

Terremoto e strategie urbanistiche

Domenico COSTANTINO (*), Maria Provvidenza SEMINARA (**)

(*) Università degli Studi di Palermo, Dipartimento di Progetto e Costruzione Edilizia, viale delle Scienze, Palermo,
+39 320 4330313, mico@unipa.it

(**)Università degli Studi di Palermo, Dipartimento di Progetto e Costruzione Edilizia, viale delle Scienze, Palermo,
+39 328 5678697, provvidenza.seminara@libero.it

Riassunto

Lo studio del rischio sismico e della vulnerabilità dei sistemi urbani richiede una raccolta di dati analitici relativi ai caratteri del luogo (idrogeologia, morfologia, acclività ...) e una indagine delle specificità dei tessuti edilizi e delle reti infrastrutturali. La definizione di una struttura urbana minima della quale diminuire la vulnerabilità ovvero aumentare la resilienza con piani ed interventi è problema di difficile soluzione e che non dispone di metodologie e procedure consolidate.

In questo lavoro viene illustrato un approccio metodologico che utilizza tecniche di analisi spaziale in ambiente GIS e metodi per la valutazione del rischio sismico urbano (Hazard 99 e Risk-UE). Il sistema informativo territoriale, mettendo in relazione le informazioni sulla vulnerabilità del sistema e i dati utili alla definizione del rischio sismico, consente di disegnare scenari fisici di rischio in funzione dell'intensità del sisma e della vulnerabilità urbana e rende facile ed immediata l'individuazione della struttura urbana minima.

Questa metodologia è applicata alla città di Messina, un'area storicamente a forte rischio sismico.

Abstract

The study of seismic risk and the vulnerability of urban systems requires the collection of analytical data on the characteristics of the location (hydrogeology, morphology, acclivity...) and an investigation of the specific nature of the building fabric and the infrastructure networks. Defining a *struttura urbana minima* (minimum urban structure) whose vulnerability is to be decreased and resilience increased with plans and interventions, is a thorny problem, for which there are no consolidated methodologies and procedures.

This paper illustrates a methodological approach that uses GIS spatial analysis techniques, and methods to evaluate urban seismic risk (Hazard 99 and Risk-EU). The territorial information system, relating the information on system vulnerability with the pertinent data for seismic risk definition, allows physical risk scenarios to be developed according to the intensity of the quake and the vulnerability of the urban area, and makes identification of the minimum urban structure easy and immediate.

This methodology is applied to the city of Messina, an area with a historically strong seismic risk.

Introduzione

La struttura urbana minima (SUM), sulla quale programmare e attuare politiche di prevenzione ed interventi di protezione sismica, è un concetto noto dell'ingegneria sismica del territorio. Tuttavia, è da definire il processo di conoscenza del sistema urbano che porta alla sua definizione. Se individuare la SUM significa scegliere un sottoinsieme di elementi del sistema urbano utile a mantenerlo funzionante anche immediatamente dopo un forte terremoto, è opportuno riflettere attraverso quali passi operare questa scelta.

La ricerca si propone di applicare la metodologia Hazus 99 e Risk-UE alla città di Messina, al fine di comprendere quali elementi fisici (edifici e reti) preservare, che possano garantire lo svolgimento delle funzioni minime in situazione di emergenza e che possano costituire il motore della successiva ripresa.

La città di Messina è un complesso sistema urbano che si sviluppa a pettine lungo la stretta fascia costiera e le pendici collinari dell'omonimo stretto e si insinua nelle ampie fiumare che scendono ripide dai monti Peloritani.

Gli eventi sismici del 1783 la distrussero in gran parte ed i successivi del 1908 la rasero praticamente al suolo: il 90% degli edifici collassò e le vie di comunicazione stradali e ferroviarie, nonché le linee telegrafiche e telefoniche, il gasdotto e l'elettrodotto vennero sconvolti. A seguito del sisma e del successivo maremoto, i due terzi dei suoi abitanti morirono. La città rimase isolata dal resto dell'isola e priva di strutture per mezzo delle quali gestire l'emergenza ed attraverso le quali organizzare la ripresa: i primi aiuti poterono arrivare esclusivamente dal mare ed la prima città post evento fu allestita su navi ormeggiate al porto.

Dopo il terribile terremoto del 1908 sono state applicate particolari normative per la costruzione degli edifici (limiti di altezza, tecniche costruttive...) e per la pianificazione della città. Tuttavia il passare del tempo ha fatto calare l'attenzione verso la problematica del rischio sismico e, se oggi occorresse un nuovo evento che interessasse l'arco calabro-peloritano – cosa, per altro, non del tutto da escludere visto il collegamento a strutture sismogenetiche estese e facenti parte di un'area più vasta tettonicamente molto attiva –, Messina ne uscirebbe probabilmente fortemente danneggiata.

