

CAPITOLO VIII

RISCHIO SISMICO

BRAMERINI F. - COLOZZA R. - COPPARI S. - DOLCE M.
MOSCATO M. - PACIELLO A. - REBUFFAT M. - SABETTA F.
Coordinatore: DE MARCO R. - Servizio Sismico Nazionale, Roma

INDICE

RIASSUNTO / ABSTRACT	<i>Pag.</i>	437
PREMESSA	»	441
VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA	»	443
1 – INTRODUZIONE	»	443
2 – METODO DEL CATALOGO DI SITO	»	443
3 – METODO DI CORNELL	»	444
4 – MASSIMI EVENTI STORICI	»	448
5 – CONCLUSIONI	»	448
ANALISI DEGLI ELEMENTI ESPOSTI AL RISCHIO SISMICO	»	451
1. – L’ANALISI DEGLI ELEMENTI ESPOSTI	»	451
2. – LA PREDISPOSIZIONE DELLE BASI INFORMATIVE	»	456
3. – POPOLAZIONE	»	458
4. – GLI ELEMENTI FISICI	»	459
5. – I SISTEMI A RETE	»	475
5.1 – LA RETE IDRICA	»	475
5.2 – LA RETE ELETTRICA	»	490
5.3 – LA RETE DEL GAS	»	493
5.4 – LA RETE TELEFONICA	»	495
VULNERABILITÀ E RISCHIO DI DANNEGGIAMENTO DEGLI EDIFICI	»	497
<i>Introduzione</i>	»	497
1. – IL PROCESSO TIPOLOGICO DELL’EDILIZIA DI BASE	»	498
1.1 – GENERALITÀ	»	498

1.2 – L'EDILIZIA PRE-OTTOCENTESCA	<i>Pag.</i>	500
1.3 – L'EDILIZIA TARDO-OTTOCENTESCA	»	513
2. – MODALITÀ DI FORMAZIONE E TRASFORMAZIONE DEI TESSUTI	»	517
2.1 – LETTURA DI UN TESSUTO DI CASE A SCHIERA	»	517
3. – CARATTERIZZAZIONE STRUTTURALE DELLE TIPOLOGIE EDILIZIE ROMANE	»	520
3.1 – GENERALITÀ	»	520
3.2 – IDENTIFICAZIONE DEI PARAMETRI STRUTTURALI	»	522
4. – ATTRIBUZIONE DELLA CLASSE DI VULNERABILITÀ	»	523
4.1 – GENERALITÀ	»	523
4.2 – MECCANISMI DI DANNEGGIAMENTO E COLLASSO	»	525
4.3 – VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITÀ	»	535
5. – RISCHIO DI DANNEGGIAMENTO DEGLI EDIFICI	»	539
CONCLUSIONI	»	543
BIBLIOGRAFIA	»	545

TAVOLE FUORI TESTO

Tav. 1 – Tipologie edilizie del centro storico.

Tav. 2 – Tipologie edilizie analizzate del centro storico.

RIASSUNTO

La valutazione probabilistica della pericolosità sismica del centro storico di Roma è stata effettuata seguendo due diversi approcci.

Il primo consiste nella valutazione diretta delle frequenze di comparsa delle intensità macrosismiche attraverso l'utilizzazione di un catalogo di sito. Il catalogo sismico locale di Roma, relativo a un periodo compreso tra il 461 a.C. e il 1989, è stato realizzato appositamente attraverso approfondite indagini di sismica storica e contiene 656 eventi con risentimento accertato a Roma.

Il secondo approccio consiste nell'applicazione del metodo di Cornell utilizzando il codice di calcolo SEISRISK3. Sono state considerate le zone sismogenetiche da 28 a 41 della zonazione proposta dal Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti nel 1992. La zona n° 31 è stata modificata in modo da escludere la città di Roma e includere la sismicità dei Colli Albani. Il catalogo utilizzato è quello del Progetto Finalizzato Geodinamica opportunamente filtrato secondo un metodo che permette di stimare evento per evento le dimensioni della finestra spazio temporale da utilizzare per la rimozione degli eventi dipendenti. Per assegnare un valore di magnitudo agli eventi per i quali nel catalogo è riportata solo l'intensità è stata usata la relazione di conversione proposta da Karnik. Le analisi sono state effettuate in termini di intensità, picco di accelerazione, picco di velocità e valori dello spettro di risposta corrispondenti a 14 frequenze. Le relazioni di attenuazione utilizzate sono quella di Grandori per l'intensità e quella di Sabetta e Pugliese per i valori di picco e i valori spettrali. Per una verifica dei risultati ottenuti con i due metodi probabilistici è stato infine utilizzato un terzo metodo, di tipo deterministico, basato sulla stima dei massimi terremoti storici risentiti a Roma.

