpi con caratteristiche strutturali simili
- Caratteristiche strutturali di ciascun corpo:
 - Periodo di costruzione : 1950 -1960
 - Pianta di 16 x 50 m(circa)
 - Numero di piani per corpo variabile da 8 a 11
 - Struttura di c. a. con tre o quattro telai longitudinali e solai in latero-cemento
 - Struttura con tre o quattro telai longitudinali
 - Telai trasversali o di irrigidimenti trasversali pressoché assenti

INTERVENTI PRECEDENTI

A seguito del «Terremoto di Novellara» 1996 venne avviata una sistematica progettazione ed intervento per il miglioramento sismico

Interventi eseguiti su alcuni corpi, a volte parzialmente per esigenze sanitarie

Redatto un piano complessivo della situazione di vulnerabilità

Redatto un piano complessivo di interventi sui diversi corpi di fabbrica

Attuazione rallentata da problematiche di natura economica

PRINCIPALI DANNEGGIAMENTI

Danneggiamenti rilevati nei corpi di fabbrica sui quali ancora non erano stati attuati interventi

Danneggiamenti alle sole opere di finitura (tramezzature)

Martellamento di giunti

Evacuazione di piani più alti di alcuni edifici per prudenza e per effetti psicologici sui pazienti e sul personale sanitario a seguito delle scosse sismiche

ESITO SOPRALLUOGHI

Costruzione agibile con temporanea chiusura di alcuni reparti per necessaria prudenza

Valutazione dei tempi di intervento in alcune zone per il ripristino sicuro delle funzioni ospedaliere

Attuazione di un piano di interventi già definito

TAMPONAMENTI INTERNI

TAMPONAMENTI ESTERNI



GIUNTI VERTICALI



GIUNTI ORIZZONTALI





MARTELLAMENTO FRA CORPI DI FABBRICA



INTERVENTI PRECEDENTI

(aseguito del terremoto del 1996)

Irrigidimento in direzione trasversale con sistemi dissipativi



INTERVENTI PRECEDENTI *(aseguito del terremoto del 1996)*

Irrigidimento in direzione trasversale con sistemi dissipativi
Incrementi di resistenza dei pilastri



INTERVENTI PRECEDENTI
(a seguito del terremoto del 1996)

Irrigidimento in direzione trasversale con sistemi dissipativi



Grazie per l'attenzione

prof. ing. Pier Paolo Diotallevi
prof. ing. Angelo Marcello Tarantino