Una metodologia per la valutazione del rischio: il metodo Hazus

Per la valutazione del rischio si è utilizzato il metodo Hazus 99 (adattato alla realtà dell'Unione Europea dal progetto comunitario Risk-UE), che consente di stimare il probabile danno fisico diretto ed i conseguenti danni alla popolazione. L'approccio Hazus è di tipo analitico ed è efficace per avere un preciso quadro del danno probabile che potrebbe interessare gli edifici, le reti e la popolazione, in caso di occorrenza di terremoto distruttivo.

Nella fase preliminare, per definire la pericolosità sismica del sito su cui sorge il sistema urbano, si sono classificati i suoli ed individuati gli spettri di risposta elastici delle accelerazioni e degli spostamenti, ed i valori di accelerazione e velocità di picco e deformazione permanente del suolo, che si avrebbero probabilisticamente se occorresse un terremoto distruttivo. La valutazione di tali indici ($S_a[T]$, $S_d[T]$, PGA, PGV e PGD) può essere condotta a partire da formule suggerite dalle normative tecniche (italiane o europee) per le costruzioni in zona sismica o da altre formule presenti in letteratura. Nel caso di Messina la città ricade in zona sismica di prima categoria e la maggiore percentuale di edifici e reti insiste su sabbie e ghiaie mediamente addensate, che inglobano livelli e strati a prevalenza limosa. Dunque, adoperando la normativa italiana, si tratta di suoli caratterizzati da un'accelerazione di picco pari a 0.35g ed un valore di deformazione permanente pari a circa 10cm. Inoltre, data la categoria di suolo, rimangono determinati i valori del fattore S e dei periodi T_B , T_C e T_D , da cui calcolare S_a ed S_d per il generico edificio.

Si è costruito contemporaneamente un sistema informativo geografico e una banca dati, che raccoglie le informazioni spaziali e analitiche relative alle caratteristiche dei luoghi e del sistema urbano.

Un primo livello di mappa raccoglie le informazioni sui terreni di ciascuna zona del sistema urbano, implementando il GIS in modo da automatizzare l'operazione di calcolo dei valori di spettro e di PGA, PGV e PGD, dati che diventano input, nel successivo calcolo del danno previsto su edifici e reti. Eventuali coefficienti di amplificazione locale del moto sismico, o un eventuale pericolo di cedimento dei terreni o di inondazione (tsunami o seiche), possono essere tradotti poi in fattori correttivi (in senso peggiorativo) del danno atteso.

Un secondo livello raccoglie le informazioni del sistema urbano relative al profilo del patrimonio storico-monumentale, alla formazione e allo sviluppo dei tessuti edilizi e all'organizzazione morfologica e funzionale, alle infrastrutture a rete, a cui sono associate le informazioni relative alla funzione svolta nel contesto del sistema e alla eventuale progettazione sismo-resistente dei componenti. Ad ogni edificio sono riferiti quattro o cinque parametri: l'altezza (utile per la stima approssimata del primo periodo di vibrazione, attraverso il quale entrare nella funzione $S_a[T]$ o $S_d[T]$, per dedurre l'accelerazione o lo spostamento spettrale atteso), la tipologia strutturale, l'epoca di costruzione (utile per stabilire se l'edificio è progettato secondo normativa sismica), la classe di occupazione e l'eventuale importanza storico-monumentale.

Nel caso di Messina, il valore storico-culturale degli edifici è stato dedotto dall'essere o meno l'edificio vincolato dalla Soprintendenza ai Beni Culturali o segnalato dalle guide turistiche. Tutte le altre informazioni relative agli edifici sono state raccolte attraverso indagini dirette o in forma indiretta attraverso la consultazione dei risultati del "questionario edificio" dell'ultimo censimento, mentre quelle relative alle reti sono state fornite dagli enti gestori. Per gli edifici, in particolare, nell'attribuzione della classe di occupazione, si è anche fatto riferimento alle destinazioni del piano urbanistico vigente.

Un terzo livello comprende l'analisi della formazione e dello sviluppo del sistema urbano, attraverso la sovrapposizione di cartografie o foto aeree che presentano lo stato di fatto nel tempo. L'analisi ha lo scopo di indagare le trasformazioni ed i mutamenti subiti dai tessuti e di ipotizzare, in prima approssimazione, la maggiore o minore vulnerabilità attesa per ciascun aggregato edilizio.

