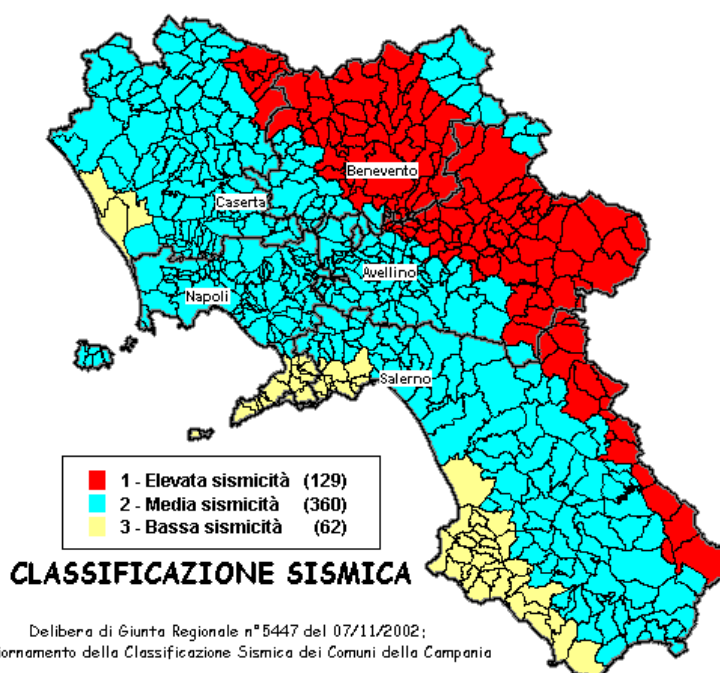




REGIONE CAMPANIA

LINEE GUIDA PER L'ATTUAZIONE DELLA O.P.C.M. 3362/2004



A cura del Comitato Tecnico Scientifico:

Presidente:

Dott. Ing. CALCARA Ernesto

Membri:

Prof. Ing. BARATTA Alessandro

Prof. Ing. MALANGONE Pasquale

Prof. Arch. ZUCCARO Giulio



A.G.C. – Ecologia, Tutela Ambiente, C.I.A., Protezione Civile
Settore Programmazione Interventi di Protezione Civile sul Territorio

Il Comitato Tecnico Scientifico ringrazia per la fattiva collaborazione:
dott. ing. MAGGIO' Francesca, responsabile Ufficio Servizio Sismico;
dott. ing. PETRAZZUOLI Stefano Maria, struttura tecnica di supporto in attuazione O.P.C.M. 3362/2004;
dott. ing. CICALESE Salvatore, struttura tecnica di supporto in attuazione O.P.C.M. 3362/2004;
dott. ing. RAUCI Massimiliano, struttura tecnica di supporto in attuazione O.P.C.M. 3362/2004.



INDICE

Capitolo I: INTRODUZIONE

I.1 Generalità	pag. 1
I.2 Riferimenti normativi	pag. 4

Capitolo II: PROCEDURE

II.1. Generalità	pag. 9
II.2. Fasi e articolazione delle operazioni di verifica	pag. 9
II.3. Fasi e articolazione delle operazioni di progetto degli interventi.....	pag.10
II.3.1. Prima fase: Verifica della Costruzione nello stato in cui si trova ed eventuale progettazione Preliminare e Definitiva dell'Intervento	pag.10
II.3.2. Seconda fase: Operazioni Finali (O.F.) di progettazione Esecutiva	pag.12

Capitolo III: INDAGINI SUGLI EDIFICI

III.1. Generalità	pag.13
III.2. EDIFICI IN MURATURA	pag.15
III.2.1. Programma delle indagini	pag.15
III.2.2. Prove non distruttive	pag.15
III.2.2.1. La prova Endoscopica.....	pag.15
III.2.2.2. La prova Georadar	pag.16
III.2.2.3. La prova Termografica	pag.16
III.2.3. Prove distruttive	pag.17
III.2.3.1. Prelievo di campioni lapidei (carotaggio).....	pag.17
III.2.3.2. Prove con martinetti piatti singoli e doppi.....	pag.17
III.3. EDIFICI IN CEMENTO ARMATO	pag.17
III.3.1. Programma delle indagini	pag.17
III.3.2. Metodi distruttivi del conglomerato cementizio (carotaggio)	pag.18
III.3.3. Metodi non distruttivi del conglomerato cementizio	pag.19
III.3.3.1. Le prove sclerometriche.....	pag.19
III.3.3.2. Le prove ad ultrasuoni	pag.20
III.3.3.3. Il metodo Sonreb.....	pag.20
III.3.4. Carbonatazione del calcestruzzo	pag.21



III.3.5. Metodi distruttivi e non distruttivi per le barre di acciaio	pag.21
III.3.5.1. Prove non distruttive	pag.21
III.3.5.2. Prove distruttive	pag.22

Capitolo IV: ANALISI DEI FATTORI DI VULNERABILITÀ SISMICA.

IV.1. Premessa	pag.23
IV.2. Introduzione	pag.23
IV.3. Le carenze strutturali	pag.25
IV.4. Analisi del danno attraverso i meccanismi di collasso	pag.27
IV.4.1. Muratura	pag.28
IV.4.2. Cemento Armato	pag.29
IV.5. Meccanismi di collasso e fattori di vulnerabilità	pag.30
IV.5.1. Muratura	pag.30
IV.5.2. Cemento Armato	pag.31
IV.6. La scheda MEDEA	pag.33
IV.7. Analisi delle condizioni di vulnerabilità e misure di mitigazione ricorrenti	pag.33
IV.7.1. Edifici in muratura	pag.34
IV.7.2. Edifici in cemento armato	pag.35

Capitolo V: OPERAZIONI PER LA VERIFICA DEGLI EDIFICI ESISTENTI IN MURATURA AI FINI DELLA APPLICAZIONE DELLA ORDINANZA 3362 DEL 8 LUGLIO 2004

V.1. Premessa	pag.36
V.2. Operazioni preliminari	pag.36
V.3. Operazioni per la verifica e la conseguente valutazione di sicurezza dell'edificio	pag.38
V.4. Operazioni conclusive di sintesi	pag.42

Capitolo VI: PROGETTO DELL'INTERVENTO SU EDIFICI IN MURATURA

VI.1. Premessa	pag.43
VI.2. Operazioni Preliminari di Verifica	pag.43
VI.3. Operazioni preliminari di Progetto	pag.44
VI.4. Operazioni finali di progetto	pag.46



Capitolo VII: OPERAZIONI PER LA VERIFICA DEGLI EDIFICI ESISTENTI IN C.A. AI FINI DELLA APPLICAZIONE DELLA ORDINANZA 3362 DEL 8 LUGLIO 2004

VII.1. Premessa	pag.48
VII.2. Operazioni preliminari.....	pag.48
VII.3. Operazioni per la verifica e la conseguente valutazione di sicurezza dell'edificio.....	pag.50
VII.4. Operazioni conclusive di sintesi	pag.54

Capitolo VIII: PROGETTO DELL'INTERVENTO SU EDIFICI IN C.A.

VIII.1. Premessa	pag.55
VIII.2. Operazioni preliminari di verifica	pag.55
VIII.3. Operazioni preliminari di progetto	pag.56
VIII.4. Operazioni finali di progetto.....	pag.58

Allegati:..... pag.60

A.1. Scheda MEDEA per Edifici Ordinari in Muratura	pag.61
A.2. Abaco dei Danni delle Strutture Verticali per Edifici Ordinari in Muratura	pag.63
A.3. Abaco dei Danni delle Strutture Orizzontali per Edifici Ordinari in Muratura	pag.66
A.4. Abaco dei Meccanismi di Danno per Edifici Ordinari in Muratura	pag.68
A.5. Scheda MEDEA per Edifici Ordinari in Cemento Armato	pag.70
A.6. Abaco dei Danni delle Strutture Verticali per Edifici Ordinari in Cemento Armato	pag.72
A.7. Abaco dei Danni delle Strutture Orizzontali per Edifici Ordinari in Cemento Armato	pag.74
A.8. Abaco dei Danni delle Tamponature per Edifici Ordinari in Cemento Armato	pag.75
A.9. Abaco dei Danni delle Pareti per Edifici Ordinari in Cemento Armato	pag.76
A.10. Abaco dei Meccanismi di Danno per Edifici Ordinari in Cemento Armato.....	pag.77
A.11. Scheda di sintesi della verifica sismica di "Livello 1" o di " Livello 2" per edifici strategici ai fini della Protezione Civile... ..	pag.81
A.12. Scheda di sintesi della verifica sismica di "Livello 1" o di " Livello 2" per ponti strategici ai fini della Protezione Civile.....	pag.93

Capitolo I: *INTRODUZIONE*

I.1. Generalità

L'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003 all'art. 2 fa obbligo ai proprietari delle seguenti tipologie di opere di procedere alla verifica dello stato di sicurezza nei confronti dell'azione sismica:

- A: edifici di interesse strategico ed opere infrastrutturali la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile;
- B: edifici ed opere infrastrutturali che possono assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso.

Le tipologie di opere di competenza statale che presentano le caratteristiche indicate sono state individuate con Decreto della Presidenza del Consiglio dei Ministri del 21 ottobre 2003.

La Delibera di Giunta Regionale n. 3573 del 5.12.2003 ha individuato le opere di competenza regionale rientranti nelle suddette tipologie A e B.

La medesima OPCM 3274/03 prescrive che le suddette valutazioni dello stato di sicurezza nei confronti dell'azione sismica degli edifici e delle infrastrutture di cui agli elenchi A e B, si effettuino attraverso verifica di adeguatezza alle norme tecniche di cui agli allegati 2 e 3 alla medesima ordinanza ivi comprese le successive modifiche ed integrazioni degli stessi (OPCM 3431/05).

L'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3362 del 8 Luglio 2004: "Modalità di attivazione del Fondo per interventi straordinari della Presidenza del Consiglio dei Ministri, istituito ai sensi dell'art. 32-bis del decreto-legge 30 settembre 2003, n. 269, convertito, con modificazioni, dalla legge 24 novembre 2003 n. 326" ha stanziato e trasferito alle regioni risorse proporzionalmente al livello di rischio sismico del loro territorio al fine di attivare un primo programma di verifiche ed al contempo di interventi di "miglioramento o adeguamento" per gli edifici ritenuti più vulnerabili.

Il Settore Programmazione Interventi di Protezione Civile ha elaborato il I Programma Temporale del patrimonio edilizio strategico e rilevante (annualità 2004) mediante le procedure indicate nell'allegato tecnico alla DGR n.2535 del 30/12/2004.

Quest'ultima inoltre prevedeva la redazione di specifiche Linee Guida di indirizzo per la esecuzione delle verifiche e degli interventi sugli edifici strategici e rilevanti in merito alle modalità di attuazione di quanto disposto dalle OPCM 3274/03 e 3362/04 e s.m. e i.

La medesima DGR n. 2535/04 ha inoltre contestualmente istituito un Comitato Tecnico Scientifico (C.T.S.) cui sono stati conferiti specifici incarichi connessi all'attuazione dell'OPCM

3362/04 fra cui quello di redigere “le linee tecniche guida da seguire per le attività di verifica e per l’elaborazione dei progetti”.

L’esigenza, di predisporre le presenti Linee Guida (LG) scaturisce principalmente dalla considerazione di tre aspetti:

- la peculiarità del tipo di verifica richiesta
- la finalità di ottenere risultati omogenei e confrontabili sul territorio regionale, che consentano la definizione del successivo Programma Temporale degli interventi attraverso la valutazione preliminare di specifici parametri di rischio (α_u ed α_e) risultanti dalle verifiche, così come definiti dalla OPCM 3362/04;
- la finalità di fornire al professionista incaricato (sia per le verifiche che per la progettazione degli interventi di consolidamento) un percorso logico di indagine ed interpretazione delle condizioni di sicurezza della struttura (sia alle azioni sismiche che di esercizio).

Tali finalità possono essere raggiunte attraverso diverse modalità di calcolo, purché la metodologia scelta consenta di ottenere risultati finali coerenti con quanto previsto dalle presenti LG e dai seguenti riferimenti:

- DPCM 21.10.2003 (G.U. 29.10.2003, n. 252), disposizioni attuative dell’art. 2, commi 2,3,4 dell’ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n 3274 del 20.3.2003 e s.m. e i. (OPCM 3431/05);
- OPCM 3362 del 8 Luglio 2004 (G.U. 16.7.2004, n. 165), “Modalità di attivazione del Fondo per interventi straordinari della Presidenza del Consiglio dei Ministri, istituito ai sensi dell’art. 32-bis del decreto-legge 30 settembre 2003, n. 269, convertito, con modificazioni, dalla legge 24 novembre 2003, n. 326.

Comunque, tutte le operazioni e le valutazioni di merito tecnico connesse alle attività di verifica di resistenza e di redazione dei progetti d’intervento dovranno naturalmente essere prodotte anche nel rispetto delle disposizioni tecniche vigenti, specificatamente delle prescrizioni fissate dalle “Norme tecniche sulle costruzioni” di cui al D.M. del 24 settembre 2005 cui dovranno dimostrarsi conformi.

Nel presente documento vengono trattati alcuni aspetti delle operazioni di progetto e di verifica, con lo scopo di fornire al professionista incaricato indicazioni di riferimento sulle caratteristiche dei dati iniziali, delle verifiche e dei risultati finali che gli elaborati redatti dovranno contenere.

Rappresenta pertanto un insieme di requisiti procedurali e di suggerimenti di merito tecnico. Questi ultimi sono suscettibili caso per caso di completamenti, miglioramenti ed adattamenti da

parte del progettista cui rimane la responsabilità finale delle scelte progettuali da sottoporre all'approvazione del C.T.S. istituito dalla Regione. Esso non fornisce elementi scientifici né innovativi, ma soltanto indicazioni e suggerimenti descrittivi e di calcolo il cui presupposto resta comunque l'ottemperanza alle prescrizioni di normativa.

Nel seguito verranno fornite indicazioni in merito alle due principali attività previste dalla OPCM 3362/04:

- ***Le Verifiche***

Le operazioni di verifica hanno lo scopo di effettuare una valutazione della vulnerabilità sismica della struttura mediante la determinazione di due coefficienti α_u ed α_e , definiti come :

$$\alpha_u = PGA_{CO}/PGA_{2\%} \quad \text{o} \quad \alpha_u = PGA_{CO}/PGA_{10\%};$$

$$\alpha_e = PGA_{CO}/PGA_{50\%}$$

con PGA = Accelerazione di Picco al suolo con probabilità di occorrenza del 2 - 5 - 50 %

e PGA_{CO} = Accelerazione di collasso della struttura.

La modellazione strutturale deve essere preceduta da una approfondita ed accurata conoscenza delle strutture da conseguirsi anche mediante saggi, prelievi di campioni e prove di laboratorio. Poiché i coefficienti α_u ed α_e possono essere valutati solo con una analisi di tipo non lineare, il livello di conoscenza da raggiungere prescritto dalla OPCM 3431/05 deve essere necessariamente almeno di secondo livello (LC2). In assenza di elaborati progettuali lo studio della struttura deve tendere a comprendere i criteri secondo i quali la struttura stessa è stata progettata ed eseguita. A tal proposito potrebbe essere opportuno riferirsi alle regole pratiche di progettazione dell'epoca al fine di estendere i risultati di indagini che si riferiscono ad un limitato campione di elementi strutturali a tutta la struttura con un sufficiente grado di attendibilità. La verifica sismica dovrà includere anche una verifica a carichi verticali come previsto al punto 1 (*oggetto delle norme*) della OPCM 3431/05.

- ***Il Progetto***

Il progetto degli interventi consiste nella definizione di un insieme di opere di consolidamento finalizzate all'adeguamento sismico della struttura in conformità delle prescrizioni normative. Il progetto sarà redatto sulla base delle indagini strutturali, delle analisi dei fattori di vulnerabilità, delle simulazioni numeriche, di valutazioni economiche e di opportunità.

Il progettista, compatibilmente con le somme a disposizione, dovrà perseguire il massimo grado di protezione antisismica. Qualora il progetto di adeguamento predisposto non avesse la copertura finanziaria adeguata il professionista incaricato dovrà predisporre uno stralcio, che si dovrà configurare come progetto di miglioramento “misurato”, cioè accompagnato da una valutazione della resistenza conseguita a seguito dell’intervento di stralcio, attraverso la realizzazione di un sottoinsieme di interventi di consolidamento estratto dal progetto di adeguamento generale sempre completabile in futuro dal proprietario.

I criteri generali di progetto dovranno essere esplicitamente indicati nella relazione e gli interventi si dovranno fondare sui risultati forniti dai modelli numerici, messi a punto per la verifica sia globale, che nei confronti dei meccanismi di danno locale.

Nel caso si adottino sistemi di rinforzo che prevedono l’impiego di materiali differenti (acciaio, cemento armato, etc.) le verifiche dovranno essere effettuate tenendo conto delle specifiche norme o istruzioni di riferimento.

Le fondazioni degli edifici in muratura, tenuto conto che potrebbero non rispettare le prescrizioni definite nel punto 8.1.8 (*fondazioni*) della OPCM n.3431/05, dovranno essere oggetto di una specifica indagine ed analisi anche di natura geologico-tecnica, sulla quale dovrà essere redatta apposita relazione.

I.2. Riferimenti normativi

Con riferimento a quanto disposto dall’art. 52 del Decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001 n. 380, si elencano le principali norme tecniche nazionali riguardanti la realizzazioni delle costruzioni sia pubbliche che private.

Norme Tecniche Generali

- Decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380
Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia.(G.U. n. 245 del 20 ottobre 2001 - Supplemento Ordinario n. 239/L).
- Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 14 settembre 2005
Norme Tecniche per le Costruzioni. (G.U. n.222 del 23 settembre 2005 – Supplemento Ordinario n.159).

Norme Tecniche Applicative

Costruzioni in zone sismiche

- Legge 2 febbraio 1974, n. 64

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

- Circolare del Ministero dei Beni Culturali e Ambientali 18 Luglio 1986, n. 1032

Interventi sul patrimonio monumentale a tipologia specialistica in zone sismiche: raccomandazioni

- Decreto Ministero dei Lavori Pubblici 16 gennaio 1996

Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche.

Istruzioni generali per la redazione dei progetti di restauro nei beni architettonici di valore storico-artistico in zona sismica

- Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici 10 aprile 1997 n.65

Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al Decreto Ministeriale 16 gennaio 1996.

Ordinanze

- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20 marzo 2003 n.3274

Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica, con collegata previsione di un regime transitorio disciplinato dall'art. 2, comma 2; (G.U. n. 105 del 8.05.2003 - Supplemento Ordinario n. 72).

- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 2 ottobre 2003 n. 3316

Modifiche ed integrazioni all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 (G.U. n. 26 del 2.02.04).

- Ordinanza del Consiglio dei Ministri 23 Gennaio 2004 n. 3333

Pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale n. 26 del 2 Febbraio 2004, con l'art. 6, comma 7 ha esteso la validità del predetto regime transitorio anche agli edifici e opere di cui all'art. 2, comma 3 dell'Ordinanza n. 3274/2003;

- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 5 Novembre 2004 n. 3379

Pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale n. 269 del 16 novembre 2004, all'art. 6 ha disposto il prolungamento di sei mesi del regime transitorio di cui all'art. 2, comma 2 dell'ordinanza n. 3274/2003;

- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 3 maggio 2005 n. 3431

Ulteriori modifiche ed integrazioni all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, recante "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica". Allegato 2: Norme tecniche per il progetto, la valutazione e l'adeguamento sismico degli edifici.

Pubblicata sul Supplemento Ordinario n .85 alla Gazzetta Ufficiale n 107 del 10 maggio 2005 con la quale :

1. sono state inserite ulteriori modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n . 3274 del 20 Marzo 2003 (art. 1) ;
 2. è stato prolungato di ulteriori tre mesi (e quindi fino all'8 agosto 2005) il regime transitorio di cui all'art . 2 , dell'ordinanza n. 3274 /03 (art 2);
 3. è prevista l'emanazione entro sei mesi dalla pubblicazione dalla definizione da parte del Dipartimento della protezione civile di concerto con il Ministero per i beni e le attività culturali di linee guida per l'applicazione della normativa tecnica in relazione alle peculiari esigenze della salvaguardia del patrimonio culturale (art. 3).
- Ordinanza del presidente del Consiglio dei Ministri 1 Agosto 2005 n. 3452
Pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale n 181 del 5 Agosto 2005 , che all'art.6 ha disposto il prolungamento di ulteriori due mesi e quindi fino all' 8 ottobre 2005 del regime transitorio di cui all'art. 2 , comma 2 dell' Ordinanza 3274 /2003;
 - Decreto Ministeriale del 14 settembre 2005
Pubblicato sul Supplemento Ordinario n .159 alla Gazzetta Ufficiale n . 222 del 23 settembre 2005 recante “Norme tecniche per le costruzioni” con entrata in vigore dal 23 ottobre 2005 e conseguente periodo transitorio di 18 mesi come , definito dall'art. 14 – undevicies della legge 17 agosto 2005 n. 168 , di conversazione del decreto – legge 30 giugno 2005 n. 115;
 - Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri del 13 ottobre 2005 n. 3467
Pubblicata dalla Gazzetta Ufficiale n. 245 del 20 ottobre 2005 che all'art 1 dispone la proroga fino al 23 Ottobre 2005, del regime transitorio di cui all'art .2 , comma 2 , dell'ordinanza n. 3274/2003, determinando in tal modo l'allineamento dei tempi con l'entrata in vigore del citato decreto ministeriale 14 settembre 2005 le cui norme tecniche includono tra le referenze tecniche essenziali anche l'ordinanza n. 3274/2003 e s.m.i..

Edifici in muratura

- Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici 20 novembre 1987
Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento.
- Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici 4 gennaio 1989 n. 30787

Legge 2 febbraio 1974 n. 64, art. 1.- Istruzioni in merito alle norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento.

Carichi e sovraccarichi - Verifica di sicurezza delle costruzioni

- Decreto Ministero dei Lavori Pubblici 16 gennaio 1996

Norme tecniche relative ai Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi.

- Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici 4 luglio 1996 n.156

Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi di cui al decreto ministeriale 16 gennaio 1996.

Indagini sui terreni e sulle rocce - Opere di sostegno delle terre e fondazioni

- Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici 11 marzo 1988

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

- Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici 24 settembre 1988 n. 30483

Legge 2 febbraio 1974 n. 64, art. 1 - D.M. 11 marzo 1988. Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Istruzioni per l'applicazione.

- Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici 9 gennaio 1996 n.218/24/3

Legge 2 febbraio 1974 n.64, art. 1 - D.M. 11 marzo 1988. Istruzioni applicative per la redazione della relazione geologica e della relazione geotecnica.

Ponti stradali

- Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici 4 maggio 1990

Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, la esecuzione e il collaudo dei ponti stradali.

- Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici 25 febbraio 1991 n.34233

Legge 2 febbraio 1974, n. 64, art.1 - D.M. 4 maggio 1990. Istruzioni relative alla normativa tecnica dei ponti stradali.



- Legge 11 febbraio 1994 n.109 e s.m.i.: Legge quadro in materia di Lavori Pubblici. G.U. n.29 del 19 Febbraio 1994.

- D.P.R. 21 dicembre 1999 n.554: regolamento di attuazione della legge quadro in materia di lavori pubblici n.109 e sm.i.

Capitolo II: *PROCEDURE*

II.1. Generalità

Il Professionista incaricato procede ad effettuare tutte le operazioni che giudica necessarie al conseguimento dell'obiettivo, tra le quali sono strettamente incluse tutte le attività e le elaborazioni prescritte nei Capitoli V, VI, VII e VIII relativi alle modalità di Verifica e Intervento, nei rispettivi ambiti di applicazione.

L' obiettivo della verifica sismica è il controllo della conformità della struttura ai requisiti normativi accreditati dalle vigenti "NORME TECNICHE SULLE COSTRUZIONI" di cui al D.M. del 14/9/2005 (G.U. n. 222 del 23 settembre 2005 – Supplemento Ordinario n. 159), con specifico riferimento alla OPCM 3431 del 3.05.2005 per quanto applicabile, con la valutazione dei coefficienti α_u ed α_e , di cui al punto b) dell'allegato 2 della OPCM 3362 del 8/7/2004.

L' obiettivo dell' intervento è l'adeguamento sismico della costruzione, in relazione alla azione sismica prevista per il sito in cui l' edificio è collocato, secondo le prescrizioni della normativa di riferimento summenzionata. Tale obiettivo può intendersi eventualmente mitigato, ove l' Amministrazione Regionale, con proprio specifico decreto, intenda avvalersi della facoltà di cui al punto 11.1. della OPCM 3431, legittimando con tale atto il declassamento dell'obiettivo da adeguamento a miglioramento controllato, in conformità del punto 11.1 della OPCM 3431. Convenzionalmente, anche il miglioramento controllato sarà nel seguito denotato, per semplicità di espressione, con il termine "adeguamento".

II.2. Fasi e articolazione delle operazioni di verifica

Il Professionista incaricato effettua tutte le operazioni preliminari che ritiene necessarie, incluse quelle strettamente prescritte ai paragrafi V.2 e VII.2 delle presenti Linee Guida e procede alla esecuzione della verifica sismica sviluppando tutte le elaborazioni che riterrà opportune, ottemperando tra l' altro a quanto prescritto ai paragrafi V.2 e VII.2, V.3 e VII.3 delle presenti L.G. e corredando la Relazione Finale di Verifica di tutti gli elaborati prescritti ai paragrafi V.3 e VII.3 inclusi quelli richiesti ai paragrafi V.4 e VII.4. L'Amministrazione verificherà la conformità della documentazione esibita, che se incompleta o difforme, o comunque insoddisfacente rispetto a quanto richiesto dai paragrafi V.2 e VII.2, V.3 e VII.3, V.4 e VII.4 non potrà essere accettato per la valutazione successiva.

Il C.T.S. esamina gli elaborati di verifica, esprimendo un parere di conformità nei confronti della normativa di riferimento e delle presenti Linee Guida e se del caso li approva. Ove il parere non risulti positivo, il C.T.S., eventualmente dopo un colloquio esplicativo con il Professionista, formulerà i suoi rilievi, sulla base dei quali il Professionista dovrà procedere alla revisione degli elaborati, che saranno sottoposti ad un nuovo esame.

Ulteriori Indagini

Qualora il Professionista incaricato dopo aver effettuato tutte le operazioni conoscitive preliminari dovesse giudicare necessario effettuare ulteriori approfondimenti di indagine, presenterà una relazione tecnica preliminare, nella quale dovrà essere motivata e chiaramente espressa la valutazione della necessità di svolgere ulteriori indagini, saggi e prove tecniche. La relazione dovrà altresì comprendere il piano delle indagini di approfondimento con relativo preventivo che potrà essere finanziato con fondi della Regione Campania previo esame da parte del C.T.S. Il tutto secondo quanto specificato ai citati punti V.2 e VII.2 delle presenti Linee Guida.

Il C.T.S. esamina gli elaborati di cui al punto precedente e valuta la ammissibilità, in tutto o in parte, delle indagini di approfondimento programmate dal Professionista. Il Dirigente del Settore Programmazione Interventi di Protezione Civile sul Territorio, tenuto conto del parere del C.T.S., determina l'impegno del contributo e ne autorizza la spesa.

A procedimento concluso il C.T.S. valuta le risultanze finali della verifica e se del caso le approva.

II.3. Fasi e articolazione delle operazioni di progetto degli interventi

II.3.1. Prima fase: Verifica della costruzione nello stato in cui si trova ed eventuale progettazione Preliminare e Definitiva dell'Intervento.

Il progetto dell'intervento va comunque preceduto da una verifica della risposta della costruzione, nello stato in cui si trova, alle azioni sismiche previste dalla normativa di riferimento. Pertanto il Professionista incaricato procede ad effettuare tutte le indagini preliminari che ritiene necessarie ai fini della verifica sismica della costruzione nello stato in cui si trova, incluse quelle strettamente prescritte ai paragrafi V.2 e VII.2 delle presenti Linee Guida.

Ulteriori Indagini

Qualora il Professionista incaricato dopo aver effettuato tutte le operazioni conoscitive preliminari dovesse giudicare necessario effettuare ulteriori approfondimenti di indagine, potrà seguire la procedura per le verifiche di cui al precedente paragrafo.

Il Professionista, completate le operazioni di verifica e visti i risultati procede ad effettuare tutte le operazioni che ritiene necessarie, incluse quelle strettamente prescritte ai paragrafi VI.2, VIII.2 delle presenti Linee Guida, pervenendo alla redazione di un Progetto Preliminare e Definitivo (secondo la denominazione della legge 109/1994), di adeguamento, o di miglioramento controllato se consentito da eventuale apposita Delibera dell'Organo di Governo Regionale (di cui al paragrafo II.1.), comprendente il computo metrico preventivo e corredato di verifica sismica della costruzione ad intervento avvenuto.

In questa fase il progettista, considerata la disponibilità economica attribuita alla costruzione in ottemperanza dei costi parametrici indicati dall'OPCM 3362/03, in caso di insufficienza del finanziamento stanziato, propone la realizzazione di un intervento di miglioramento ("misurato") attraverso la selezione di un sottoinsieme di interventi, compatibile con la disponibilità economica, estratto dal progetto definitivo di adeguamento e da considerare quale primo stralcio del progetto esecutivo da realizzarsi nella fase successiva.

Al termine delle operazioni il Professionista presenterà alla Amministrazione tutta la documentazione di cui ai paragrafi VI.3 e VIII.3, che dovrà comprendere una chiara valutazione della accresciuta resistenza della costruzione, rispetto allo stato in cui si trova, nei riguardi delle azioni sismiche previste dalla normativa.

L'Amministrazione verificherà la conformità della documentazione esibita, che se incompleta o difforme, o comunque insoddisfacente rispetto a quanto richiesto dai paragrafi VI.3 e VIII.3, non potrà essere accettata per l'esame del C.T.S. e sarà restituita al Professionista per i necessari completamenti.

Una volta adeguati, il C.T.S. esamina gli elaborati di verifica e progetto, esprimendo un parere di conformità nei confronti della normativa di riferimento e delle presenti Linee Guida e, eventualmente dopo un colloquio esplicativo con il Professionista, li approva ed autorizza la stesura del progetto esecutivo.

Ove il parere non risulti positivo, il C.T.S. potrà formulare i suoi rilievi, sulla base dei quali il Professionista dovrà procedere alla revisione degli elaborati, che saranno sottoposti ad un nuovo esame.

Al termine dell'istruttoria il Professionista procede alle Operazioni di Progettazione Esecutiva.

II.3.2. Seconda fase: Operazioni finali (O.F.) di progettazione Esecutiva

Il Professionista redige il progetto esecutivo integrale (o del I° stralcio del progetto compatibilmente con la disponibilità economica) sulla base di tutte le risultanze acquisite o eventualmente integrate nel corso della prima fase (verifica, prove e indagini, progetto Preliminare e Definitivo) del progetto.

Il Professionista incaricato esegue la verifica sismica della costruzione nella situazione successiva all'intervento, calcolando i livelli di accelerazione del suolo corrispondenti al raggiungimento di ciascuno stato limite previsto per la tipologia strutturale dell'edificio. Tali livelli dovranno risultare pari a quelli previsti per l'adeguamento (se le disponibilità economiche del finanziamento lo consentono) o congruamente migliorati rispetto a quelli risultanti dalla verifica della costruzione nello stato in cui si trova di cui alla Prima Fase in caso di miglioramento.

L'Amministrazione riceve dal Professionista gli elaborati relativi alle verifiche finali e al progetto esecutivo, verificandone la conformità a quanto richiesto dai paragrafi VI.3, VI.4 e VIII.3, VIII.4,

In caso la documentazione esibita risulti incompleta o difforme, o comunque insoddisfacente rispetto a quanto richiesto dai paragrafi VI.3, VI.4 e VIII.3, VIII.4, non potrà essere accettata e sarà restituita al Professionista per i necessari completamenti.

Una volta aggiornati il C.T.S. riceve la documentazione di verifica e progetto, elaborata sulla base delle indagini eseguite e del progetto definitivo di adeguamento redatto nel corso delle operazioni preliminari. La documentazione esibita dovrà comprendere, oltre a tutto quanto previsto dai paragrafi VI.3, VI.4 e VIII.3, VIII.4, apposita e documentata relazione sulle indagini conoscitive eseguite.

Il C.T.S., previa istruttoria ed eventualmente dopo un colloquio esplicativo con il Professionista, approva, se del caso, il progetto presentato. In caso contrario il C.T.S. formulerà i suoi rilievi, sulla base dei quali il Professionista dovrà procedere alla revisione degli elaborati, che saranno ri-sottoposti ad esame da parte del C.T.S..

A procedimento concluso, il C.T.S. trasmette gli atti all'Organo di Governo Regionale per i successivi adempimenti.

Capitolo III: INDAGINI SUGLI EDIFICI

III.1 - Generalità

Lo scopo delle verifiche è quello di definire con sufficiente attendibilità le proprietà meccaniche dei materiali delle membrane della struttura necessarie alla definizione del modello strutturale.

L'O.P.C.M. 3431 del 03/05/2005 al par. 11.5.2 (*Dati necessari e identificazione del livello di conoscenza*) del Capitolo 11, definisce tre livelli di conoscenza

- **LC1:** CONOSCENZA LIMITATA;
- **LC2:** CONOSCENZA ADEGUATA;
- **LC3:** CONOSCENZA ACCURATA,

in base ai quali consegue la scelta del metodo di analisi ed i valori dei fattori di confidenza (FC) da applicare in sede di verifica e/o di progetto.

Per il raggiungimento del livello appropriato, è necessario effettuare delle indagini in-sito, più o meno approfondite, sui materiali costituenti la struttura al fine di determinarne le loro caratteristiche meccaniche.

Le operazioni di caratterizzazione strutturale non scaturiscono da una semplice interpretazione ed estensione dei risultati delle indagini, ma sono il risultato di una più complessa analisi dell'edificio che comprende anche la individuazione dei principi e delle tecniche con le quali la struttura è stata concepita e realizzata, nonché delle eventuali modifiche che essa ha subito nel tempo.

In particolare nel caso di strutture in c.a., in assenza di documentazione progettuale, occorrerà che il tecnico ricostruisca, attraverso i risultati delle indagini, le tecniche secondo le quali la struttura è stata progettata e realizzata, facendo riferimento alle consuetudini ed ai regolamenti costruttivi dell'epoca. Ad esempio le strutture in c.a. progettate per resistere al solo onere dei carichi verticali venivano, generalmente, realizzate cercando di uniformare le armature delle travi e dei pilastri, pertanto pilastri e travi delle stesse dimensioni potrebbero presentare armature uguali o molto simili.

In pratica la ricostruzione delle caratteristiche dei materiali e del dettaglio strutturale della costruzione dovrà essere sempre fondato sulla formulazione di adeguate metodologie progettuali e costruttive attribuibili al progettista e costruttore originali, su cui sarà basato il "rilievo atteso" dei dettagli strutturali, da verificare attraverso le prove in sito di cui al par. 11.2 (*Valutazione della sicurezza di edifici in cemento armato e in acciaio*) della OPCM 3274.

A tal proposito, occorre peraltro tenere presente che i saggi in sito, oltre che un accertamento puntuale, rappresentano anche un controllo a campione della attendibilità delle ipotesi progettuali e costruttive formulate e che queste ultime, ove siano sistematicamente confermate, acquisiscono un sempre più elevato grado di credibilità, consentendo una più estesa applicazione delle note semplificative poste ad integrazione della tabella 11.2. Al contrario, nessuna semplificazione si renderà possibile laddove i saggi in sito smentiscano in maniera significativa le ipotesi progettuali e costruttive formulate.

Uno degli aspetti di maggior incertezza nelle indagini propedeutiche al raggiungimento dei livelli di conoscenza previsti dalla normativa per gli edifici in c.a. è quello relativo alla determinazione del quantitativo di armatura nelle travi, in particolare per le armature poste al lato superiore in corrispondenza dei pilastri. A tal proposito occorre osservare che, per assenza di ancoraggio, probabilmente non tutta l'armatura presente sul lato superiore delle travi può essere considerata nelle valutazioni delle rotazioni di snervamento ed ultime. A titolo di esempio per effettuare una ragionevole stima delle quantità di armature superiori nelle travi potrebbe essere sufficiente l'accertamento delle armature inferiori, notoriamente più agevole di quello relativo alle armature superiori servendosi delle regole pratiche dell'epoca, in pratica assumendo la stessa area oppure incrementando quella inferiore del 15-20% . Benché superfluo, si fa notare che anche una simile ipotesi, per quanto ragionevole, va comunque convalidata mediante saggi a campione in sito.

Negli edifici in muratura occorre acquisire informazioni sulle tecniche costruttive, della specifica tipologia di edificio, alla data di costruzione dell'impianto murario originale ed identificare e datare i successivi interventi. L'esperienza dei danni di terremoti passati ha dimostrato che questa tipologia di edifici soffre particolarmente per meccanismi di collasso locale, estrema attenzione va quindi dedicata alla loro individuazione ed alla loro eliminazione in fase di intervento. A tal riguardo uno dei fattori più importanti cui prestare attenzione è sicuramente la caratteristica di resistenza della malta e ciò anche in virtù del fatto che nel tempo per la esposizione all'aria per cicli stagionali di variazione termica e per ripetute sollecitazioni da vibrazione del traffico essa potrebbe aver subito delle variazioni fisico-chimiche con conseguente sensibile degrado.