In termini di intensità macrosismica i risultati dei due metodi probabilistici sono sostanzialmente coincidenti e confermano l'opportunità delle scelte fatte riguardo alla selezione dei dati e delle metodologie di analisi. I valori ottenuti sono rispettivamente di V-VI MCS per un periodo di ritorno pari a 50 anni e di VII MCS per un periodo di ritorno di 500 anni. Relativamente ai parametri caratteristici del moto del suolo, i valori ottenuti per un periodo di ritorno di 50 anni e per terreni di tipo rigido, sono di 0.03 g per il picco di accelerazione, 1.45 cm/s per il picco di velocità e 0.047 g per lo spettro di risposta a 0.4 secondi; a un periodo di ritorno di 500 anni corrispondono invece un PGA di 0.05 g, un PGV di 2.7 cm/s e un valore spettrale a 0.4 secondi di 0.085 g. I risultati ottenuti dall'analisi deterministica indicano come massimo evento storico un terremoto di magnitudo pari a 7 e distanza epicentrale 85 km cui corrispondono 0.06 g per il PGA, 4.6 cm/s per il PGV e 0.13 g per lo spettro di risposta su terreno rigido in corrispondenza a un periodo di 0.4 secondi.

La valutazione degli elementi a rischio in una città implica l'esatta individuazione della tipologia di tali elementi, la loro localizzazione geografica, la definizione delle eventuali caratteristiche funzionali e del ruolo all'interno del contesto urbano.

Per il centro storico di Roma, sono state selezionate alcune tipologie di tali elementi e sono state individuate le fonti informative per la loro localizzazione e descrizione.

L'insieme delle informazioni è stato organizzato in un sistema informativo geografico che ha consentito di effettuare valutazioni in termini spaziali.

In particolare è stata analizzata la distribuzione della popolazione e del patrimonio abitativo per sezioni censuarie utilizzando i dati rilevati dall'Istat, e sono state individuate le aree ad alto uso residenziale con maggiore concentrazione di popolazione residente e appartenente a fasce di età maggiormente esposte.

Sono stati inoltre individuati gli edifici pubblici, con alta frequenza d'uso e in funzione del ruolo strategico all'interno del sistema urbano (alberghi, cinema e teatri, edifici per l'istruzione, musei e biblioteche, edifici pubblici di pronto intervento, servizi sanitari, uffici amministrativi).

Per quanto riguarda i sistemi a rete (lifelines), sono state prese in esame le sole reti di servizi tecnologici (elettricità, acquedotti, gas e telefonia), rinviando l'analisi dei sistemi viari e ferroviari ad

un eventuale proseguimento dello studio esteso all'intera area urbana. Dei sistemi a rete analizzati è stato possibile dare una prima descrizione e formulare alcune considerazioni generali sulle problematiche connesse alla vulnerabilità.

La valutazione della vulnerabilità sismica e del rischio di danneggiamento degli edifici dei centri storici di molte città italiane presenta, a causa della loro lunga e complessa storia, peculiarità che rendono problematica l'applicazione delle procedure classiche.

In particolare gli edifici del centro storico di Roma, con almeno due millenni di vita attiva dell'insediamento residenziale, sono il frutto di molteplici mutazioni, il più delle volte frutto di iniziative singole, spesso addirittura cieche nel modificare azzardatamente equilibri e strutture di portata complessiva. Il patrimonio edilizio del centro storico romano presenta, dunque, caratteri di elevata vulnerabilità per molti dei suoi tipi. D'altra parte il territorio di Roma è caratterizzato da una bassa pericolosità sismica, e dunque da basse probabilità di arrivo di terremoti pericolosi per le strutture. Si richiede pertanto una metodologia ad hoc di valutazione della vulnerabilità che abbia capacità di risoluzione più elevata di quella che scaturisce dalle procedure statistiche usualmente adottate in Italia.