Un ultimo livello informativo, per questa prima fase di analisi, raccoglie dati relativi alla popolazione, all'industria ed ai servizi, che vengono riferiti alle sezioni censuarie.

Dall'elaborazione di queste informazioni si ottiene la valutazione del rischio sismico urbano: nodo centrale dell'analisi e premessa fondamentale per la costruzione dello scenario di danno.

In particolare, note le due caratteristiche associate alla generica parte di rete e le tre caratteristiche di altezza, tipologia strutturale ed epoca di costruzione associate al generico edificio, il GIS stima il danno atteso attraverso la costruzione di curve di fragilità e valuta, successivamente, il numero di vittime che statisticamente potrebbero aversi.

Non potendo condurre un'indagine diretta su ciascun edificio, per la grande dimensione del sistema urbano, si sono utilizzate le informazioni fornite dal questionario edificio del censimento – tipologie strutturali (calcestruzzo armato, muratura portante, altro), altezza ed epoca di costruzione – aggregate per sezione censuaria. Si è, così, stimato il danno atteso per sezione censuaria, adoperando la curva di fragilità relativa all'altezza media ed a tipologia strutturale ed a epoca di costruzione più diffuse. In una seconda fase, in corso di realizzazione, per le sezioni censuarie che si possono già ipotizzare, in tutto o in parte, comprese nella SUM, si farà l'analisi diretta delle caratteristiche del singolo edificio. Il risultato finale è la definizione di un livello di danno atteso, attraverso l'attribuzione agli edifici di una classe di danno tra le quattro previste dalla metodologia: *minor*, *moderate*, *severe* e *collapse*.

C'è da aggiungere che la traduzione per l'Unione Europea di Hazus 99 – la metodologia Risk-UE – affianca, a quello delle curve di fragilità (che denomina LM2), un altro metodo di attribuzione delle classi di danno agli edifici. Questo secondo procedimento (che la metodologia denomina LM1), considera le cinque classi della EMS-98 (*slight*, *moderate*, *substantial to heavy*, *heavy* e *destruction*) e vi comprende il generico edificio, in funzione di un indice di vulnerabilità. Per il calcolo di questo indice, il WP4 di Risk-UE fornisce una formula che tiene conto – attraverso tre contributi – della tipologia strutturale dell'edificio e di eventuali particolari caratteristiche del tipo edilizio a livello regionale; per l'Italia, il lavoro è semplificato, in quanto – almeno nel caso di strutture in calcestruzzo armato e muratura portante – l'indice è direttamente calcolabile attraverso le schede di vulnerabilità di II livello del GNDT. In riferimento al caso di Messina, si sta procedendo incrociando, per i singoli edifici, i risultati ottenuti dai due metodi (LM1 ed LM2), al fine di verificarne l'attendibilità.

Dall'informazione sul danno fisico atteso in edifici e ponti, il GIS stima – sempre utilizzando la procedura suggerita da Hazus 99 – il numero delle probabili vittime in tre orari tipo: uno notturno (2:00), uno corrispondente al momento della chiusura delle scuole (14:00) ed un ultimo corrispondente al momento della chiusura degli uffici (17:00). In particolare, sono date quattro classi di severità di lesioni attese e, per ogni classe e ciascuna tipologia di edificio o ponte, è assegnata una percentuale prevista di popolazione coinvolta – fuori casa, in casa o in movimento.