Per ciascun livello di conoscenza l'ordinanza fissa un numero minimo di saggi, da realizzare con prove distruttive e non distruttive che saranno trattate in dettaglio nei successivi paragrafi.

III.2 - EDIFICI IN MURATURA

III.2.1 - Programma delle indagini

La valutazione della resistenza delle murature esistenti può essere effettuata attraverso metodi di indagine di tipo distruttivo (consistente nell'asportazione localizzata di materiale e prove meccaniche in-sito) e non distruttivo. Tra i primi i metodi più diffusi sono il carotaggio e le prove con martinetti piatti singoli o doppi; tra i secondi la prova endoscopica, quella con georadar ed infine la termografica.

Il programma di indagine deve localizzare la zona della muratura da esaminare, il tipo e il numero di prove da effettuare, in funzione del livello di conoscenza da acquisire (LC1, LC2, LC3) e dall'affidabilità della prova stessa.

La prima fase per addivenire ad una corretta programmazione delle indagini deve essere condotta attraverso l'osservazione diretta (visiva) in-sito degli elementi oggetto di indagine. In particolare, deve essere posta l'attenzione sui caratteri di tipo qualitativo specifici degli elementi visualizzati (la tipologia, la morfologia ed i materiali di cui sono composti) ed i caratteri inerenti la presenza di eventuali patologie (quadro fessurativo, stato di degrado fisiologico, ecc.).

Acquisiti i primi elementi di valutazione si passa a definire la sequenza temporale dei diversi tipi di prova. In pratica, per impostare in maniera razionale la campagna di prove distruttive è consigliabile effettuare inizialmente indagini non distruttive, in modo da individuare le caratteristiche interne della muratura ed eventuali patologie (lesioni, vuoti, ecc.).

III.2.2 - Prove non distruttive

Per la caratterizzazione interna e l'individuazione di eventuali patologie (lesioni, vuoti, ecc.) dei pannelli murari possono essere utilizzati metodi non distruttivi; i più diffusi e consolidati nella letteratura scientifica sono:

- la prova endoscopica;
- la prova georadar;
- la prova termografica.

Di seguito vengono descritte le modalità di esecuzione di tali prove.

III.2.2.1 - La prova Endoscopica

Questo tipo di indagine consente di visualizzare le caratteristiche interne alla struttura come ad esempio la stratigrafia, lo stato di conservazione e la presenza di anomalie tipo lesioni, vuoti, etc.

Le indagini endoscopiche vengono eseguite attraverso due differenti metodologie:

- *Videoispezione in foro con telecamera filo-guidata*: Consente di avere un quadro visivo dettagliato della struttura interna che si sta indagando per la lunghezza anche di alcuni metri, tuttavia richiede l'esecuzione preventiva di un foro mediante carotaggio di diametro $\varnothing 35$ mm. Il foro viene ispezionato per tutta la sua lunghezza mediante una telecamera filo-guidata, con registrazione su supporto ottico.
- *Boroscopia*: La boroscopia consente di avere un quadro visivo sufficientemente dettagliato ma per una lunghezza limitata, tuttavia ha il vantaggio di poter essere effettuata attraverso un foro di piccolo diametro, con una più rapida esecuzione. Tali indagini vengono realizzate praticando dei fori di 10 mm di diametro e profondità variabile in funzione del tipo di struttura da indagare e delle informazioni che si vogliono ottenere.

Per entrambe le metodologie, le principali caratteristiche delle strutture emerse nel corso delle ispezioni visive, saranno riportate in una adeguata documentazione fotografica che evidenzierà, con didascalia e particolari, le eventuali situazioni di discontinuità del tessuto murario.

III.2.2.2 - La prova Georadar

Per la localizzazione delle discontinuità e vuoti all'interno delle murature, la tecnica del georadar, non distruttiva, restituisce diagrammi che rappresentano vere e proprie sezioni delle strutture indagate. Le sezioni esprimono le variazioni del "coefficiente di riflessione" corrispondente all'energia che ritorna sull'antenna dopo essere stata riflessa sulle discontinuità e possono dare indicazioni su dove localizzare eventuali successive indagini più approfondite.

III.2.2.3 - La prova Termografica

Il controllo termografico consiste nell'effettuare, con termocamere, riprese nell'infrarosso per ottenere così particolari immagini a colori nelle quali, ad ogni colore, corrisponde una temperatura. Le anomalie termiche lette rappresentano la presenza di anomalie della muratura difficilmente rilevabili altrimenti. Con l'ausilio di una strumentazione adeguata si riesce a diagnosticare tali anomalie in tempi molto brevi senza interagire con l'oggetto della ripresa e quindi in condizioni di massima sicurezza.

III.2.3 - Prove distruttive

Per valutare le caratteristiche meccaniche (resistenza e stato tensionale) dei pannelli murari si possono eseguire prove di tipo distruttivo:

- Prelievo di campioni lapidei (carotaggio);
- Prove in sito con martinetti piatti singoli e doppi.

III.2.3.1 - Prelievo di campioni lapidei (carotaggio)

Per definire la stratigrafia e lo spessore dei corpi murari e le caratteristiche meccaniche dei materiali lapidei che li compongono, si eseguono carotaggi spinti fino ad una profondità massima che è funzione dello spessore della muratura. L'ubicazione dei prelievi viene stabilita mediante studi preliminari, basati sull'analisi teorica e sul rilievo dello stato di fatto.

I provini cilindrici estratti dalle carote, con rapporto tra la base e l'altezza pari ad 1/2, saranno sottoposti a prove di compressione assiale non confinata.

III.2.3.2 - Prove con martinetti piatti singoli e doppi

Si tratta di una tecnica in grado di fornire informazioni attendibili sulle caratteristiche meccaniche della muratura in termini di stato di sforzo, deformabilità e resistenza. La prova si sviluppa in due fasi successive: nella prima si determina lo stato tensionale presente nel pannello murario (prova con martinetto singolo), nella seconda si determina la deformabilità e la resistenza meccanica (prova con martinetto doppio).

III.3 - EDIFICI IN CEMENTO ARMATO

III.3.1 - Programma delle indagini

La valutazione della resistenza del calcestruzzo sulle strutture esistenti può essere effettuata attraverso metodi di indagine di tipo distruttivo (consistente nell'asportazione localizzata di materiale) e non distruttivo. Tra i primi, il metodo più diffuso è il carotaggio, tra i secondi lo sclerometro, la prova agli ultrasuoni ed il metodo combinato Sonreb.

Il programma di indagine deve prevedere l'ubicazione, il numero dei punti da esaminare e il tipo di prove da effettuare, in funzione del livello di conoscenza da acquisire (LC1, LC2, LC3) e dall'affidabilità della prova stessa.

La prima fase per addivenire ad una corretta programmazione delle indagini deve essere condotta attraverso l'osservazione diretta (visiva) in-sito degli elementi oggetto di indagine. In particolare, deve essere posta l'attenzione sui caratteri di tipo qualitativo specifici degli elementi

visualizzati (la tipologia, la morfologia ed i materiali di cui sono composti) ed i caratteri inerenti la presenza di eventuali patologie (presenza di lesioni, stato di degrado fisiologico, etc.).

Acquisiti i primi elementi di valutazione strutturale si passa a definire la sequenza temporale dei diversi tipi di prova che avranno un livello di affidabilità e onerosità crescente. In pratica, per impostare in maniera razionale la campagna di prove distruttive (carotaggi) è consigliabile effettuare inizialmente indagini non distruttive di tipo sclerometrico e ad ultrasuoni, facilmente eseguibili. Queste, infatti, consentono di individuare l'eterogeneità dei materiali (sclerometriche e ad ultrasuoni) e gli stati fessurativi interni (ad ultrasuoni) e quindi permettono di individuare gli elementi strutturali rappresentativi dell'intero organismo sismo resistente su cui si andranno ad eseguire le prove distruttive (carotaggi).

La scelta della metodologia di indagine da adottare si basa sui costi, sui danni prodotti agli elementi strutturali, sui tempi di esecuzione e sul grado di affidabilità.

Si precisa che dalle sole prove non distruttive (sclerometrica e ad ultrasuoni) non è possibile stimare con sufficiente affidabilità la resistenza a compressione del calcestruzzo in-situ, in quanto le curve di correlazione fornite dai costruttori degli strumenti (ottenute in laboratorio) non sono rappresentative dello stato effettivo del calcestruzzo. Solo nel caso di un numero sufficiente di prove distruttive (carotaggi) è possibile eseguire la calibrazione, cioè determinare una correlazione tra i valori misurati dalle prove non distruttive e la resistenza a compressione, e quindi utilizzare tali prove per la valutazione della resistenza di più elementi.

III.3.2 - Metodi distruttivi del conglomerato cementizio (carotaggio)

Il metodo distruttivo più diffuso nella pratica professionale è il carotaggio che consente di stimare la resistenza caratteristica del calcestruzzo analogamente a quella determinata sui campioni standard (provini di laboratorio). I risultati ottenibili da tale metodo sono più affidabili rispetto a quelli ricavati con le prove non distruttive, quindi possono essere utilizzati o direttamente o per calibrare le risultanze dei metodi non distruttivi. Il carotaggio consiste nell'estrazione di provini cilindrici, detti carote, su cui si eseguono in laboratorio prove di schiacciamento.

La resistenza a compressione misurata sulle carote è influenzata da numerosi fattori:

- *rapporto lunghezza/diametro;*
- *direzione di perforazione rispetto ai getti e posizione del prelievo nell'ambito dell'elemento strutturale;*
- *disturbo conseguente al prelievo;*
- *presenza di armature;*

- *età del calcestruzzo prelevato;*
- *modalità di preparazione dei provini dalle carote e stagionatura.*

In generale tali fattori tendono a far sottostimare la resistenza rispetto a quella degli analoghi provini standard. Anche se l'influenza di alcuni di essi può essere ridotta al minimo, conducendo un'accurata estrazione delle carote, si deve comunque far ricorso a coefficienti correttivi, opportunamente calibrati, per il calcolo della resistenza. Dalle prove che vengono eseguite sulle carote è possibile stimare anche il modulo elastico del calcestruzzo misurando con dei trasduttori di spostamento (strain-gauges), le deformazioni che il campione subisce durante la prova di compressione. In alternativa è possibile valutare tale parametro a partire dalla resistenza a compressione utilizzando le espressioni fornite da alcune normative (D.M. 9/1/96, Eurocodice 2).

Particolare attenzione va riservata alla scelta dei punti in cui si esegue il carotaggio che dovranno essere quelli meno sollecitati. Per le travi si devono evitare le zone con presenza di barre (rilevate con prova pacometrica) e scegliere sezioni meno sollecitate a flessione (approssimativamente a $L/5$ dai nodi). Per i pilastri prediligere le sezioni con sollecitazioni flessionali minime (approssimativamente $h/2$). Il diametro delle carote dovrà comunque essere il minimo possibile.

III.3.3 - Metodi non distruttivi del conglomerato cementizio

Per la stima delle proprietà meccaniche del calcestruzzo possono essere utilizzati metodi non distruttivi; i più diffusi e consolidati nella letteratura scientifica sono:

- le prove sclerometriche;
- le prove ad ultrasuoni;
- il metodo Soonreb.

Di seguito vengono descritte la modalità di esecuzione di tali prove, il loro campo di applicazione ed i loro limiti di affidabilità indotti dalla aleatorietà dei parametri che influiscono sulle correlazioni tra i parametri misurati e la resistenza del calcestruzzo.

III.3.3.1 - Le prove sclerometriche

Le prove sclerometriche, anche dette prove di durezza superficiale, permettono di stimare la qualità del conglomerato cementizio utilizzando il legame che sussiste tra la durezza d'urto del materiale e la resistenza a compressione. La prova prevede le seguenti fasi:

- preparazione dell'elemento strutturale rimuovendo l'intonaco e avendo cura di lasciare indisturbato lo strato superficiale del calcestruzzo;

- molatura della superficie;
- rilevazione della disposizione delle barre di armatura (ferri longitudinali e staffe) e segnalazione sull'elemento strutturale da indagare;
- esecuzioni delle battute sclerometriche nella zona compresa tra due staffe.

La prova sclerometrica è caratterizzata da una semplicità di metodologia e di procedura: dall'indice sclerometrico, proporzionale all'altezza di rimbalzo, letto in corrispondenza del punto di prova, si desume la resistenza a compressione del calcestruzzo attraverso delle correlazioni, pertanto il risultato è legato sostanzialmente alle condizioni del punto nel quale la prova viene eseguita.

Si precisa che lo sclerometro può essere utilizzato per valutare l'omogeneità del calcestruzzo in-situ, per stimare le variazioni nel tempo delle sue proprietà ma non può sostituire i metodi distruttivi nella determinazione della resistenza. Solo nel caso di curve sperimentali di taratura, ottenute sul materiale da indagare, è possibile utilizzare tale metodo di prova per la valutazione della resistenza a compressione del calcestruzzo.

III.3.3.2 - Le prove ad ultrasuoni

Le prove ad ultrasuoni possono essere usate per il controllo non distruttivo del calcestruzzo al fine di:

- calcolare il modulo elastico dinamico;
- determinare la profondità delle fessure,
- valutare l'omogeneità e stimare la resistenza del calcestruzzo.

La prova consiste nel misurare il tempo impiegato dalle onde soniche per percorrere un tratto di calcestruzzo compreso tra due trasduttori posti ad una certa distanza. Si consiglia di non utilizzare le curve di correlazione fornite dai costruttori delle strumentazioni perché vengono ricavate per determinati tipi di calcestruzzi e quindi non hanno validità generale ma specifica.

Si può ritenere che il metodo ad ultrasuoni risulta affidabile sia per la valutazione dell'omogeneità del conglomerato che per la rilevazione dello stato fessurativo.

III.3.3.3 - Il metodo Sonreb

Per ridurre gli errori indotti dalle due metodologie di prova su descritte è stato sviluppato il metodo combinato Sonreb consistente nella combinazione delle prove sclerometriche ed ad ultrasuoni. Tale metodo è finalizzato ad accertare le caratteristiche meccaniche del calcestruzzo costituente la struttura da indagare, nonché fornire informazioni sull'eventuale

presenza di difetti strutturali e disomogeneità del getto. L'uso di entrambi i metodi permette di correlare la resistenza meccanica misurata in superficie (prova sclerometrica), con la tessitura strutturale in profondità (prova agli ultrasuoni), coinvolgendo così l'intero elemento strutturale oggetto di indagine e compensando in parte gli errori derivanti dall'uso delle singole metodologie.

III.3.4. Carbonatazione del calcestruzzo

Il fenomeno della carbonatazione è legato al trasporto dell'anidride carbonica presente nell'atmosfera attraverso i pori del cemento. Essa, infatti, a contatto con il calcestruzzo neutralizza, a partire dagli strati più esterni, i suoi componenti alcalini. Il pH della soluzione contenuta nei pori si riduce dai valori usuali (attorno a 13-14) a valori inferiori a 9, cioè ben al di sotto del pH 11.5, valore necessario per assicurare in assenza di cloruri le condizioni di passività dell'armatura. Una volta che il pH scende al di sotto dei valori usuali se è presente acqua e ossigeno, si può produrre una corrosione di tipo generalizzato dell'armatura. La carbonatazione inizia dalla superficie esterna e penetra verso le regioni più interne con velocità decrescente.

La determinazione sperimentale dello strato carbonatato si può effettuare spruzzando sulla superficie del calcestruzzo una soluzione alcoolica di fenoftaleina. Le zone a pH superiore a 9 assumono la colorazione rosa tipica della fenoftaleina in ambiente basico. Nei calcestruzzi di buona qualità lo spessore interessato dalla carbonatazione è limitato a profondità di alcuni mm, mentre per strutture degradate (in ambienti aggressivi), lo spessore può raggiungere profondità significative.

III. 3.5 - Metodi distruttivi e non distruttivi per le barre di acciaio

Le prove sulle barre di acciaio possono essere di tipo non distruttivo, che consentono di determinare la disposizione e il grado di corrosione dell'armatura presente nell'elemento strutturale, e di tipo distruttivo, che consentono di determinare anche le sue caratteristiche meccaniche.

III.3.5.1 - Prove non distruttive

- *Prova pacometrica*: tale metodo consente di localizzare la posizione delle barre di armature presente nell'elemento strutturale oggetto di indagine attraverso l'uso del pacometro, sfruttando le proprietà magnetiche dell'acciaio.
- *Controllo corrosione armatura*: La corrosione generalizzata dell'acciaio nel calcestruzzo deriva dall'incapacità di quest'ultimo a mantenere la passività sulla maggior parte della

superficie delle armature, conseguenza della carbonatazione del copriferro, che porta all'abbassamento del pH fino a valori inferiori a quelli ammissibili. Il grado di corrosione delle armature degli elementi strutturali in calcestruzzo è misurato mediante la mappatura di potenziale.-

III.3.5.2 - Prove distruttive

Individuata la posizione delle barre queste saranno messe a nudo dal copriferro per una lunghezza (funzione del diametro) sufficiente all'esecuzione della prova di laboratorio (trazione, piegamento, ecc.) per la determinazione delle caratteristiche meccaniche (snervamento, rottura, allungamento percentuale) ed eventualmente chimiche. Si precisa che la scelta della zona dove estrarre il campione di armatura deve essere quella meno sollecitata per l'acciaio. Come è noto, particolare cautela va posta nella asportazione del copriferro, specialmente nelle zone compresse delle membrane verticali

Capitolo IV: ANALISI DEI FATTORI DI VULNERABILITÀ SISMICA

IV.1. Premessa

Le analisi di vulnerabilità sismica degli edifici nascono dall'esigenza di fornire stime del danno atteso per grandi popolazioni di edifici di cui si conoscono le caratteristiche tipologico-strutturali di massima e per le quali occorre individuare una strategia di mitigazione del rischio attraverso la definizione delle priorità e delle modalità di intervento ottimali.