Tale metodologia ha richiesto prioritariamente un'analisi storica dell'edilizia romana al fine di definirne i caratteri legati alle modalità di nascita, sviluppo e trasformazione e permettere di individuare le principali tipologie strutturali con riferimento alla risposta sismica. La valutazione della vulnerabilità, intesa come probabilità dei diversi livelli di danneggiamento per terremoti di data intensità (matrici di probabilità di danno), è stata realizzata con un approccio di tipo esperto-meccanico-probabilistico appositamente messo a punto, basato sull'individuazione dei meccanismi di danneggiamento e collasso, sulla quantizzazione delle forze che attivano tali meccanismi, sull'assunzione di distribuzioni di probabilità della loro attivazione e sul trattamento probabilistico di tali informazioni.

La calibrazione dei risultati è stata effettuata attraverso il confronto tra le matrici di probabilità di danno così ottenute, con quelle ricavate dai terremoti del 1980 e 1984, nonché con le indicazioni contenute nella scala MSK circa la danneggiabilità delle diverse classi di vulnerabilità considerate. Il lavoro è completato con un'analisi di rischio finalizzata alla valutazione probabilistica del rischio di danneggiamento o di crollo degli edifici appartenenti alle varie tipologie. Nell'approccio adottato si assume la classica ipotesi per la quale i terremoti sono governati da un processo Poissoniano. I risultati ottenuti hanno valore esemplificativo di una metodologia che può fornire utili indicazioni sul rischio sismico per le strutture edilizie del centro storico di Roma. Essi vanno però interpretati correttamente, tenendo presente il loro significato probabilistico nonché le modalità e le approssimazioni con cui sono stati ricavati.

ABSTRACT

The probabilistic seismic hazard assessment of the historical center of the city of Rome has been performed using two different approaches.

The first one consists in the evaluation of the appearing frequencies of the macroseismic intensities using a site catalogue. The seismic local catalogue of Rome, corresponding to a time period ranging from 461 B.C. to 1989, has been compiled through in-depth historical studies and includes 656 events felt in Rome.

The second approach refers to the application of the Cornell method using the SEISRISK3 computer code. The seismogenetic zones from 28 to 41 of the seismic zonation proposed in 1992 by "Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti", have been considered. The zone n° 31 was modified in order to exclude the city of Rome and to include the Alban Hills seismicity. The seismic catalogue compiled by "Progetto Finalizzato Geodinamica" was filtered with a methodology allowing to estimate for each earthquake the dimension of the space-time window to be used in order to remove the dependent events. For the events characterized in the catalogue only by an intensity value the intensity-magnitude conversion proposed by Karnik has been used. The analyses have been performed in terms of macroseismic intensity, peak ground acceleration, peak velocity, and response spectral values corresponding to 14 frequencies. The attenuation laws utilized are those proposed by Grandori for the intensity and by Sabetta and Pugliese for peak values and spectral values.

In order to check the results obtained with the probabilistic methods, a third methodology, based on the deterministic estimate of the main historical earthquakes felt in Rome, has been used.

In terms of macroseismic intensity the results of the two probabilistic methods are substantially the same confirming the choices made in the selection of data and procedures. The obtained values are respectively of V-VI MCS for a return period of 50 years and of VII MCS for a return period of 500 years. In terms of ground motion parameters the values obtained for a 50 years return period and for stiff sites are 0.03 g for peak ground acceleration, 1.45 cm/s for peak velocity, and 0.047 g for the response spectrum at 0.4 seconds period; for a 500 years return period the obtained values are 0.05 g for PGA, 2.7 cm/s for PGV, and 0.085 g for the response spectrum at 0.4 seconds. The results obtained from the deterministic analysis show, as maximum historical event, an earthquake of magnitude 7 and epicentral distance 85 km, corresponding to 0.06 g for PGA, 4.6 cm/s for PGV, and 0.13 g for the response spectrum at 0.4 seconds on a stiff site.

The analysis of the elements exposed to the seismic risk in a city involves the accurate characterization of the typology of such elements, their geographic location, and the definition of the possible functional features and rule in the urban context. As far as the historical center of Rome is concerned, some typologies of such elements have been identified as well as the information sources for their localization and description.

The bulk of informations has been organized in a geographic information system allowing spatial analyses. In particular the risk assessment has been performed on population and houses distribution using the ISTAT data. The residential areas with greater concentration of resident population belonging to high risk age classes were identified. The strategic public buildings with high frequency of use have been also selected (hotels, cinemas and theatres, schools, museums and libraries, civil protection buildings, health services, administrative offices).

As regards the lifelines, only the distribution networks (electricity, water, gas, and telephone) were analyzed whereas the road and railway systems could be examined in a future extension of the study to the whole urban area. A general description of the lifelines analyzed and some considerations about their vulnerability are provided.