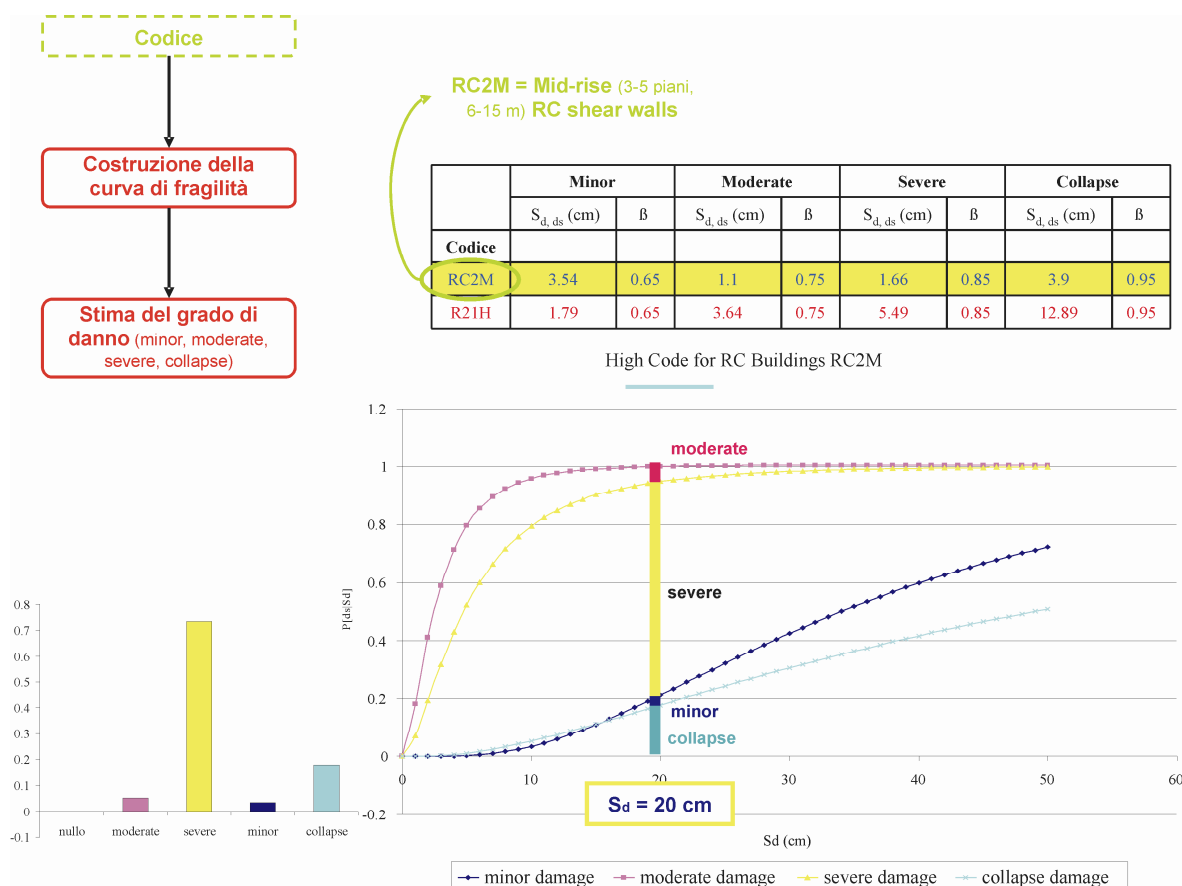


Figura 1 – Valutazione del danno atteso per il generico edificio

Inoltre, ancora dalle informazioni a proposito del danno previsto su edifici e reti, è possibile calcolare il danno economico diretto che, approssimativamente, subirebbe il sistema urbano a seguito del forte terremoto di progetto. In sintesi, noto quello che probabilmente verrebbe ad essere danneggiato del sistema urbano, a seconda dell'entità del danno atteso, si procede a far effettuare al GIS una vera e propria stima del costo totale di riparazione o eventuale ricostruzione, inserendo i costi parziali per tipologia.

Dall'analisi del rischio alla programmazione degli interventi

Questa valutazione (Hazus 99/Risk-UE) fornisce un quadro abbastanza completo della situazione che si potrebbe presentare, qualora effettivamente un forte terremoto dovesse interessare il sistema urbano a rischio. Sulla base di questo quadro viene infine costruito – questa volta dall'utente (Comune, Protezione civile,...), attraverso l'opportuna interrogazione del software – uno scenario di danno dell'insediamento, sintesi di tutti i risultati delle analisi e premessa della definizione della struttura urbana minima.

Il progetto finale di intervento sulla SUM consiste in un'azione di protezione sismica – coordinata a scala urbana – di tutti gli elementi che la compongono. Obiettivo di tale intervento è rendere resistente al terremoto distruttivo questa parte di città, affinché rimanga funzionante quando tutto il resto, probabilmente, non lo sarà. In termini concreti, ciò implica la programmazione – esplicitata da un livello finale di informazioni, introdotte dall'utente e collegate agli elementi ricadenti nella SUM – di una serie di lavori su edifici e reti, per esempio, l'adeguamento o miglioramento sismico delle strutture, il consolidamento o la costruzione di eventuali manufatti di sostegno del terreno, il risanamento di reti tecnologiche o, ancora, la costruzione di nuovi tratti a sostituzione di quelli ricadenti in terreni potenzialmente soggetti a liquefazione o rottura. Il risultato è la realizzazione – nella struttura urbana complessiva – di una struttura resistente, la quale garantisca lo svolgimento delle funzioni minime in emergenza e sia il motore della ripresa nella fase successiva.