Le analisi di vulnerabilità pertanto pur rifacendosi ai principi fondamentali dell'ingegneria strutturale nell'interpretazione del rapporto esistente tra le caratteristiche tipologiche del singolo edificio e il comportamento delle strutture sotto l'azione sismica non vanno assolutamente confuse né identificate con le verifiche di resistenza e/o di adeguatezza alla normativa vigente sulle costruzioni. Infatti alle analisi di vulnerabilità, seppur derivate da una rapida indagine sul singolo edificio, si attribuisce un valore statistico sul comportamento della struttura sotto sisma esclusivamente in quanto appartenente ad una predefinita classe tipologica di vulnerabilità il cui comportamento medio atteso sotto sisma si suppone con buona probabilità noto. Le verifiche di resistenza e/o di adeguatezza della struttura alla normativa vigente, invece, vanno eseguite attraverso modellazioni numeriche dettagliate, secondo le tecniche di analisi strutturale previste dalle leggi vigenti, calibrate a seguito di indagini distruttive e non distruttive, prove sui materiali e saggi in sito, secondo metodologie rigorose di rilevamento.

Pertanto alla analisi dei fattori di vulnerabilità qui di seguito proposta si attribuisce il ruolo di fornire da un lato una prima valutazione a vista della condizione generale della struttura e dall'altro un metodo di indagine e riconoscimento dei fattori tipologici di vulnerabilità di una fabbrica che, dall'esperienza maturata in occasione di eventi del passato, si ritiene siano responsabili della probabile attivazione di meccanismi di danno al verificarsi di un evento tellurico. Ciò potrà indirizzare le eventuali successive scelte di interventi atti ad adeguare la risposta della struttura sotto l'azione sismica.

IV.2. Introduzione

Nel presente capitolo viene illustrata una metodologia di indagine speditiva della vulnerabilità sismica degli edifici da impiegare come strumento di supporto nell'interpretazione del comportamento della struttura, che sulla base delle proprie specifiche caratteristiche di vulnerabilità si indirizza verso particolari quadri di danneggiamento sotto l'azione sismica.

Tale metodologia, nota con l'acronimo di MEDEA (Manuale di Esercitazioni sul Danno Ed Agibilità), nasce con l'obiettivo di agevolare l'attribuzione del giudizio di agibilità post evento delle strutture colpite da un evento sismico. Nelle sue prime applicazioni è stata pertanto proposta come protocollo di raccolta dati sul danno sismico, interpretato in termini di meccanismi di collasso e tipologie di danni associati, con lo scopo di integrare strumenti tradizionali di schedatura, che usualmente proponevano una lettura del danno esclusivamente in termini di estensione e grado di severità, definito rispetto ad una scala macrosismica di riferimento.

In una seconda fase, il metodo è stato anche proposto come strumento da utilizzare anche “in tempo di pace”, per l'analisi delle caratteristiche tipologico-costruttive, da interpretare in termini di carenze strutturali che possono influenzare il comportamento della struttura sotto sisma, favorendo meccanismi di collasso preferenziali. Ciò è stato derivato sulla base dell'esperienza consolidata sul campo in occasione di precedenti eventi sismici, oltre che mediante l'analisi di modelli teorici, che hanno consentito di valutare l'influenza dei fattori di vulnerabilità tipologico-strutturale rispetto all'attivazione dei meccanismi di collasso più frequentemente osservati.

Questa impostazione metodologica ha condotto alla redazione di una scheda di raccolta dati (Allegati A1, A5), che è strutturata in modo da poter analizzare le relazioni esistenti tra i meccanismi di collasso, le tipologie di danno sismico e le condizioni di vulnerabilità della struttura.

Naturalmente, nell'ambito delle applicazioni di cui alle presenti Linee Guida, il metodo viene proposto principalmente come strumento di analisi delle caratteristiche tipologiche del manufatto e dei possibili meccanismi associati; fermo restando la possibilità di spingere l'analisi anche all'interpretazione del danno, qualora ci si confronti con edifici che, o per cause pregresse o per cattiva manutenzione, presentino evidenti quadri di danneggiamento.

La suddetta scheda viene pertanto fornita a completamento ed integrazione della “scheda edifici” proposta dal Dipartimento di Protezione Civile - Ufficio Servizio Sismico Nazionale (DPC-SSN) che ha essenzialmente lo scopo di standardizzare le procedure di raccolta dati per le attività di censimento dei beni su cui si opera, e naturalmente per eventuali valutazioni di vulnerabilità. La “scheda edifici” DPC-SSN è impostata in modo che in una prima parte siano sintetizzati i risultati di un'analisi a vista della struttura, mentre nella seconda parte vengono sintetizzati i risultati della verifica di resistenza vera e propria, effettuata nel rispetto di quanto disposto dall'OPCM 3431/05.. In merito alla parte relativa all'analisi a vista, la scheda raccoglie un ricco bagaglio di informazioni, che vanno dai dati dimensionali, alle caratteristiche

geomorfologiche del sito, fino alle caratteristiche dei materiali, del sistema resistente e di tutti gli altri elementi costruttivi del manufatto.

Pertanto, in questo contesto preliminare, il progettista attraverso una valutazione critica dei dati raccolti nelle due schede fornite in allegato alle presenti LG, potrà indirizzarsi verso l'interpretazione dei meccanismi potenziali di collasso preferenziali per la fabbrica analizzata.

In altre parole i risultati dell'analisi effettuata potranno fornire una prima interpretazione sul modello strutturale globale e/o locale da assumere e sul potenziale comportamento della fabbrica durante l'azione sismica nonché le prime indicazioni sulle condizioni di vulnerabilità riconosciute sull'edificio; ciò potrà, come accennato in premessa, indirizzare i progettisti verso possibili interventi atti all'eliminazione dei fattori di vulnerabilità tipologica.

Si osservi che lungi dall'essere un percorso obbligato per la scelta degli interventi utili all'adeguamento antisismico della struttura, che rimane prerogativa del progettista, tuttavia tale approccio agevolerà, nel caso in cui il finanziamento risultasse insufficiente per un completo adeguamento dell'opera, la scelta di quegli interventi del progetto di adeguamento da selezionare e che potranno essere realizzati sulla base delle risorse disponibili, al fine di raggiungere un miglioramento "misurato" nel quadro del programma di attuazione di misure di mitigazione della vulnerabilità, interpretate in un'ottica di riduzione del rischio sismico a fini di protezione civile.

IV.3. Le carenze strutturali

I fattori di vulnerabilità individuati sono stati selezionati tra quelli che hanno dimostrato di avere la maggior influenza nell'analisi dei quadri fessurativi di danno osservati in occasione di vari eventi sismici del passato (Irpinia '80, Abruzzo '84, Sicilia '90, Umbria Marche '97, Molise '02).

I fattori di vulnerabilità contenuti nelle tabelle che seguono sono in parte o del tutto già riportati nelle schede di vulnerabilità di I e II livello elaborate in ambito GNDT. Una ampia disamina delle carenze strutturali qui elencate, criticamente analizzate in termini di conseguenze sul comportamento strutturale che le stesse possono determinare, sono tratte dal manuale MEDEA (versione Muratura e versione Cemento Armato).

Muratura

Mancanza di ammorsamenti tra pareti ortogonali e/o di catene o cordoli ai vari livelli
Presenza di cordoli in breccia su murature a doppio paramento
Orizzontamenti di qualsiasi tipo, mal collegati alle pareti
Muratura di scadente qualità, area resistente ridotta in una o in entrambe le direzioni

Alta percentuale di forature
Fondazione inadeguata a sostenere l'incremento di carico verticale dovuto al sisma
Differenza di consistenza nei terreni di fondazione, presenza di fenomeni franosi o liquef.
Presenza di corpi aggiunti di differente rigidità e/o con collegamenti localizzati
Variazioni del sistema resistente ai livelli superiori
Presenza di una sopraelevazione e/o di una struttura di copertura rigida e mal collegata
Presenza di piani sfalsati
Eccessiva distanza tra muri di controvento
Copertura spingente e/o mancanza di connessione della parete alla copertura
Presenza di architravi con ridotta rigidità fless. o con inadeguata lunghezza di appoggio
Presenza di archi ribassati e/o piattabande con imposte inadeguate
Riduzioni localizzate della sezione muraria (presenza di canne fumarie, cavedi, nicchie, etc.)
Discontinuità localizzate (chiusura vecchie aperture, sarciture mal realizzate, etc.)
Presenza di trave di colmo di notevoli dimensioni
Presenza di aperture poste in prossimità della linea di colmo della copertura

Tabella 1 – Fattori di vulnerabilità per gli edifici in muratura

Cemento Armato

Irregolarità nella maglia strutturale	Telai e/o pareti in un'unica direzione
	Presenza di pilastri snelli
	Presenza di pilastri tozzi (i.e. per impalcati sfalsati, tamponature che non riempiono completamente la maglia strutturale come per le finestre a nastro, per travi a ginocchio)
	Tamponature esterne alla maglia strutturale
	Tamponatura rigida e mal collegata superiormente alla maglia strutturale
	Singoli pilastri arretrati
	Presenza di travi esterne al filo dei pilastri
	Assenza di pilastro all'incrocio di due travi
	Presenza di pilastri in falso
	Travi di larghezza inferiore a quella del pilastro che le sostiene
	Trave corta e/o alta, ovvero in campate di piccola luce
	Bow windows superiori a 1,5 m
	Interasse medio tra i pilastri > 6 m
	Dimensione media pilastri 1° livello < 25 cm
	Presenza di solette pesanti a fronte di piastri esili
	Presenza di forti sbalzi o sbalzi fortemente caricati
	Nodi poco confinati per la mancanza di travi convergenti su tutte le facce
	Staffatura non presente o insuff. in pilastri, travi e nodi (se verificabile)
	Mancanza di ancoraggi adeguati per travi di forte luce, anche in c.a.p. appoggiate
	Tetti a falde non solidali alla struttura intelaiata ed appoggiati su muretti
	Tetti a falde solidali alla struttura intelaiata ma privi di travi e/o impalcati a quota d'imposta.
Irregolarità in Pianta	Forte asimmetria della pianta (L,T,C)
	Forti elementi irrigidenti eccentrici (i.e. nucleo scale ascensori)
	Forti concentrazioni di masse eccentriche (i.e. serbatoi, macchinari particolari, etc.)
	Presenza significativa di telai mal distribuiti o di angoli rientranti
	Distribuzione delle tamponature fortemente irregolare
	Sensibile variazione di superficie in pianta ai vari livelli, evidenti sporgenze o rientranze (i.e. edifici gradinati)

Irregolarità in elevazione	Quote di interpiano sensibilmente diverse tra loro
	Piano caratterizzato da peso proprio o sovraccarico molto più elevato rispetto al piano inferiore o superiore
	Brusco incremento di rigidezza ad un piano (i.e. presenza locale di elementi strutturali non presenti agli altri piani)
	Brusco decremento di rigidezza ad un piano “piano debole” (i.e. assenza di tamponature ad un livello, presenza sistematica di pilastri tozzi o snelli ad un unico livello, etc.)
	Presenza di sopraelevazioni significative
Altre carenze	Giunti inadeguati
	Edifici adiacenti con altezze e periodi propri diversi
	Fondazioni su plinti isolati su terreni sciolti o soggetti a possibile fenomeno di liquefazione (se verificabile).

Tabella2 – Fattori di vulnerabilità per gli edifici in cemento armato

IV.4. Analisi del danno attraverso i meccanismi di collasso

La metodologia MEDEA, come già anticipato nell'introduzione, propone un'analisi del danno sismico in termini di meccanismi di collasso. Pertanto essa fornisce un catalogo dettagliato dei principali danni ad elementi strutturali e non strutturali per gli edifici ordinari accompagnata da una loro interpretazione in chiave di possibili meccanismi di collasso, (vedi allegati A.2.÷A.4. e A.6.÷A.10. alle presenti LG).

In altre parole, viene fornita un'ipotesi di associazione tra le evidenze di danno osservate sugli elementi strutturali analizzati, in modo da riconoscere tali danni come congruenti rispetto ad un possibile comportamento globale della struttura. Questo approccio pur non avendo la pretesa di essere esaustivo e rigorosamente certo, fornisce al fruitore una chiave di lettura del singolo danno rispetto alla risposta dell'intero sistema strutturale; ciò attraverso l'analisi in chiave diagnostica dell'intero quadro fessurativo, caratterizzato da evidenze di danno di diverso tipo, ma tutte compatibili rispetto un unico meccanismo.

L'Abaco dei meccanismi di collasso rappresenta una classificazione dei principali meccanismi di collasso riconoscibili per una costruzione ordinaria. Sulla base di questa classificazione generale sono stati riconosciuti 16 differenti meccanismi di collasso per la muratura e 16 meccanismi di collasso per il cemento armato.

In particolare i meccanismi vengono suddivisi in:

- *meccanismi globali*, intendendosi con questa accezione i meccanismi che interessano la struttura nel suo complesso e, quindi relativi all'evolversi di quadri fessurativi in un numero di elementi sufficiente a determinare la totale compromissione dell'equilibrio statico e dinamico del sistema strutturale;

- *meccanismi locali*, intendendosi con questa accezione i meccanismi che interessano parti marginali della struttura ed il cui evolversi, pur pregiudicando il singolo elemento, in genere non compromette l'intero equilibrio strutturale.

Nel seguito viene proposta una breve sintesi di tali meccanismi sia per la muratura che per il cemento armato.

IV.5.1. Muratura

Gli abachi dei meccanismi sono riportati negli allegati A.4. alle presenti LG, da cui è possibile desumere che:

- *i meccanismi globali* sono stati distinti in:
 - *meccanismi nel piano*: si manifestano quando le pareti della scatola muraria, sollecitate da azioni complanari in entrambi i versi, rispondono attraverso l'insorgere della classiche lesioni ad x, le quali evidenziano la formazione di bielle compresse diagonali. Tali meccanismi sono da ricondurre alla scarsa capacità di reagire a trazione del materiale murario;
 - *meccanismi fuori del piano*: si manifestano attraverso un cinematismo fuori del piano di una o più pareti della scatola muraria che, soggetta ad azioni sismiche, perde la propria configurazione originaria. L'insorgere di un simile meccanismo spesso denota il mancato ammorsamento fra i muri di facciata e quelli ortogonali, eventualmente favorito dall'azione spingente di solai e coperture;
 - *altri meccanismi*: rientrano in questa categoria quei meccanismi che non sono direttamente riconducibili a meccanismi nel piano o fuori del piano, ma che comunque possono interessare la struttura nel suo complesso, dando vita a collassi globali (es. sfilamento delle travi del solaio, martellamento tra strutture adiacenti, ect.);
- *i meccanismi locali* sono stati distinti in:
 - *meccanismi per dislocazioni locali*: sono quelli, per esempio, che si manifestano per cedimento di archi, piattabande o in porzioni di struttura caratterizzate da irregolarità strutturali di varia natura, cui spesso sono connesse significative variazioni di rigidezza (esempio: consolidamenti inopportuni, inserimento di strutture in cemento armato di rigidezza incongruente con quella delle murature, etc.). Il fenomeno comporta generalmente la disgregazione e l'espulsione del materiale nelle zone interessate;
 - *meccanismi per elementi spingenti*: sono determinati dall'azione di singoli elementi che producono spinte orizzontali sulle strutture su cui insistono: sono esempi i puntoni di

un tetto e le strutture voltate la cui azione spingente non sia contrastata da adeguati collegamenti.

IV.4.2 Cemento armato

Gli abachi dei meccanismi sono riportati negli allegati A.10. alle presenti LG, da cui è possibile desumere che:

- i *meccanismi globali* sono stati distinti in:
 - *meccanismi per travi forti – pilastri deboli*: si manifestano in edifici caratterizzati da travi di elevata resistenza su pilastri di resistenza sensibilmente inferiore, da intendersi nel loro rapporto relativo rispetto alla richiesta derivante dall'applicazione dell'azione sismica;
 - *meccanismi per travi deboli – pilastri forti*: si verificano generalmente in edifici caratterizzati da travi di scarsa resistenza su pilastri di resistenza sensibilmente maggiore, da intendersi nel loro rapporto relativo rispetto alla richiesta derivante dall'applicazione dell'azione sismica;
 - *meccanismi per nodi deboli*: si verificano quando il telaio strutturale è caratterizzato da nodi poco resistenti, rispetto alle sollecitazioni trasmesse dalle travi e dai pilastri;
 - *meccanismi per piano debole*: si verificano in edifici caratterizzati dalla presenza di un piano meno resistente rispetto agli altri o, più precisamente, da un rapporto tra domanda (sollecitazioni) e resistenza nettamente diverso ad un piano rispetto agli altri;
 - *meccanismi per cedimento fondale*: si verificano quando spostamenti del terreno indotti dallo scuotimento sismico conducono a cedimenti fondali verticali, che possono interessare il piano fondale parzialmente o per intero. L'entità del cedimento può essere limitata a pochi centimetri o può essere più considerevole, anche qualche metro, nel caso si inneschino fenomeni di liquefazione;
- i *meccanismi locali* sono stati distinti in:
 - *meccanismi alle parti strutturali*: possono insorgere, per esempio, per martellamento tra strutture adiacenti, per l'azione di puntone in testa ai pilastri da parte delle tamponature, per caduta del solaio per eccessivo spostamento in corrispondenza di una seggiola di giunto;
 - *meccanismi alle tamponature/tramezzi*: possono insorgere sia per rottura nel piano che fuori del piano, secondo modalità di comportamento che di fatto ricalcano quelle delle strutture in muratura;

- *meccanismi per collasso delle coperture*: possono insorgere, per esempio, per rottura della muratura portante per l'effetto spingente di coperture a falda.

Inoltre per il cemento armato sono stati considerati in aggiunta anche i meccanismi che interessano le strutture con prevalenza di pareti.

In particolare

- i *meccanismi su pareti* sono stati distinti in:
 - meccanismi su pareti singole;
 - meccanismi su pareti accoppiate;
 - meccanismi su pareti/telai.

IV.5. Meccanismi di collasso e fattori di vulnerabilità

L'insorgenza dei meccanismi di collasso descritti al paragrafo precedente è evidentemente strettamente connessa alle condizioni intrinseche di vulnerabilità della fabbrica.

Nelle tabelle che seguono viene proposta sia per la muratura che per il cemento armato, una sintesi del rapporto esistente tra le caratteristiche costruttive, meccaniche e di resistenza dell'edificio da una parte e la potenzialità che un determinato meccanismo ha di svilupparsi per effetto delle azioni sismiche, dall'altro.