The evaluation of the seismic vulnerability and of the risk of damage of the buildings of the historical settlements of many Italian cities presents some peculiarities deriving from their long and complicated history.

Owing to these peculiarities the classical procedures for seismic vulnerability assessment are no more suitable. In particular the historical centre of Rome has at least twenty centuries of active life of the residential settlements. The buildings have been subjected to several alterations which very often were the result of individual enterprises that modified hazardously the overall structural equilibrium. The residential settlements of the centre of Rome are then characterised by a high seismic vulnerability for most of the building types. On the other hand the city of Rome is characterised by a low seismic hazard, and then by low probabilities of arrival of earthquakes dangerous for structures. An "ad hoc" vulnerability assessment methodology is needed. It must have resolution capabilities higher than those given by the statistical approaches usually adopted in Italy.

Such methodology needs primarily an historical analysis of the buildings of Rome, in order to define the structural characteristics deriving from the modalities of birth, development and transformation, as well as to identify the main structural types with reference to the seismic response. The evaluation of the vulnerability, i.e. the probabilities of the various damage levels for earthquakes of given intensities (damage probability matrices), is carried out by means of a purposely set up expert-mechanical-probabilistic approach. It is based on the identification of the possible mechanisms of damage and collapse, on the quantification of the forces which activate such mechanisms, on the assumption of the probability distributions of their activation and on the probabilistic treatment of the information.

The calibration of the results is carried out by comparing the damage probabilities thus obtained to those drawn from the damage data of the 1980 and 1984 Italian earthquakes, as well as with the directions given by the MSK scale regarding the damageability of the three vulnerability classes. The work is completed by a risk analysis aimed at giving a probabilistic evaluation of the risk of damage or collapse of the various buildings types. In this approach the classical Poissonian hypothesis is assumed for the earthquake occurrence law. The results are valuable as an example of a methodology which can provide useful information on the seismic risk of the buildings of the historical centre of Rome. However they must be interpreted in the right way, by taking into account their probabilistic meaning as well as the approximations with which they have been drawn.

PREMESSA

All'interno del quadro di attività cui si riferisce il presente volume, riguardante lo studio di alcune salienti caratteristiche fisiche dell'area di Roma, è sembrato opportuno intervenire con un capitolo dedicato al Rischio Sismico. Il Servizio Sismico Nazionale, che ne ha curato la realizzazione, ha fatto sì che convergessero su tale tema alcuni significativi contributi scientifici, recuperando quindi i risultati della sperimentazione metodologica adottata nell'ambito di una più complessiva attività di definizione del Rischio Sismico, nella quale è da tempo impegnato.

Il livello di sismicità, e conseguentemente di rischio, che interessa l'area metropolitana di Roma è decisamente moderato rispetto a molte altre zone del territorio nazionale. La scelta di inserire anche quest'attività nel contesto generale del lavoro è stata tuttavia motivata da due ordini di considerazioni. Innanzitutto è sembrato opportuno che un'attività di studio a grande potere risolutivo, che andava a definire un quadro conoscitivo nelle componenti geologica, geotecnica ed idrogeologica, includesse anche elementi di valutazione relativi alle caratteristiche e alle destinazioni d'uso del patrimonio edilizio, alla popolazione ed alla fragilità complessiva del contesto urbano rispetto all'evento terremoto. In secondo luogo si è colta l'opportunità di utilizzare l'approccio multidisciplinare di questo lavoro, per cominciare a mettere a punto una metodologia innovativa esportabile, nelle linee generali, ad altri contesti del territorio nazionale.

L'avvio dello studio a partire dal centro storico della città, ha consentito inoltre di testare la metodologia utilizzata su una realtà storico-urbanistica tra le più complesse ed articolate.

Nella realizzazione di questo lavoro, per limiti di tempo e di risorse, si è fatto uso esclusivamente di informazioni già disponibili, non provenienti, quindi, da censimenti ad hoc o da indagini a carattere puntuale finalizzate allo studio in questione. Infatti, il contributo di informazione è stato recuperato presso il Comune di Roma, le aziende municipalizzate ed altre fonti che, per proprie finalità istituzionali, hanno rilevato i dati. L'attività svolta è stata soprattutto quella di acquisire, omogeneizzare e organizzare le informazioni, predisponendo un codice di lettura indirizzato ad un primo approccio al Rischio Sismico del centro storico. A tale lavoro sistematico di strutturazione di un Data Base specializzato si è sovrapposta una attività di valutazione critica delle conoscenze e la proposizione di una metodologia, appositamente definita, di approccio alle analisi di vulnerabilità.