L'estensione della struttura urbana minima è, naturalmente, funzione del budget che le amministrazioni o i finanziatori privati investono. In linea puramente teorica, si potrebbe rendere resistente al sisma un'intera città. Tuttavia, essendo questa possibilità remota, è fondamentale che, insieme alla programmazione degli interventi sulla struttura urbana minima, si formulino indirizzi per la riduzione del rischio sismico da applicare nelle fasi di programmazione urbanistica e territoriale futura, per esempio, verificando i cambi di destinazione d'uso per gli edifici specialistici storici oppure prescrivendo indagini geologiche a corredo delle progettazioni esecutive di riparazione o costruzione o, ancora, incentivando, con le norme tecniche, un repertorio di interventi di consolidamento antisismico compatibili con i caratteri dell'edilizia storica e degli aggregati edilizi.

Conclusioni

Il terremoto tettonico è un evento prevedibile: i sismologi sanno quali sono le zone sismiche del nostro pianeta, incrementano le loro conoscenze, affinano i loro modelli e sono in grado di indicare con precisione, se non esattamente il “quando” (sebbene statisticamente un terremoto ordinario abbia un periodo di ritorno massimo pari a 50 anni ed un forte terremoto pari a 500 anni), almeno il “dove” ed il “quanto forte”. Sono in grado di individuare le zone del territorio che potrebbero essere soggette al massimo scuotimento e che quindi sono più a rischio.

Dall'analisi della sismicità storica emerge che in media in Italia, ogni cento anni, si verificano più di cento terremoti di magnitudo compresa tra 5.0 e 6.0 e dai 5 ai 10 terremoti di magnitudo superiore a 6.0. Il Mediterraneo è, poi, in generale interessato dalla presenza di zone sismogenetiche ed in tutte le regioni circostanti questo mare la sismicità è molto elevata, sia per frequenza che per entità.

La metodologia fin qui illustrata potrebbe quindi rivelarsi un utile approccio al problema del rischio sismico, nel caso di tutti quei sistemi urbani complessi che ricadono in una zona ad alta pericolosità sismica e per i quali un intervento preventivo di messa in sicurezza della SUM potrebbe fare la differenza, nel momento dell'emergenza e per la successiva ripresa. Prossimo obiettivo della ricerca è dunque concludere la sperimentazione su Messina, per delineare definitivamente i passi che caratterizzano la procedura d'analisi, in funzione dei risultati ottenuti appunto dall'applicazione.

Ringraziamenti

Per lo studio del metodo Hazus, particolarmente importante è stata la collaborazione intrapresa con il prof. Luis Guerreiro dell'*Istituto Superior Técnico* dell'Università di Lisbona (Portogallo) e con i sismologi Xavier Goula e Teresa Susaña dell'*Institut Cartogràfic de Catalunya* ed il prof. Lluís Pujades del *Departament d'Enginyeria del Terreny, Cartogràfica i Geofísica* dell'Università Politecnica di Barcellona (Spagna). Un particolare ringraziamento va, infine, al Servizio Riqualficazione Urbana della Regione Emilia Romagna ed al Centro Operativo

Programmi di Recupero e Beni Culturali della Regione Marche ed, ancora, al Servizio SIT del Comune di Messina.

Bibliografia

AA.VV. (2004), *Risk-UE, An advanced approach to earthquake risk scenarios with applications to different European towns*

Cremonini I. et al. (1994), *Rischio sismico e pianificazione nei centri storici*, Alinea, Firenze

Federal Emergency Management Agency (1999), *Hazus 99, Service release 2, Technical Manual*, Washington (U.S.A.)

Ministério das Obras Públicas Transportes e Habitação, Laboratório Nacional de Engenharia Civil LNEC (2003), *Caraterização, vulnerabilidade e estabelecimento de danos para o planeamento de emergência sobre o risco sísmico na área metropolitana de Lisboa e nos Municípios de Benavente, Salvaterra de Magos, Cartaxo, Alenquer, Sobral de Monte Agraço, Arruda dos Vinhos e Torres Vedras*, Lisboa (Portogallo)

Generalitat de Catalunya, Departament d'Interior, Direcció General d'emergències i seguretat civil, Subdirecció General de Prevenció i Planificació e Universitat Politècnica de Catalunya, Departament d'Enginyeria del Terreny (2002), *Anàlisis de daño sísmico en las líneas vitales de Catalunya*, Barcelona (Spagna)

Regione Emilia Romagna, Direzione generale Programmazione territoriale e sistemi di mobilità, Servizio riqualificazione urbana (2004), *Analisi, valutazione e riduzione dell'esposizione e della vulnerabilità sismica dei sistemi urbani nei piani urbanistici attuativi*, Bologna

Regione Marche, Servizio Lavori Pubblici (2002), *Rassegna ragionata dei programmi di recupero post sisma*, Bollettino Ufficiale della Regione Marche, ed. str. 21/03/2002