IV.5.1. Muratura

1	Meccanismo da Taglio della parete per azioni nel piano
	<ul style="list-style-type: none">▪ Muratura di scadente qualità (i.e. per tessitura, per materiale lapideo, per tipo di malta)▪ Area resistente ridotta in una o in entrambe le direzioni (i.e. per l'alta percentuale di forature o per il ridotto spessore delle pareti)
2	Meccanismo da Taglio della parete per azioni nel piano localizzato solo nella zona alta
	<ul style="list-style-type: none">▪ Variazioni del sistema resistente ai livelli superiori (i.e. variazione dello spessore del pannello murario e/o presenza di muratura di qualità più scadente)▪ Presenza di coperture pesanti
3	Meccanismo da Ribaltamento della Intera Parete
	<ul style="list-style-type: none">▪ Mancanza di ammorsamenti tra pareti ortogonali e/o di catene o cordoli ai vari livelli▪ Eccessiva distanza tra muri di controvento▪ Copertura spingente e mancanza di connessione della parete alla copertura
4	Meccanismo da Ribaltamento Parziale della Parete
	<ul style="list-style-type: none">▪ Eccessiva distanza tra muri di controvento▪ Copertura spingente e mancanza di connessione della parete alla copertura▪ Eccessiva presenza di aperture
5	Meccanismo da Instabilità (verticale) della parete
	<ul style="list-style-type: none">▪ Presenza di cordoli in breccia su murature a doppio paramento▪ Scarsa qualità della muratura, murature a sacco

<ul style="list-style-type: none">Presenza di orizzontamenti intermedi mal vincolati alla parete	
6	Meccanismo da Rottura a flessione della parete
<ul style="list-style-type: none">Parete efficacemente ammassata alle pareti ortogonali, ma priva di collegamento e cordolo in sommitàPresenza di coperture con elementi trasversali spingenti	
7	Meccanismo da Scorrimento di piano orizzontale
<ul style="list-style-type: none">Mancanza di un efficace collegamento dell'orizzontamento alle pareti ad un livelloPresenza di una sopraelevazione e/o di una struttura di copertura rigida e mal collegata	
8	Meccanismo da Cedimento fondale
<ul style="list-style-type: none">Fondazione inadeguata a sostenere l'incremento di carico verticale dovuto al sismaDifferenza di consistenza nei terreni di fondazione, presenza di fenomeni franosi o effetti di liquefazione (terreni non stabili)	
9	Meccanismo da irregolarità tra strutture adiacenti
<ul style="list-style-type: none">Presenza di corpi aggiunti (come parte dell'edificio o esterni ad esso) di differente rigidezza e/o di strutture diverse con collegamenti localizzatiPresenza di piani sfalsati	
10	Meccanismo per sfilamento delle travi del solaio dalla parete di supporto
<ul style="list-style-type: none">Pareti mal ammassate, assenza di cordoli e/o cateneOrizzontamenti di qualsiasi tipo, mal collegati alle pareti	
11	Meccanismo per cedimento di architravi e/o piattabande
<ul style="list-style-type: none">Presenza di architravi con ridotta rigidezza flessionale o con inadeguata lunghezza di appoggio alla muraturaPresenza di archi ribassati e/o piattabande con imposte inadeguate, per dimensione ridotta e/o per scarsa stabilità	
12	Meccanismo da irregolarità del materiale, debolezze locali, etc
<ul style="list-style-type: none">Riduzioni locali della sezione muraria (presenza di canne fumarie, cavedi, nicchie, etc.)Discontinuità localizzate (chiusura vecchie aperture, sarciture mal realizzate, etc.)	
13	Meccanismo da ribaltamento della parete del timpano
<ul style="list-style-type: none">Scarsa connessione del timpano alle pareti ed alla coperturaPresenza di trave di colmo di notevoli dimensioni	
14	Meccanismo da ribaltamento della parte alta del cantonale
<ul style="list-style-type: none">Presenza di tetti a padiglione a travi spingentiMancanza di connessione della parete alla copertura	
15	Meccanismo da ribaltamento della fascia sottotetto
<ul style="list-style-type: none">Presenza di coperture a travi spingenti o di pesanti coperture in c.a., mal collegate alle paretiPresenza di aperture poste in prossimità della linea di colmo della copertura	

Tabella 3 – Relazione tra i fattori di vulnerabilità ed i meccanismi di collasso per gli edifici in Muratura

IV.5.2.Cemento Armato

MG1	Meccanismo per Travi forti – Pilastrini deboli
<ul style="list-style-type: none">Presenza di pilastrini snelliTamponature esterne alla maglia strutturaleDimensione media pilastrini 1° livello < 25 cmPresenza di solette pesanti a fronte di pilastrini esiliPresenza di pilastrini tozzi	

MG2	Meccanismo per travi deboli – pilastri forti ¹
<ul style="list-style-type: none">▪ Travi di larghezza inferiore a quella del pilastro che le sostiene▪ Interasse medio tra i pilastri > 6 m▪ Trave corta e/o alta, ovvero quelle in campate di piccola luce▪ Tamponature esterne alla maglia strutturale	
MG3	Meccanismo per nodi deboli
<ul style="list-style-type: none">▪ Assenza di pilastro all'incrocio di due travi▪ Presenza di pilastri in falso▪ Nodi poco confinati per la mancanza di travi convergenti su tutte le facce▪ Scarsa staffatura (se verificata)	
MG4	Meccanismo per piano debole
<ul style="list-style-type: none">▪ Assenza di tamponature ad un livello▪ Presenza di pilastri tozzi ad un unico livello▪ Presenza di pilastri snelli ad un unico livello▪ Presenza di solette pesanti a fronte di piastre esili ad un unico livello▪ Piano caratterizzato da peso proprio o sovraccarico molto più elevato rispetto al piano inferiore o superiore▪ Brusca variazione di rigidezza ad un piano per presenza locale di elementi irrigidenti non presenti agli altri piani	
MG5	Meccanismo per cedimento fondale
<ul style="list-style-type: none">▪ Fondazioni su plinti isolati su terreni sciolti o soggetti a possibile fenomeno di liquefazione.	

Per tutti i meccanismi precedenti valgono i fattori potenzialmente amplificativi per compresenza di:

- *Irregolarità in pianta;*
- *Irregolarità in elevazione;*

	Effetti Torsionali (in pianta)
<ul style="list-style-type: none">▪ Forti concentrazioni di masse eccentriche (i.e. serbatoi, macchinari particolari, etc.)▪ Forti elementi irrigidenti eccentrici (i.e. nucleo scale ascensori)▪ Forte asimmetria della pianta (L,T,C)▪ Asimmetria della struttura (i.e. forti variazioni delle campate e/o delle rigidezze dei pilastri)	
	Effetti Torsionali (in elevazione).
<ul style="list-style-type: none">▪ Brusca variazione di rigidezza ad un piano per presenza locale di elementi irrigidenti non presenti agli altri piani	

ML1A	Meccanismo per martellamento tra strutture adiacenti
<ul style="list-style-type: none">▪ Giunti inadeguati▪ Edifici adiacenti con altezze e periodi propri di oscillazione sensibilmente diversi▪ Impalcati sfalsati (di strutture contigue), presenza di pilastri tozzi	

¹ Va chiarito che questo è in realtà il meccanismo auspicabile (purché ovviamente interessi le travi di tutti i piani e non sia una condizione solo locale), pertanto eventuali condizioni progettuali che possono favorirlo non sarebbero da intendersi come carenze strutturali. Tuttavia in questo caso gli elementi che citiamo come peculiari di questo meccanismo, che potrebbero definire “*carenze costruttive progettuali*”, possono determinare localmente meccanismi di questo tipo, ma non coinvolgono a pieno titolo invece il concetto di gerarchia delle resistenze e quindi la capacità di guidare la tipologia di collasso seguendo un percorso prescelto, così come le recenti normative indirizzano.

ML1B	Meccanismo per l'azione di puntone in testa ai pilastri da parte delle tamponature
<ul style="list-style-type: none">Presenza di pilastri tozzi determinata da tamponature che non riempiono la maglia strutturaleTamponatura rigida e mal collegata superiormente alla maglia strutturale	
ML1C	Meccanismo per caduta del solaio per eccessivo spostamento in corrispondenza di una seggiola di giunto
<ul style="list-style-type: none">Mancanza di ancoraggi adeguati per travi appoggiate di forte luce, anche in c.a.p.	
ML2A	Meccanismo alle tamponature/tramezzi nel piano
<ul style="list-style-type: none">Tamponatura rigida e mal collegata superiormente alla maglia strutturale	
ML2B	Meccanismo alle tamponature/tramezzi fuori del piano
<ul style="list-style-type: none">Tamponatura rigida e mal collegata superiormente alla maglia strutturaleTamponature esterne alla maglia strutturale	
ML3A	Meccanismo per collasso delle coperture per rottura della muratura portante
<ul style="list-style-type: none">Tetti a falde non solidali alla struttura intelaiata ed appoggiati su murettiPresenza di sopraelevazioni significative (i.e. copertura piana successivamente realizzata su muratura portante di scarsa qualità e non solidale alla struttura in c.a. sottostante)	
ML3B	Meccanismo per collasso delle coperture per effetto spingente delle falde
<ul style="list-style-type: none">Tetti a falde solidali alla struttura intelaiata ma privi di travi e/o impalcati a quota d'imposta.	

Tabella 4 – Relazione tra i fattori di vulnerabilità ed i meccanismi di collasso per gli edifici in Cemento Armato

IV.6. La scheda MEDEA

La “Scheda MEDEA”, come già precisato, nell’ambito delle attività di cui alle presenti LG si ritiene vada compilata nella parte relativa alla individuazione dei fattori di vulnerabilità in relazione ai meccanismi di collasso (pagg. 1 e 2) mentre l’ultima parte di analisi dei danni (pag. 3) va compilata solo qualora l’edificio presenti quadri fessurativi importanti ascrivibili a eventi pregressi o deterioramento dovuto a cattiva manutenzione o altro.

Le schede Medea (Muratura e Cemento Armato) e relative istruzioni sono riportate in Appendice agli allegati A.1 e A.5. alle presenti L.G.

IV.7. Analisi delle condizioni di vulnerabilità e misure di mitigazione ricorrenti

La filosofia dell’iniziativa legata alle varie OPCM emanate a seguito della grande emozione suscitata nell’opinione pubblica dopo le vittime dell’evento di San Giuliano del 2002 è quella di mitigare al meglio, per quanto le risorse disponibili lo consentano, gli effetti di eventuali futuri eventi sismici con particolare riguardo alle costruzioni che svolgono una funzione pubblica e/o strategica ai fini di protezione civile.

In quest’ottica essendo il finanziamento previsto dalla OPCM n. 3362/04 per ciascun intervento calcolato su base parametrica, non si è certi che esso sia sufficiente al completo adeguamento dell’opera. Inoltre la cronica inadeguatezza delle risorse a disposizione che, per quanto ingenti, risultano pur sempre insufficienti rispetto alle dimensioni del problema complessivo nel paese, richiede di *prestabilire procedure operative* non solo per

l'ottimizzazione delle risorse tra gli edifici in base alle loro caratteristiche di vulnerabilità definendo una scala di priorità di intervento, ma anche per l'ottimizzazione interna al singolo intervento quando le risorse a disposizione non dovessero consentire un completo adeguamento antisismico della fabbrica.

A questo scopo si è già descritta nel paragrafo II delle presenti LG la procedura da seguire nel caso ciò si dovesse verificare: in pratica si suggerisce di estrarre un sottoinsieme di interventi già previsti nel complessivo progetto di adeguamento, la cui redazione viene comunque chiesta al professionista, e si realizza un intervento di miglioramento su cui si andrà a “misurare” l'incremento di sicurezza rispetto alla costruzione nello stato in cui si trovava prima dell'intervento.

Chiaramente questo richiede che il professionista scelga le tipologie di intervento in modo da ottimizzare la spesa e il ritorno degli interventi in termini di quantità di sicurezza acquisita, sia per l'auspicato raggiungimento di un completo adeguamento e sia per un eventuale miglioramento “misurato”.

In quest'ottica il metodo di analisi proposto dalla metodologia descritta nel presente paragrafo suggerisce un percorso utile all'individuazione dei fattori di vulnerabilità presenti nella fabbrica responsabili di potenziali meccanismi di collasso e indirizza verso la prioritizzazione degli interventi miranti, in mancanza di un completo adeguamento, almeno alla eliminazione dei maggiori fattori di vulnerabilità presenti sulla struttura.

Si riportano di seguito alcuni suggerimenti nelle due tabelle sintetiche che seguono, certamente non esaustive, ma riportate a titolo esemplificativo e che mettono in corrispondenza fattori di vulnerabilità tra più diffusi con alcuni tra gli interventi più praticati nell'esercizio professionale.

IV.7.1. Edifici in muratura

Condizioni di Vulnerabilità	Tipologia di Possibili Interventi
<ul style="list-style-type: none">▪ Scarsa qualità dei collegamenti tra pareti e tra pareti ed orizzontamenti▪ Eccessiva distanza tra muri di controvento	<ul style="list-style-type: none">➤ Miglioramento dei collegamenti tra le pareti mediante l'utilizzo di catene a livello di piano nelle due direzioni➤ Chiodature di ancoraggio tra le pareti nei cantonali e tra le pareti ed il solaio➤ Apposizione di fasce di materiale composito a cerchiare la muratura a livello di piano, ovvero a migliorare i collegamenti tra le pareti nei cantonali
<ul style="list-style-type: none">▪ Muratura di scadente qualità, area resistente ridotta in una o in entrambe le direzioni (i.e per l'alta percentuale di forature o per il ridotto spessore delle pareti) e presenza di orizzontamenti di notevole massa	<ul style="list-style-type: none">➤ Sostituzione delle parti di muro con la tecnica del Cuci e scuci con materiali compatibili con quelli esistenti➤ Inserimento di pareti a taglio di muratura resistente ammassate alle pareti preesistenti➤ Placcaggi sandwich con rete elettrosaldata e gunite➤ Trattamenti con resine epossidiche➤ Placcaggi con materiali compositi

<ul style="list-style-type: none"> ▪ Solai deformabili nel proprio piano e mal collegati ▪ Coperture pesanti e/o spingenti e mancanza di connessione alle pareti di supporto 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Irrigidimenti dei solai attraverso solette in calcestruzzo alleggerito con rete elettrosaldata, catene incrociate, adeguati collegamenti alle murature e ai campi di solaio adiacenti ➤ Realizzazione di cordoli efficaci ancorati alle murature ➤ Realizzazione di catene che annullino la spinta della copertura e/o di cerchiature in materiale composito a livello di imposta della stessa
--	--

Tabella 5 – Relazione tra fattori di vulnerabilità ed interventi di consolidamento possibili

IV.7.2. Edifici in Cemento Armato

Condizioni di Vulnerabilità	Tipologia di Possibili Interventi
<p><i>Irregolarità nella maglia strutturale:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Assenza o estrema debolezza di telai in una direzione ▪ Presenza di pilastri snelli ▪ Presenza di pilastri tozzi (finestre a nastro) ▪ Presenza di travi esterne al filo dei pilastri o singoli pilastri arretrati ▪ Assenza di pilastro all'incrocio di due travi o presenza di pilastri in falso ▪ Travi di larghezza sensibilmente inferiore a quella del pilastro che le sostiene ▪ Bow windows superiori a 1,50 mt ▪ Interasse medio tra i pilastri > 6,00 mt ▪ Presenza di forti sbalzi o sbalzi fortemente caricati ▪ Staffatura insuff. in pilastri, travi e nodi ▪ Tetti a falde non solidali alla struttura intelaiata ed appoggiata su muretti 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Inserimento di elementi resistenti nella direzione debole (pareti in c.a., pareti in mattoni, sistemi di controventi, etc.) ➤ Consolidamento pilastri (ringrossi in c.a., placcaggi in acciaio, etc.) ➤ Eliminazione irregolarità specchiatura finestre, interventi di redistribuzione delle rigidezze di altri elementi al contorno ➤ Interventi tesi a ricreare la complanarietà del telaio (ringrosso del pilastro al di sotto della trave esterna, creazione di pareti tra le travi e solidali ai pilastri, etc.) ➤ inserimento del pilastro ➤ Ringrosso travi ➤ Consolidamento elementi strutturali di sostegno ➤ Consolidamento degli elementi interessati ➤ Consolidamento elementi strutturali di sostegno ➤ Confinamento con elementi in acciaio o FRP ➤ Inserimento di elementi strutturali atti a solidarizzare il tetto alla struttura
<p><i>Irregolarità in pianta indotte da:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Forte asimmetria della pianta (L,T,C) ▪ Forte elementi irrigidenti eccentrici 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Creazione di giunti sismici ➤ inserimento di ulteriori elementi di irrigidimento per bilanciare la irregolarità
<p><i>Irregolarità in elevazione</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Quote di interpiano sensibilmente diverse tra loro; ▪ Piano caratterizzato da peso proprio o sovraccarico molto più elevato rispetto al piano inferiore o superiore (archivi, tipografie etc.); ▪ Brusco decremento di rigidezza ad un piano (assenza di tamponature ad un livello, etc.); 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ inserimento di elementi di controvento atti a ridurre la deformabilità dei piani a maggior interpiano. Redistribuzione delle masse ➤ inserimento di tamponatura o di elementi di controvento
<p><i>Altre Carenze:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Giunti inadeguati o edifici adiacenti con altezze e periodi propri diversi; ▪ Fondazioni su plinti isolati ▪ Materiali degradati o con caratteristiche meccaniche scadenti 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Creazione di giunto sismico ➤ Collegamento plinti ➤ Se superficiale: rimozione e sostituzione con materiali resistenti ➤ Se generalizzato: confinamento degli elementi strutturali

Tabella 6 – Relazione tra fattori di vulnerabilità ed interventi di consolidamento possibili

Capitolo V: OPERAZIONI PER LA VERIFICA DEGLI EDIFICI ESISTENTI IN MURATURA

AI FINI DELLA APLICAZIONE DELLA ORDINANZA 3362 DEL 8 LUGLIO 2004

V.1.Premessa

Come illustrato nel Cap. I, per quanto riguarda la verifica sismica si assume come normativa di riferimento la OPCM n. 3274 del 20/3/2003, nella versione revisionata promulgata come OPCM 3431 del 3/05/2005 (successivamente indicata per brevità OPCM).

Nella applicazione della norma, il Professionista incaricato terrà consapevolmente conto di quanto prescritto al cap. 1 (*Oggetto delle norme*) della OPCM, che richiama al rispetto della normativa vigente, a prescindere dalla normativa sismica:

“In aggiunta alle prescrizioni contenute nelle presenti Norme, le strutture devono soddisfare le prescrizioni contenute nella normativa vigente relativa alle combinazioni di carico non sismiche.”

Si richiama inoltre l'attenzione sull'ultimo capoverso del par. 2.5 (*Livelli di protezione antisismica*), che rimanda per gli edifici esistenti al cap. 11 (*Edifici esistenti*): *“Il livello di protezione sismica richiesto per le costruzioni esistenti, nei casi in cui si debba procedere all'adeguamento sismico, può essere ridotto rispetto a quanto previsto per una nuova costruzione secondo quanto previsto nel cap.11 (Edifici esistenti)”*.

Si ricorda infine che in base al terzo capoverso del par. 11.5 (*Valutazione della sicurezza di edifici in cemento armato e in acciaio*) della OPCM l'analisi sismica globale va effettuata con i metodi previsti dalle norme di progetto per le nuove costruzioni, con le integrazioni specificate nel par.11.5 e verificando anche i meccanismi locali.