La valutazione del Rischio Sismico risulta particolarmente critica in relazione alla modalità di presentazione dei risultati. Ad esempio la rappresentazione affidata ad una carta tematica in cui si definisce la probabilità di un dato livello di danno riferito al singolo edificio, pone particolari problemi di impatto sull'utenza qualora la lettura del dato non sia accompagnata da una approfondita riflessione sul processo metodologico che l'ha prodotto. Ciò è tanto più vero quando, come in questo caso, i risultati sono ricavati da una analisi delle caratteristiche tipologiche e strutturali degli edifici basata non su riscontri diretti e puntuali, ma piuttosto su un'attività interpretativa della realtà del contesto urbano. Si è scelto pertanto di rinunciare ad una rappresentazione, pur possibile, dove sia individuato e classificato il singolo edificio e di limitarsi a definire le tipologie edilizie a cui associare una certa probabilità di danneggiamento in un dato periodo di tempo.

Il presente capitolo, assolvendo ad una definizione di rischio comunemente accettata, individua alcuni elementi per la valutazione di pericolosità, esposizione e vulnerabilità.

In termini di pericolosità le relative valutazioni sono state effettuate utilizzando tre diversi approcci che forniscono risultati analoghi. Il primo è basato sull'utilizzazione di un catalogo sismico locale per la città di Roma, ricavato dagli studi di sismicità storica descritti nel capitolo 6 di questo volume. Il secondo è basato sull'impiego del classico metodo probabilistico «poissoniano» che prevede l'utilizzo di una zonazione sismogenetica, di un catalogo sismico e di una legge di attenuazione. Il terzo consiste in una valutazione deterministica basata sulla stima dei massimi terremoti storici risentiti a Roma. La valutazione della pericolosità è stata effettuata non solo in termini di intensità macrosismica, ma anche di parametri caratteristici del moto

del terreno, quali valori di picco del moto e spettri di risposta a pericolosità uniforme, per diverse condizioni litologiche di sito. I risultati ottenuti sono confrontabili con quanto esposto nel capitolo 7 in termini di modellazione del moto del terreno e degli effetti locali.

In termini di esposizione ci si è limitati all'identificazione di alcuni elementi e sistemi, ricostruendo la geografia delle informazioni di base e predisponendo alcuni strumenti utili per successive valutazioni. In tal senso è stato costruito un sistema informativo geografico in cui sono stati inseriti la base cartografica relativa alle sezioni censuarie, con tutte le informazioni sulla popolazione e le abitazioni provenienti dall'Istat, e le basi cartografiche catastali con le informazioni sulla tipologia e la consistenza edilizia. La costruzione di tale sistema informativo ha permesso le successive elaborazioni finalizzate alle valutazioni sulla vulnerabilità degli edifici. Infine sono state individuati gli edifici pubblici all'interno del centro storico (alberghi, cinema e teatri, scuole, musei e biblioteche, edifici di pronto intervento, servizi sanitari, uffici amministrativi) a cui sono state associate alcune variabili per la loro qualificazione.

Per quanto riguarda i sistemi a rete (lifelines), sono state prese in esame le sole reti di servizi tecnologici (elettrodotti, acquedotti, gas e telefonia), rinviando l'analisi dei sistemi viari e ferroviari ad un eventuale proseguimento dello studio esteso all'intera area urbana. Dei sistemi a rete analizzati è stato possibile dare una prima descrizione e formulare alcune considerazioni generali sulle problematiche connesse alla vulnerabilità.

Per quanto riguarda la valutazione di vulnerabilità del patrimonio edilizio, il lavoro si sofferma solo sull'edilizia abitativa che si presta ad una caratterizzazione tipologica generale. Per l'analisi delle caratteristiche di tale patrimonio ci si è avvalsi di un'indagine predisposta dal Comune di Roma alla fine degli anni '80. È stato quindi analizzato il processo storico di formazione delle tipologie edilizie, del tessuto urbano e delle mutazioni intervenute nel tempo. Si sono infine individuati i probabili meccanismi di danneggiamento e collasso, riferiti alle diverse tipologie, determinando la distribuzione di probabilità della loro attivazione. I risultati descrivono la vulnerabilità del patrimonio edilizio indagato e, correlati con quelli derivati dallo studio di pericolosità, consentono di valutare il rischio di danno grave o di crollo in termini di frequenza annuale o di probabilità di danno in un definito arco temporale.