V.2.Operazioni Preliminari

La Relazione di verifica sarà articolata in quattro elaborati :

- A) Relazione sulle operazioni preliminari;
- B) Relazione sulle operazioni di verifica e la conseguente valutazione di resistenza dell'edificio;
- C) Relazione sulle operazioni concernenti i risultati;
- D) Relazione Geotecnica di cui al punto V.3.4.

Nella Relazione sulle operazioni **preliminari**, dovranno essere esaurientemente trattati e illustrati i seguenti punti, il cui ordine di elencazione non va inteso in senso cronologico:

- V.2.1. Raccolta dati e documentazione tecnica e amministrativa dell'edificio.** Il Professionista effettuerà ricerche presso l'amministrazione dello stabile e presso gli Uffici Pubblici preposti al controllo tecnico-urbanistico del territorio (Comune, Provincia, Prefettura, Genio Civile, Provveditorato, etc.) al fine di ricostruire per quanto possibile la storia della costruzione, la sua conformità a leggi e regolamenti, gli eventuali dissesti patiti o in corso, gli interventi di ripristino e consolidamento, i danni subiti in occasione di precedenti eventi sismici. Il tutto tenuto presente, anche per analogia, il par. 11.2.3.1 (*Dati necessari per la valutazione – generalità*) della OPCM, relativo alle costruzioni in c.a ed in acciaio.
- V.2.2. Sopralluogo e indagine a vista.** Tutte le operazioni finalizzate alla verifica di una costruzione esistente dovranno essere precedute da almeno una ispezione sopralluogo, di cui dovrà essere redatto apposito verbale e le cui conclusioni devono essere riportate nella relazione preliminare di verifica, corredata di idonea documentazione fotografica. Nel corso dei sopralluoghi, il Professionista acquisirà tra l'altro tutti i dati necessari ai fini della identificazione dei fattori di vulnerabilità sismica della costruzione, da utilizzare per il successivo punto V.2.7.
- V.2.3. Inquadramento geologico** preliminare del terreno fondale sottostante l'area di influenza della costruzione, idonea ai fini della classificazione del sito secondo le prescrizioni del par. 3.1 (*categoria del suolo di fondazione*) della OPCM, per la valutazione del coefficiente S da introdurre nella valutazione della azione sismica di progetto.
- V.2.4. Valutazione delle azioni sismiche.** Le azioni sismiche di progetto e verifica devono essere conformi a quanto specificato al cap. 3 (*azione sismica*) della OPCM, fatte salve le prescrizioni, eccezioni e deroghe eventualmente previste nel cap. 11 (*edifici esistenti*). Ai fini del prescritto del punto b) dello Allegato 2) alla OPCM n.3362/04, occorre che il Professionista proceda anche alla identificazione dei seguenti parametri di pericolosità sismica, e cioè:
- $PGA_{2\%}$ = accelerazione al suolo attesa con probabilità 2% in 50 anni;
 - $PGA_{10\%}$ = accelerazione al suolo attesa con probabilità 10% in 50 anni;
 - $PGA_{50\%}$ = accelerazione al suolo attesa con probabilità 50% in 50 anni
- V.2.5. Inquadramento del sistema costruttivo.** Per quanto riguarda i sistemi costruttivi, ove l'edificio non risulti conforme al quadro generale previsto dalla OPCM (par. 4.1 “*sistemi costruttivi*” e par. 4.2 “*distanze ed altezze*”), il procedimento di verifica prescelto, salvo vigenza di normativa dedicata alla tipologia costruttiva in oggetto, dovrà essere

individuato in analogia ai criteri e per estensione logica dei metodi indicati nella OPCM, il tutto dovendo trovare motivata giustificazione nella relazione preliminare, fatto salvo e in conformità di quanto prescritto nel Cap. 11 (*edifici esistenti*). L'edificio dovrà inoltre essere preventivamente analizzato e classificato in relazione alla sua caratteristica di regolarità/non regolarità, in conformità del par. 4.3 (*caratteristiche generali degli edifici*) della OPCM, tenendo conto anche degli elementi secondari (punto 4.3.2 "*elementi strutturali secondari*") e di quanto prescritto in proposito al punto 11.5.4.2 (*valutazione della sicurezza - azione sismica*).

V.2.6. Aggregati edilizi. Nel caso l'immobile oggetto della verifica faccia parte di un aggregato edilizio, il professionista dovrà identificare in via preliminare la Unità Strutturale (US) oggetto di studio, fornendo giustificazione a mezzo di relazione adeguatamente argomentata e tecnicamente documentata, sulla base del punto 11.5.4.3.2 (*valutazione della sicurezza – modellazione della struttura – aggregati edilizi*) coordinato col punto 11.5.5.1. (*verifiche di sicurezza – verifica globale semplificata per gli edifici in aggregati edilizi*)

V.2.7. Valutazione di massima della propensione al danno sismico della costruzione. La costruzione dovrà essere qualificata mediante analitica identificazione dei fattori di vulnerabilità e dei possibili meccanismi di collasso attivabili in base ai criteri ed ai metodi illustrati al Cap. IV delle presenti Linee Guida.

V.2.8. Previsione motivata del livello di conoscenza conseguibile e formulazione di un programma di indagini in-sito finalizzato al raggiungimento del livello LC prescelto, in conformità del punto 11.5.2 (*dati necessari e identificazione del livello di conoscenza*) della OPCM e il successivo punto V.3.1 delle presenti LG.

V.2.9. Limite di resistenza e limite di duttilità. Vanno in ogni caso calcolati i coefficienti α_u e α_1 , come definiti al punto 8.1.3 (*modalità costruttive e fattori di struttura*), integrato col punto 11.5.4.2 (*valutazione della sicurezza – azione sismica*) della OPCM.

V.3. Operazioni per la verifica e la conseguente valutazione di sicurezza dell'edificio

La valutazione della sicurezza degli edifici esistenti va eseguita secondo i dettami del Cap. 11 (*edifici esistenti*) della OPCM, con particolare riferimento al par. 11.5 (*valutazione della sicurezza di edifici in muratura*) per edifici in muratura, e relativi richiami.

In particolare, trattandosi di edifici in muratura, gli Stati Limiti di riferimento (SL) sono quelli enunciati al punto 11.5.1 (*requisiti di sicurezza e criteri di verifica*) che rimanda ai par. 2.1 (*sicurezza nei confronti della stabilità – SLU*) e 2.2 (*protezione nei confronti del danno – SLD*).

Su tali operazioni andrà redatta e presentata una dettagliata relazione comprendente tra l'altro i seguenti punti:

V.3.1. Indagini e Livello di Conoscenza. A prescindere dal livello di conoscenza (LC) che ci si prefigge di conseguire, le indagini, già programmate nel corso delle operazioni preliminari ed eventualmente integrate in corso d'opera, dovranno comprendere:

- La redazione di un rilievo geometrico, comprensivo dell'eventuale quadro fessurativo, articolato in piante e sezioni, e completo di tutte le quantità metriche necessarie e del rilievo di dettaglio di tutti gli elementi strutturali significativi. Il tutto includendo tutti gli elementi di cui al punto 11.5.2.1 (*dati necessari e identificazione del livello di conoscenza – geometria*) per costruzioni con struttura muraria;
- Esame particolareggiato dei dettagli costruttivi di cui al punto 11.5.2.2 (*dati necessari e identificazione del livello di conoscenza – dettagli costruttivi*) per costruzioni in muratura, corredato delle verifiche in-sito prescritte in relazione al LC prescelto come obiettivo, in conformità del punto 11.5.3 (livelli di conoscenza) della OPCM;
- Previsione, in conformità del punto 11.5.2.3 (proprietà dei materiali) della qualità delle murature e delle loro proprietà meccaniche, in particolare della loro resistenza alla compressione e al taglio, corredata delle verifiche in-sito prescritte in relazione al LC prescelto come obiettivo e tenuto conto della tabella 11.D.1 dell' Allegato 11.D alla OPCM, come indicato nella parte finale del punto 11.5.3 (*livelli di conoscenza*).

A operazioni di rilievo concluse, e ad indagini in-sito effettuate, in base a quanto specificato al punto 11.5.3 (*livelli di conoscenza - v. Tabella 11.5.1*) si potrà definire il LC conseguito, e assumere il relativo fattore di confidenza FC da introdurre nei calcoli.

V.3.2. Valutazione della sicurezza. Tale valutazione va effettuata in accordo con i principi e metodi enunciati al punto 11.5.4 (*valutazione della sicurezza*) della OPCM.. Non è consentita in questa fase, in nessun caso, l' applicazione dei metodi semplificati di cui al punto 8.1.9 (*edifici semplici*) richiamati al punto 11.5.10 (*edifici semplici*). La verifica comprenderà le seguenti operazioni:

V.3.2.a). In linea preventiva, il Professionista effettuerà la verifica della costruzione sotto carico ordinario, in assenza di azione sismica e secondo i dettami delle vigenti "NORME TECNICHE SULLE COSTRUZIONI" di cui al D.M. del 14/9/2005 e con particolare riferimento al D.M. LL.PP. del 20/11/1987 (Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento) e sue modifiche e integrazioni.

V.3.2.b). Combinazioni di carico. Le azioni sismiche secondo le diverse direzioni saranno combinate secondo i dettami del par. 4.6 (*combinazione delle componenti dell'azione sismica*). Le azioni sismiche saranno combinate con le altre azioni secondo i dettami del par. 3.3 (*combinazione dell'azione sismica con le altre azioni*).

V.3.2.c). Modellazione della struttura. Il modello meccanico adottato per le analisi dovrà essere quanto più possibile espressivo del comportamento ingegneristicamente prevedibile del sistema strutturale, in conformità del par. 4.4 (*modellazione della struttura*). L'eventuale interazione della U.S. con corpi di fabbrica adiacenti, ove esistenti, dovrà essere adeguatamente modellata e tenuta in conto nella verifica. Nel caso di edifici a tipologia mista (v. punto 11.5.4.3.3 *valutazione della sicurezza – modellazione della struttura – edifici misti*) tale eventualità va tenuta in debito conto nella formulazione del modello. Il tutto dovrà essere chiaramente illustrato e adeguatamente giustificato nella relazione di verifica.

V.3.2.d). Metodo di analisi. Di norma la verifica sarà eseguita sulla base della analisi statica non lineare, nei confronti di tutti gli Stati Limite enunciati al punto 11.5.1 (*requisiti di sicurezza e criteri di verifica*) che rimanda ai par. 2.1 (*sicurezza nei confronti della stabilità – LSU*) e 2.2 (*protezione nei confronti del danno- SLD*), tenendo presente in particolare il punto 11.5.4.4 (*valutazione della sicurezza – metodi di analisi*) della OPCM, da correlare per quanto riguarda le "travi in muratura" col punto 8.2.2.4 (*verifiche di sicurezza – travi in muratura*). Saranno calcolati tra l'altro i parametri PGA_{CO} , PGA_{DS} e PGA_{DL} e i coefficienti α_e e α_u così come definiti al punto b) dello Allegato 2 alla OPCM 3362 del 8 Luglio 2004.

V.3.2.e). Ruolo degli orizzontamenti. La efficacia e la misura della ripartizione delle forze orizzontali da parte degli orizzontamenti deve essere adeguatamente verificata almeno sotto il profilo della resistenza (v. punto 11.5.8.2 "*modelli di capacità per la valutazione - solai*" e i punti richiamati. 4.11.1.5 "*stato limite ultimo - diaframmi orizzontali*" e 8.1.5.2 "*metodi di analisi – analisi statica lineare*").

V.3.2.f). Meccanismi locali di collasso. La verifica globale va integrata a giudizio del Professionista in tutti i casi cui si riconosce necessario applicare il dettato del punto 11.5.4.3.1, eventualmente in conformità dei metodi specificati nell'allegato 11.C alla OPCM, richiamato dal punto 11.5.4.4 (*valutazione della sicurezza - metodi di analisi*).

V.3.2.g). Valutazione degli spostamenti. Gli spostamenti dovranno essere calcolati in base al par. 4.8 (*valutazione degli spostamenti*), ed essere da parte del professionista oggetto di una esplicita valutazione in relazione alla loro influenza sulla tenuta statica della costruzione sotto sisma e a seguito di sisma.

V.3.2.h). Verifiche di sicurezza. Le verifiche di sicurezza dovranno essere condotte in conformità del par. 4.11 (*verifiche di sicurezza*) coordinato col punto 11.5.5 (*verifiche di sicurezza*). In particolare, la verifica va eseguita e valutata in conformità del punto 8.1.6 (*verifica di sicurezza*) della OPCM. Nello specifico, le verifiche degli elementi portanti a pressoflessione nel piano, a taglio e a presso flessione fuori piano vanno eseguite secondo i dettami del punto 8.2.2 (*verifica di sicurezza*). In caso di elementi murari semplicemente inflessi o tensoinflessi, la verifica non può dare esito positivo, a meno che l'elemento murario non sia integrato da membrature tensoresistenti. In questo ultimo caso, possono applicarsi le procedure previste per la muratura armata se e in quanto applicabili. Il tutto fatte salve le eccezioni, modifiche e deroghe esplicitamente previste nel Cap. 11 (*edifici esistenti*) nel caso di edifici preesistenti.

V.3.3. Parti non strutturali. Gli elementi non strutturali, compresi gli impianti, dovranno essere oggetto di attenta e autonoma verifica, secondo i dettami dei par. 4.9 (*considerazioni di elementi non strutturali*) e 4.10 (*impianti*), in modo da assicurare almeno la incolumità delle persone.

V.3.4. Fondazioni. La verifica va integrata con la valutazione della idoneità e sufficienza delle fondazioni e del relativo terreno di posa. Per le valutazioni che coinvolgono i terreni di fondazione si raccomanda la puntuale applicazione del par. 2.4 (*prescrizioni relativi ai terreni di fondazione*) della OPCM e sue consequenziali, sia in relazione alla verifica della portanza del piano fondale in condizioni ordinarie, sia in relazione al par. 3.1 (*categorie di suolo di fondazione*) della OPCM e rimandi connessi, seguendo le specifiche del par. 5.4.7 (*elementi di fondazione in cemento armato*), in quanto applicabili. Il tutto in conformità delle vigenti "NORME TECNICHE SULLE COSTRUZIONI" di cui al D.M. del 14/9/2005 e con particolare riferimento al D.M.LL.PP. 11 marzo 1988 (Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni

per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione) e sue modifiche e integrazioni. Tutte le valutazioni di cui al presente punto dovranno essere riportate in apposita relazione di natura geologico-tecnica.

V.4.Operazioni conclusive di sintesi

In aggiunta alle ordinarie relazioni tecniche dettagliate, di calcolo, di verifica e di progetto, inclusi tutti i grafici e tabulati necessari e/o prescritti, dovrà essere presentato un quadro riassuntivo dei principali risultati delle verifiche effettuate.

Detto quadro dovrà comprendere in forma sintetica:

- V.4.1.**Le condizioni di carico considerate, descritte sommariamente (i dettagli saranno riportati nella relazione di verifica) e illustrate mediante schemi grafici semplici, chiari ed adeguati;
- V.4.2.**Lo schema statico adottato illustrato mediante adeguati grafici;
- V.4.3.**Il procedimento di calcolo adoperato con i principali risultati ottenuti (ad esempio le sollecitazioni e le deformazioni più gravose nelle membrature più significative);
- V.4.4.**Il metodo di verifica adottato, con la dimostrazione del raggiungimento delle prestazioni prescritte relativamente alle membrature più significative;
- V.4.5.**I principali parametri espressivi della capacità portante laterale e verticale, tra cui PGA_{CO} , PGA_{DS} e PGA_{DL} e i coefficienti α_e e α_u così come definiti al punto b) dello Allegato 2 alla OPCM 3362 del 8 Luglio 2004.

Nella relazione di cui al presente paragrafo dovrà essere inoltre riportata una verifica da eseguire adottando metodi cosiddetti semplificati di cui ai punti 8.1.9 (*edifici semplici*), 11.5.5.1 (*verifica di sicurezza – verifica globale semplificata per edifici in aggregati edilizi*) e 11.5.10 (*edifici semplici*), con riferimento ad uno schema statico chiaramente descritto ed illustrato, da cui dovranno dedursi con operazioni autonome, chiare e controllabili, parametri di verifica globale e locale omogenei e confrontabili con i risultati ottenuti mediante la verifica di dettaglio principale.

Capitolo VI: *PROGETTO DELL'INTERVENTO SU EDIFICI IN MURATURA*

VI.1.Premessa

Il progetto dell' intervento da eseguire deve tendere alla messa in sicurezza dell' edificio ai sensi della OPCM 3431 del 3/05/2005 (successivamente indicata per brevità OPCM).

Si osserva che la OPCM stabilisce che le verifiche degli edifici vanno eseguite non solo con riferimento alle azioni sismiche, ma anche in assenza di sisma (v. punto 1 *“oggetto delle norme”* della OPCM). Pertanto obiettivo primario del progetto sarà la garanzia della sicurezza statica dell' edificio sotto i carichi di ordinario esercizio. (v. Cap.I delle presenti L.G.). Le fondazioni e i relativi interventi dovranno essere oggetto di specifica valutazione con riferimento al punto 8.1.8 (*fondazioni*) e al punto 5.4.7 (*elementi di fondazione in cemento armato*), tenuto presente il D.M.LL.PP. 11 marzo 1988 e di quanto recita in merito l'allegato 11.E della OPCM 3431.

Il progetto dell' intervento dovrà essere concepito in modo tale da conformarsi quanto più possibile alle prescrizioni valide per edifici in muratura di nuova costruzione (Par. 4.1 *“sistemi costruttivi”* e 4.2 *“distanze ed altezze”*, 4.3 *“caratteristiche generali degli edifici”* e Cap. 8 *“edifici con struttura in muratura”* della OPCM, con particolare riferimento al par. 8.1.4 *“criteri di progetto e requisiti geometrici”*). Il Professionista dovrà produrre, nella fase preliminare esplicita relazione nella quale dovranno essere indicati i punti della OPCM con riferimento ai quali il progetto dell'edificio, ad adeguamento completato, si differenzierà dalle prescrizioni di progetto relative allo stesso edificio considerato di nuova costruzione.

I criteri generali di progetto dovranno essere esplicitamente indicati nella relazione e gli interventi si dovranno fondare sui risultati forniti dai modelli numerici, messi a punto per la verifica sia globale che dei meccanismi di danno locale. L' intervento dovrà comunque essere progettato e verificato nel rispetto della normativa vigente per il sistema costruttivo di base, mentre le addizioni, protesi e rinforzi dovranno essere progettati e verificati in relazione alla normativa che governa il rispettivo sistema strutturale.

VI.2.Operazioni Preliminari di Verifica

VI.2.1. Il Professionista procede alla acquisizione di tutti i dati e alla redazione di tutti gli elaborati previsti dalle presenti L.G, in particolare al par. V.2, con riferimento allo edificio nello stato in cui si trova, e secondo le modalità ivi specificate.

VI.2.2. In questa fase, il Professionista individua e valuta, tra l' altro tutte le caratteristiche della costruzione di cui al capitolo IV delle presenti L.G. nonché quelle necessarie ai fini

della applicazione del paragrafo 11.5 (v. punto 11.5.6.1 *“criteri per la scelta dell’intervento – indicazioni generali”* della OPCM).

VI.2.3. Sulla base dei dati acquisiti, e delle eventuali indagini aggiuntive eseguite, il Professionista effettua la Verifica Sismica della costruzione nello stato in cui si trova, secondo le modalità indicate ai par. V.3 e V.4, e redigendo tutti gli elaborati ivi previsti.

VI.2.4. Il Professionista sulla base delle risultanze della Verifica Sismica di cui al punto precedente, redige una Relazione Tecnica dettagliata, nella quale espone le sue conclusioni sulla necessità di conferire maggiore resistenza sismica alla costruzione. Il Professionista formulerà il suo giudizio sulla base di tutti gli elementi che riterrà opportuno valutare, tra i quali dovrà considerare esplicitamente i seguenti:

- Comparazione tra la effettiva resistenza sismica della costruzione, come emersa dalla Verifica Sismica effettuata e la resistenza sismica prescritta dalla OPCM 3431;
- Esistenza o meno di Meccanismi Locali (punto 11.5.4.3.1 *“valutazione della sicurezza –modellazione della struttura – meccanismi locali”*) da considerare pericolosi in base ai criteri e metodi richiamati al punto 11.5.4.4 (*valutazione della sicurezza – metodi di analisi*) e al punto 11.5.5 (*verifiche di sicurezza*) e con riferimento all' Allegato 11.C;
- Sussistenza di situazioni di rischio singolari e/o localizzate su elementi strutturali secondari (punto 4.3.2 *“elementi strutturali secondari”*); tamponature, tramezzi, parapetti e parti dell' edificio non strutturali sospette sul piano della loro stabilità, in condizioni ordinarie e/o sotto sisma (par. 4.9 *“considerazione di elementi non strutturali”* e 4.10 *“impianti”*);
- Affidabilità del modello di interazione del comportamento strutturale della US considerata in caso di inclusione in un aggregato edilizio (punto 11.5.4.3.2 *“valutazione della sicurezza – modellazione della struttura – aggregati edilizi”*) e valutazione della congruenza di comportamento tra la US e l' aggregato edilizio nel suo insieme.

VI.3.Operazioni Preliminari di Progetto

VI.3.1. -Il Professionista provvede alla redazione di un Progetto Definitivo (in base alla denominazione del DPR 554/1999 –L.109/1994, corredato di tutti gli elaborati grafici

ivi prescritti) di adeguamento sulla base di un modello di analisi strutturale di massima dell' edificio, da eseguirsi con metodi e procedure di calcolo che in questa fase, acquisendo il mero carattere di "dimensionamenti di progetto" e non di "calcoli", potranno essere liberamente scelti dal Professionista.

VI.3.2. Il Progetto Definitivo dovrà identificare il tipo di intervento in conformità del punto 11.5.6.2 (*criteri per la scelta dell'intervento - tipo di intervento*) della OPCM, tenendo presenti le disposizioni dell' Allegato 11.E della OPCM. L'incremento della prestazione dell' organismo strutturale sarà conseguito dosando opportunamente il miglioramento di resistenza e duttilità delle varie membrature, tenendo presente che comunque la norma stabilisce un limite alla duttilità, infatti il valore di q^* (par. 8.1.6 “*verifiche di sicurezza*” della OPCM) non deve risultare >3 . Ciascuna tipologia di intervento, in combinazione con ogni tipologia strutturale sulla quale essa viene applicata dovrà essere chiaramente illustrata sul piano grafico e altrettanto chiaramente motivata dal punto di vista della sua efficacia individuale e della sua funzionalità nell' insieme del complesso strutturale. Il Progetto dovrà inoltre includere gli interventi su elementi non strutturali ed impianti in conformità del punto 11.5.6.3 (*criteri per la scelta dell'intervento - elementi non strutturali ed impianti*) della OPCM.

VI.3.3. Sulla base dei dati acquisiti e degli elaborati approntati secondo quanto precede, il Professionista redige la Relazione Tecnica del Progetto Definitivo, che dovrà includere i primi 3 punti del par. 11.5.7 (*progetto dell'intervento*) della OPCM. La Relazione Tecnica dovrà essere corredata del computo metrico preventivo per la realizzazione dell'intervento, e del computo metrico dettagliato relativo alla esecuzione delle indagini.

VI.3.4. La costruzione, considerato il Progetto Definitivo di adeguamento sismico redatto, dovrà essere sottoposta a nuova Verifica Sismica a intervento effettuato, da svolgere in conformità delle norme della OPCM secondo quanto riportato al Cap. V delle presenti L.G. La verifica dovrà dimostrare di essere in accordo con gli ultimi tre punti del par. 11.5.7 (*progetto dell'intervento*) e dovrà tenere conto dei punti 11.5.8.1 (*modelli di capacità per la valutazione – pareti murarie*) e 11.5.8.2 (*modelli di capacità per la valutazione – solai*) della OPCM. I modelli di capacità adottati per gli elementi rinforzati dovranno essere giustificati dal progettista e più in generale conformarsi alle prescrizioni del par. 11.5.9 (*modelli di capacità per il rinforzo*). La Verifica Sismica dovrà essere corredata di tutti gli elaborati previsti ai par. V.3 e V.4 delle presenti L.G., secondo le modalità ivi indicate.

VI.3.5. Se necessario per la limitata disponibilità finanziaria, il Professionista procede poi alla suddivisione del progetto in stralci, individuando un primo stralcio, compatibile con il finanziamento attribuito dalla Amministrazione alla costruzione in considerazione, che sarà oggetto del Progetto Esecutivo finale. Nella identificazione del primo stralcio, tenuto debito conto di eventuali situazioni che rivestono carattere di urgenza e/o di particolare vulnerabilità, inclusi i possibili meccanismi di collasso locale, il Professionista dovrà per quanto possibile e/o motivatamente opportuno distribuire l'intervento sull'insieme dell'edificio, in relazione al progetto globale di adeguamento, piuttosto che concentrarlo su singole parti di esso, in modo da conseguire a parità di spesa il massimo beneficio possibile.

VI.3.6. Al termine il Professionista trasmette alla Amministrazione i seguenti elaborati:

- La Relazione di Verifica dell'edificio nello stato in cui si trova, che dovrà riportare nelle conclusioni il giudizio motivato del Professionista sulla necessità dell'intervento;
- Il Progetto Definitivo di adeguamento della costruzione con allegata Relazione Tecnica;
- Il Computo Metrico preventivo dell'intervento;
- La Relazione di Verifica della costruzione a progetto di adeguamento realizzato, comprensiva di tutti gli elaborati di cui ai par. V.3 e V.4;
- Il Piano di Esecuzione del Progetto in stralci, se necessario;
- La rappresentazione del I° stralcio che, nella fase successiva dovrà essere oggetto del Progetto Esecutivo.

Il tutto redatto in conformità delle specifiche del DPR 554/1999.

VI.4. Operazioni Finali di Progetto

VI.4.1. Sulla base di tutte le risultanze acquisite a seguito delle attività di cui ai par. precedenti, ivi compresi i dati relativi alle indagini di approfondimento finale, il Professionista procede alla redazione del Progetto Esecutivo, nel rispetto delle specifiche del DPR 554/1999.

VI.4.2. Nella redazione del Progetto Esecutivo, il Professionista, tenendo conto in generale di quanto suggerito dalle presenti L.G., si atterrà in particolare a quanto riportato in allegato 11.E della OPCM. Il Progetto dovrà dettagliare anche gli interventi su elementi secondari in conformità del punto 4.3.2 (*elementi strutturali secondari*) e su elementi

non strutturali ed impianti in conformità dei par. 4.9 (*considerazioni di elementi non strutturali*) e 4.10 (*impianti*) e del punto 11.5.6.3 (*criteri per la scelta dell'intervento – elementi non strutturali ed impianti*) della OPCM.

- VI.4.3.** Il Progetto Esecutivo sarà corredato di computo metrico dettagliato, comprensivo delle spese tecniche. All'atto della presentazione della parcella, il Professionista dovrà esibire tutta la documentazione contabile in originale o in copia autentica- comprovante le spese relative alle indagini eseguite, al fine di ottenere il rimborso della quota concessa.
- VI.4.4.** La costruzione, considerato il Progetto Esecutivo redatto eventualmente in I stralcio, tenuto conto degli interventi progettati, dovrà essere sottoposta a nuova Verifica Sismica, che dovrà essere svolta in conformità delle norme della OPCM e in accordo con le prescrizioni del Cap. V delle presenti L.G. La verifica dovrà dimostrare di essere in accordo col punto 8.1.6 (*verifiche di sicurezza*) della OPCM, con gli ultimi tre punti del par. 11.5.7 (*progetto dell'intervento*) e dovrà tenere conto dei punti 11.5.8.1 (*modelli di capacità per la valutazione – pareti murarie*) e 11.5.8.2 (*modelli di capacità per la valutazione – solai*) della OPCM. I modelli di capacità adottati per gli elementi rinforzati dovranno essere giustificati dal progettista e più in generale conformarsi alle prescrizioni del par. 11.5.9 (*modelli di capacità per il rinforzo*). La Verifica Sismica dovrà essere corredata di tutti gli elaborati previsti ai par. V.3 e V.4 delle presenti L.G., secondo le modalità ivi prescritte.
- VI.4.5.** Nella Verifica Sismica di cui al punto precedente dovranno essere evidenziati i valori di accelerazione del suolo corrispondenti al raggiungimento, nella situazione successiva all' intervento, di ciascuno stato limite previsto. Tali valori dovranno risultare significativamente più elevati di quelli derivanti dalla verifica della costruzione nello stato di fatto, tenuto conto del livello di resistenza antisismica corrispondente all' obiettivo dell' adeguamento

Capitolo VII: OPERAZIONI PER LA VERIFICA DEGLI EDIFICI ESISTENTI IN C.A.

AI FINI DELLA APLICAZIONE DELLA ORDINANZA 3362 DEL 8 LUGLIO 2004.

VII.1.Premessa

Come illustrato nel Cap. I, per quanto riguarda la verifica sismica si assume come normativa di riferimento la OPCM n. 3274 del 20/3/2003, nella versione revisionata promulgata come OPCM n. 3431 del 3 Maggio 2005.

Nella applicazione della norma il Professionista incaricato terrà consapevolmente conto di quanto prescritto al cap. 1 (*oggetto delle norme*) della OPCM 3431, che richiama al rispetto della normativa vigente, a prescindere dalla normativa sismica:

“In aggiunta alle prescrizioni contenute nelle presenti Norme, le strutture devono soddisfare le prescrizioni contenute nella normativa vigente relativa alle combinazioni di carico non sismiche.”

Si richiama inoltre l'attenzione sull'ultimo capoverso del par. 2.5 (*livelli di protezione antisismica*), che rimanda per gli edifici esistenti al cap. 11 (*edifici esistenti*): *“Il livello di protezione sismica richiesto per le costruzioni esistenti, nei casi in cui si debba procedere all'adeguamento sismico, può essere ridotto rispetto a quanto previsto per una nuova costruzione secondo quanto previsto nel cap.11 (edifici esistenti)”*.

Si ricorda infine che la OPCM al terzo capoverso del par. 11.2 (*valutazione della sicurezza di edifici in cemento armato e in acciaio*) recita: *“Gli stessi metodi previsti dalle norme di progetto per le nuove costruzioni valgono per la valutazione degli edifici esistenti, salvo quanto diversamente indicato nel seguito”*.

VII.2.Operazioni preliminari

La Relazione di verifica sarà articolata in quattro elaborati :

- A) La Relazione sulle operazioni preliminari;
- B) La Relazione sulle operazioni di verifica e la conseguente valutazione di resistenza dell'edificio;
- C) Relazione sulle operazioni concernenti i risultati;
- D) Relazione Geotecnica di cui al punto VII.3.4.

Nella relazione sulle operazioni preliminari dovranno essere esaurientemente trattati e illustrati i seguenti punti, il cui ordine di elencazione non va inteso in senso cronologico:

VII.2.1. Raccolta dati e documentazione tecnica e amministrativa dell' edificio. Il Professionista effettuerà ricerche presso l' amministrazione dello stabile e presso gli Uffici Pubblici preposti al controllo tecnico-urbanistico del territorio (Comune, Provincia, Prefettura, Genio Civile, Provveditorato, etc.) al fine di ricostruire per quanto possibile la storia della costruzione, la sua conformità a leggi e regolamenti, gli eventuali dissesti patiti o in corso, gli interventi di ripristino e consolidamento, i danni subiti in occasione di precedenti eventi sismici. Il tutto tenuto presente il punto 11.2.3.1 (*dati necessari per la valutazione – generalità*) della OPCM.

VII.2.2. Sopralluogo e indagine a vista. Tutte le operazioni finalizzate alla verifica di una costruzione esistente dovranno essere precedute da almeno una ispezione sopralluogo, di cui dovrà essere redatto apposito verbale e le cui conclusioni devono essere riportate nella relazione preliminare di verifica, corredata di idonea documentazione fotografica. Nel corso dei sopralluoghi, il Professionista acquisirà tra l'altro tutti i dati necessari ai fini della identificazione dei fattori di vulnerabilità sismica della costruzione, da utilizzare per il successivo punto VII.2.7.

VII.2.3. Inquadramento geologico preliminare del terreno fondale sottostante l'area di influenza della costruzione, idonea ai fini della classificazione del sito secondo le prescrizioni del punto 3.1 (*categorie di suolo di fondazione*) della OPCM, per la valutazione del coefficiente S da introdurre nella valutazione della azione sismica di progetto.

VII.2.4. Valutazione delle azioni sismiche. Le azioni sismiche di progetto e verifica devono essere conformi a quanto specificato al cap. 3 (*azione sismica*) della OPCM, fatte salve le prescrizioni, eccezioni e deroghe eventualmente previste nel cap. 11 (*edifici esistenti*). Ai fini del prescritto del punto b) dello Allegato 2) alla OPCM 3362, occorre che il Professionista proceda anche alla identificazione dei seguenti parametri di pericolosità sismica, e cioè:

- $PGA_{2\%}$ = accelerazione al suolo attesa con probabilità 2% in 50 anni;
- $PGA_{10\%}$ = accelerazione al suolo attesa con probabilità 10% in 50 anni;
- $PGA_{50\%}$ = accelerazione al suolo attesa con probabilità 50% in 50 anni.

VII.2.5. Inquadramento del sistema costruttivo. Per quanto riguarda i sistemi costruttivi, ove l' edificio non risulti conforme al quadro generale previsto dalla OPCM (par. 4.1 “*sistemi costruttivi*” e par. 4.2 “*distanza ed altezze*”), il procedimento di verifica prescelto, salvo vigenza di normativa dedicata alla tipologia costruttiva in oggetto,

dovrà essere individuato in analogia ai criteri e per estensione logica dei metodi indicati nella OPCM, il tutto dovendo trovare motivata giustificazione nella relazione preliminare, fatto salvo e in conformità di quanto prescritto nel Cap. 11 (*edifici esistenti*). L'edificio dovrà inoltre essere preventivamente analizzato e classificato in relazione alla sua caratteristica di regolarità/non regolarità, in conformità del punto 4.3 (*caratteristiche generali degli edifici*) della OPCM, tenendo conto anche degli elementi secondari (punto 4.3.2 "*elementi strutturali secondari*") e di quanto prescritto in proposito al punto 11.2.2.2 (*valutazione della sicurezza – verifica con l'impiego del fattore di struttura q*).

VII.2.6. Aggregati edilizi. Nel caso l'immobile oggetto della verifica faccia parte di un aggregato edilizio, il professionista dovrà identificare in via preliminare la Unità Strutturale (US) oggetto di studio, fornendo giustificazione a mezzo di relazione adeguatamente argomentata e tecnicamente documentata.

VII.2.7. Valutazione di massima della propensione al danno sismico della costruzione. La costruzione dovrà essere qualificata mediante analitica identificazione dei fattori di vulnerabilità e dei possibili meccanismi di collasso, in base ai criteri e metodi illustrati al Cap. IV delle presenti Linee Guida.

VII.2.8. Previsione motivata del livello di conoscenza conseguibile e formulazione di un programma di indagini in sito finalizzato al raggiungimento del livello LC prescelto, in conformità del punto 11.2.3.3 (*dati necessari per la valutazione – livelli di conoscenza*) della OPCM, tenendo presente il successivo punto VII.3.1 delle presenti LG.

VII.2.9. Limite di resistenza e limite di duttilità. Vanno in ogni caso calcolati e/o valutati i coefficienti α_u e α_1 , come definiti al punto 5.3.1 (*tipologie strutturali*), integrato col punto 11.2.2.2 (*valutazione della sicurezza – verifica con l'impiego del fattore di struttura q*) della OPCM.

VII.3. Operazioni per la verifica e la conseguente valutazione di sicurezza dell'edificio

La valutazione della sicurezza degli edifici esistenti va eseguita secondo i dettami del Cap. 11 (*edifici esistenti*) della OPCM, con particolare riferimento al punto 11.2 (*valutazione della sicurezza di edifici in cemento armato e in acciaio*) per edifici in c.a., e relativi richiami.

In particolare, trattandosi di edifici in c.a., gli Stati Limiti di riferimento (SL) sono quelli enunciati al punto 11.2.1 (*requisiti di sicurezza*) che si correla con i par. 2.1 (*sicurezza nei confronti della stabilità – SLU*) e 2.2 (*sicurezza nei confronti del danno*).

A tal proposito ove l'amministrazione regionale si avvalga della facoltà di cui al comma 4 del paragrafo 11.1 della OPCM già menzionata nel par. II.1 delle presenti L.G. non è consentito avvalersi dell'alternativa tra la verifica nei confronti dello stato limite DS e la verifica allo stato limite di collasso CO, di cui all'ultimo comma del punto 11.2.1.

Su tali operazioni andrà redatta e presentata una dettagliata relazione comprendente tra l'altro i seguenti punti:

VII.3.1. Indagini e Livello di Conoscenza. A prescindere dal livello di conoscenza (LC) che ci si prefigge di conseguire, le indagini, già programmate nel corso delle operazioni preliminari ed eventualmente integrate in corso d'opera, dovranno comprendere:

- La redazione di un rilievo geometrico, comprensivo dell'eventuale quadro fessurativo, articolato in piante e sezioni, e completo di tutte le quantità metriche necessarie e del rilievo di dettaglio di tutti gli elementi strutturali significativi. . Il tutto includendo tutti gli elementi di cui al punto 11.3.1 (*identificazione della geometria, dei dettagli costruttivi e dei materiali*) e al punto 11.2.3.2 (*dati necessari per la valutazione – dati richiesti*) per costruzioni costituite con struttura in cemento armato;
- Esame particolareggiato dei dettagli costruttivi di cui al punto 11.3.1 (*identificazione della geometria, dei dettagli costruttivi e dei materiali*) e al punto 11.2.3.2 (*dati necessari per la valutazione – dati richiesti*) per costruzioni costituite con struttura in cemento armato, corredato delle verifiche in-sito prescritte in relazione al LC prescelto come obiettivo, in conformità del punto 11.2.3.3 (*dati necessari per la valutazione – livelli di conoscenza*) della OPCM;
- Previsione della qualità del calcestruzzo e delle sue proprietà meccaniche, in particolare della resistenza alla compressione e al taglio, corredata delle verifiche in-sito prescritte in relazione al LC prescelto come obiettivo;
- Previsione della qualità dell'acciaio e delle sue proprietà meccaniche, in particolare della resistenza alla trazione e della sua duttilità, corredata delle verifiche in-sito prescritte in relazione al LC prescelto come obiettivo.

A operazioni di rilievo concluse, e ad indagini in-sito effettuate, in base a quanto specificato al punto 11.2.3 (*dati necessari per la valutazione v. Tabella 11.1*) si potrà definire il LC conseguito, e assumere il relativo fattore di confidenza FC da introdurre nei calcoli

VII.3.2. Valutazione della sicurezza. Tale valutazione va effettuata in accordo con i principi e metodi enunciati al punto 11.2.5 (*valutazione della sicurezza*) della OPCM. La valutazione effettuata al punto VII.2.4 delle presenti L.G. dovrà essere integrata dal fattore di struttura “q” definito al punto 3.2.5 (*spettri di progetto per lo stato limite ultimo*), in base al dettato del punto 11.2.2.2 (*valutazione della sicurezza – verifica con il fattore di struttura q*).

La verifica comprenderà le seguenti operazioni:

VII.3.2.a). In linea preventiva, il Professionista effettuerà la verifica della costruzione sotto carico ordinario, in assenza di azione sismica e secondo i dettami delle vigenti "NORME TECNICHE SULLE COSTRUZIONI" di cui al D.M. del 14/9/2005 e con particolare riferimento al D.M.LL.PP. del 16/1/1996 (Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni in c.a. e sue modifiche e integrazioni..

VII.3.2.b). Combinazioni di carico. Le azioni sismiche secondo le diverse direzioni saranno combinate secondo i dettami del punto 4.6 (*combinazione delle componenti della azione sismica*). Le azioni sismiche saranno combinate con le altre azioni secondo i dettami del punto 3.3 (*combinazione dell'azione sismica con le altre azioni*).

VII.3.2.c). Modellazione della struttura. Il modello meccanico adottato per le analisi dovrà essere quanto più possibile espressivo del comportamento ingegneristicamente prevedibile del sistema strutturale, in conformità del par. 4.4 (*modellazione della struttura*). L' eventuale interazione della U.S. con corpi di fabbrica adiacenti, ove esistenti, dovrà essere adeguatamente modellata e tenuta in conto nella verifica. Nel caso di edifici a tipologia mista tale eventualità va tenuta in debito conto nella formulazione del modello. Il tutto dovrà essere chiaramente illustrato e adeguatamente giustificato nella relazione di verifica.

VII.3.2.d). Metodo di analisi. Di norma la verifica sarà eseguita sulla base della analisi statica non lineare, nei confronti di tutti gli Stati Limite enunciati al punto 11.2.1 (*requisiti di sicurezza*) che rimanda ai par. 2.1 (*sicurezza nei confronti della stabilità - SLU*) e 2.2 (*protezione nei confronti del danno - SLD*), condotta in conformità delle specifiche prescritte al punto 4.5.4 (*analisi statica non lineare*). Si fa presente che in base al punto 4.11.1.1 (*stato limite ultimo – resistenza*) della OPCM i valori delle sollecitazioni di progetto devono essere calcolati comprendendo gli effetti del secondo ordine. Saranno calcolati tra l' altro i parametri PGA_{CO} , PGA_{DS} e PGA_{DL} e i

coefficienti α_e e α_u così come definiti al punto b) dello Allegato 2 alla OPCM 3362 del 8 Luglio 2004.

VII.3.2.e).Ruolo degli orizzontamenti. Dovrà essere verificata, almeno sotto il profilo della resistenza, la idoneità degli orizzontamenti ad esercitare una funzione di efficace collegamento in modo da assicurare la interazione trasversale delle varie membrature nei confronti della azione sismica.

VII.3.2.f).Meccanismi locali di collasso. Il Professionista verificherà possibili situazioni di rischio singolari e/o localizzate; in particolare verificherà la stabilità di tamponature, tramezzi e parti dell' edificio non strutturali in condizioni ordinarie e/o sotto sisma.

VII.3.2.g).Valutazione degli spostamenti. Gli spostamenti dovranno essere calcolati in base al par. 4.8 (*valutazione degli spostamenti*), ed essere da parte del professionista oggetto di una esplicita valutazione in relazione alla loro influenza sulla tenuta statica della costruzione sotto sisma e a seguito di sisma.

VII.3.2.h).Verifiche di sicurezza. Le verifiche di sicurezza dovranno essere condotte in conformità del punto 4.11 (*stato limite ultimo*) coordinato col punto 11.2.6 (*verifiche di sicurezza*) e col punto 11.3.2 (*modelli di capacità per la valutazione*) della OPCM, secondo le specifiche del par. 5.4 (*dimensionamento e verifica degli elementi strutturali*). Il tutto fatte salve le eccezioni, modifiche e deroghe esplicitamente previste nel Cap. 11 (*edifici esistenti*) nel caso di edifici preesistenti. La verifica dovrà dimostrare di essere in accordo con gli ultimi tre punti del punto 11.2.8 (*progetto dell'intervento*) e dovrà tenere conto dei punti 11.3.2.1 (*modelli di capacità per la valutazione – travi, pilastri e pareti: flessione con e senza sforzo normale*), 11.3.2.2 (*modelli di capacità per la valutazione – travi e pilastri: taglio*) e 11.3.2.3 (*modelli di capacità per la valutazione – nodi trave pilastro*) della OPCM 3431, e in generale attenersi alle specifiche dei par. 5.3 (*tipologie strutturali e fattori di struttura*) e 5.4 (*dimensionamento e verifica degli elementi strutturali*) della OPCM.

VII.3.3. Parti non strutturali. Gli elementi non strutturali, compresi gli impianti, dovranno essere oggetto di attenta e autonoma verifica, secondo i dettami dei punti 4.9 (*considerazione di elementi non strutturali*) e 4.10 (*impianti*), in modo da assicurare almeno la incolumità delle persone.

VII.3.4. Fondazioni. La verifica va integrata con la valutazione della idoneità e sufficienza delle fondazioni e del relativo terreno di posa. Per le valutazioni che coinvolgono i terreni di fondazione si raccomanda la puntuale applicazione del punto 2.4

(*prescrizioni relative ai terreni di fondazione*) della OPCM e sue consequenziali, sia in relazione alla verifica della portanza del piano fondale in condizioni ordinarie, sia in relazione al punto 3.1 (*categorie di suolo di fondazione*) della OPCM e rimandi connessi. seguendo le specifiche del par. 5.4.7 (*elementi di fondazione in cemento armato*), in quanto applicabili. Il tutto in conformità delle vigenti "NORME TECNICHE SULLE COSTRUZIONI" di cui al D.M. del 14/9/2005 e con particolare riferimento al D.M.LL.PP. 11 marzo 1988 (Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione) e sue modifiche e integrazioni. Tutte le valutazioni di cui al presente punto dovranno essere riportate in una apposita relazione di natura geologico-tecnica.

VII.4. Operazioni conclusive di sintesi

In aggiunta alle ordinarie relazioni tecniche dettagliate, di calcolo, di verifica e di progetto, inclusi tutti i grafici e tabulati necessari e/o prescritti, dovrà essere presentato un quadro riassuntivo dei principali risultati delle verifiche effettuate.

Detto quadro dovrà comprendere in forma sintetica:

VII.4.1. Le condizioni di carico considerate, descritte sommariamente (i dettagli saranno riportati nella relazione di verifica) e illustrate mediante schemi grafici semplici, chiari ed adeguati.

VII.4.2. Lo schema statico adottato illustrato mediante adeguati grafici.

VII.4.3. Il procedimento di calcolo adoperato con i principali risultati ottenuti (ad esempio le sollecitazioni e le deformazioni più gravose nelle sezioni più significative).

VII.4.4. Il metodo di verifica adottato, con la dimostrazione del raggiungimento delle prestazioni prescritte relativamente alle sezioni più significative.

VII.4.5. I principali parametri espressivi della capacità portante laterale, tra cui PGA_{CO} , PGA_{DS} e PGA_{DL} e i coefficienti α_e e α_u così come definiti al punto b) dello Allegato 2 alla OPCM 3362 del 8 Luglio 2004

Capitolo VIII: *PROGETTO DELL'INTERVENTO SU EDIFICI IN C.A.*

VIII.1. Premessa

Il progetto dell' intervento da eseguire deve tendere alla messa in sicurezza dell' edificio ai sensi della OPCM 3431.

Si osserva che la OPCM 3431 stabilisce che le verifiche degli edifici vanno eseguite non solo con riferimento alle azioni sismiche, ma anche in assenza di sisma τ . Pertanto obiettivo primario del progetto sarà la garanzia della sicurezza statica dell' edificio sotto i carichi di ordinario esercizio. Le fondazioni e i relativi interventi dovranno essere oggetto di specifica valutazione con riferimento al punto 5.4.7 (*elementi di fondazione in cemento armato*), tenuto presente il D.M.LL.PP. 11 marzo 1988.

Il progetto dell' intervento dovrà essere concepito in modo tale da conformarsi quanto più possibile alle tipologie riconosciute valide per gli edifici in cemento armato di nuova costruzione (Par. 4.1 “*sistemi costruttivi*”, 4.2 “*distanze ed altezze*” , 4.3 “*caratteristiche generali degli edifici*” e 5.3 “*tipologie strutturali e fattori di struttura*” della OPCM). Il Professionista dovrà produrre, nella fase preliminare esplicita relazione nella quale dovranno essere indicati i punti della OPCM con riferimento ai quali il progetto dell' edificio, ad adeguamento completato, si differenzierà dalle prescrizioni di progetto relative allo stesso edificio considerato di nuova costruzione.

I criteri generali di progetto dovranno essere esplicitamente indicati nella relazione e gli interventi si dovranno fondare sui risultati forniti dai modelli numerici, messi a punto per la verifica sia globale che dei meccanismi di danno locale. L' intervento dovrà comunque essere progettato e verificato nel rispetto della normativa vigente per il sistema costruttivo di base e di quello misto, mentre le addizioni, protesi e rinforzi dovranno essere progettati e verificati in relazione alla normativa che governa il rispettivo sistema strutturale.

VIII.2. Operazioni Preliminari di verifica

VIII.3.1. Il Professionista procede alla acquisizione di tutti i dati e alla redazione di tutti gli elaborati previsti dalle presenti L.G., in particolare al par. VII.2, con riferimento allo edificio nello stato in cui si trova, e secondo le modalità ivi specificate.

- In questa fase, il Professionista individua e valuta, fra l'altro tutte le caratteristiche della costruzione di cui al cap. IV delle presenti L.G., nonché quelle di cui ai punti 11.2.3.2 (dati necessari per la valutazione – dati richiesti) e 11.3.1 (identificazione della geometria, dei dettagli costruttivi e dei materiali).

VIII.3.2. Sulla base dei dati acquisiti, e delle eventuali indagini aggiuntive eseguite, il Professionista effettua la Verifica Sismica della costruzione nello stato in cui si trova, secondo le modalità indicate ai par. VII.3 e VII.4, e redigendo tutti gli elaborati ivi previsti.

VIII.3.3. Il Professionista sulla base delle risultanze della Verifica Sismica di cui al punto precedente, redige una Relazione Tecnica dettagliata, nella quale espone le sue conclusioni sulla necessità di conferire maggiore resistenza sismica alla costruzione. Il Professionista formulerà il suo giudizio sulla base di tutti gli elementi che riterrà opportuno, tra i quali dovrà considerare esplicitamente i seguenti:

- Comparazione tra la effettiva resistenza sismica della costruzione, come emersa dalla Verifica Sismica effettuata, e la resistenza sismica prescritta dalla OPCM 3431;
- Sussistenza di situazioni di rischio singolari e/o localizzate su elementi strutturali secondari (punto 4.3.2 “*elementi strutturali secondari*”); tamponature, tramezzi, parapetti e parti dell' edificio non strutturali sospette sul piano della loro stabilità, in condizioni ordinarie e/o sotto sisma (par. 4.9 “*considerazione di elementi non strutturali*” e 4.10 “*impianti*”);
- Affidabilità del modello di interazione del comportamento strutturale della US considerata in caso di inclusione in un aggregato edilizio e valutazione della congruenza di comportamento tra la US e l' aggregato edilizio nel suo insieme.

VIII.3. Operazioni Preliminari di Progetto

VIII.3.1. Il Professionista provvede alla redazione di un Progetto Definitivo (in base alla denominazione del DPR 554/1999 – L.109/1994, corredato di tutti gli elaborati grafici ivi prescritti dal Regolamento di Attuazione D.P.R 554/1999) di adeguamento sulla base di un modello globale di analisi strutturale di massima dell' edificio, da eseguirsi con metodi e procedure di calcolo che in questa fase, acquisendo il mero carattere di “dimensionamenti di progetto” e non di “calcoli di verifica”, potranno essere liberamente scelti dal Professionista.

VIII.3.2. Il Progetto Definitivo dovrà identificare il tipo di intervento in conformità del punto 11.2.7.2 (*criteri per la scelta dell'intervento – tipo di intervento*) della OPCM 3431 conformandosi per quanto possibile ai criteri di progetto per le nuove costruzioni dettati nel cap. 5 (*edifici con struttura in cemento armato*) della OPCM. L'incremento della prestazione dell' organismo strutturale sarà conseguito dosando

opportunamente il miglioramento di resistenza e duttilità delle varie membrature. Ciascuna tipologia di intervento, in combinazione con ogni tipologia strutturale sulla quale essa viene applicata dovrà essere chiaramente illustrata sul piano grafico e altrettanto chiaramente motivata dal punto di vista della sua efficacia individuale e della sua funzionalità nell'insieme del complesso strutturale.

Il Progetto dovrà inoltre includere gli interventi su elementi non strutturali ed impianti in conformità del punto 11.2.7.3 (*criteri per la scelta dell'intervento – elementi non strutturali ed impianti*) della OPCM 3431.

VIII.3.3. Sulla base dei dati acquisiti e degli elaborati redatti di cui ai punti precedenti, il Professionista redige la Relazione Tecnica del Progetto Definitivo, che dovrà includere i primi 3 punti del punto 11.2.8 (*criteri per la scelta dell'intervento – progetto dell'intervento*) della OPCM 3431. La Relazione Tecnica dovrà essere corredata del computo metrico preventivo per la realizzazione dell'intervento, e del computo metrico dettagliato relativo alla esecuzione delle indagini.

VIII.3.4. La costruzione, considerato il Progetto Definitivo di adeguamento sismico redatto, dovrà essere sottoposta a nuova Verifica Sismica a intervento effettuato, da svolgere in conformità delle norme della OPCM e in accordo con le prescrizioni del Cap. V delle presenti L.G. La verifica dovrà dimostrare di essere in accordo con gli ultimi tre punti del punto 11.2.8 (*criteri per la scelta dell'intervento – progetto dell'intervento*) e dovrà tenere conto dei punti 11.3.2.1 (*modelli di capacità per la valutazione – travi, pilastri e pareti: flessione con e senza sforzo normale*), 11.3.2.2 (*modelli di capacità per la valutazione – travi e pilastri: taglio*) e 11.3.2.3 (*modelli di capacità per la valutazione – nodi trave pilastro*) della OPCM 3431, e in generale attenersi alle specifiche dei par. 5.3 (*tipologie strutturali e fattore di struttura*) e 5.4 (*dimensionamento e verifica degli elementi strutturali*) della OPCM. I modelli di capacità adottati per gli elementi rinforzati dovranno essere giustificati dal progettista e più in generale conformarsi alle prescrizioni del punto 11.3.3 (*modelli di capacità per il rinforzo*). La Verifica Sismica dovrà essere corredata di tutti gli elaborati previsti ai par. VII.3 e VII.4 delle presenti L.G., secondo le modalità ivi indicate.

VIII.3.5. Se necessario per la limitata disponibilità finanziaria, il Professionista procede poi alla suddivisione del progetto in stralci, individuando un primo stralcio compatibile con il finanziamento attribuito dalla Amministrazione alla costruzione, che sarà oggetto del Progetto Esecutivo finale. Nella identificazione del primo stralcio,

tenuto debito conto di eventuali situazioni che rivestono carattere di urgenza e/o di particolare vulnerabilità, incluse le possibili situazioni di rischio localizzato, il Professionista dovrà per quanto possibile e/o motivatamente opportuno distribuire l'intervento sullo insieme dell' edificio, in relazione al progetto globale di adeguamento, piuttosto che concentrarlo su singole parti di esso, in modo da conseguire a parità di spesa il massimo beneficio possibile.

VIII.3.6. Al termine il Professionista trasmette alla Amministrazione i seguenti elaborati:

- La Relazione di Verifica dell' edificio nello stato in cui si trova, che dovrà riportare nelle conclusioni il giudizio motivato del Professionista sulla necessità dell' intervento;
- Il Progetto Definitivo di adeguamento della costruzione con allegata Relazione Tecnica;
- Il Computo Metrico preventivo dell' intervento;
- La Relazione di Verifica della costruzione a progetto di adeguamento realizzato, comprensiva di tutti gli elaborati di cui ai par. VII.3 e VII.4;
- Il Piano di Esecuzione del Progetto in stralci, se necessario;
- La rappresentazione del I° stralcio che, nella fase successiva dovrà essere oggetto del Progetto Esecutivo.

Il tutto redatto in conformità delle specifiche del DPR 554/1999.

VIII.4. Operazioni Finali di Progetto

VIII.4.1. Sulla base di tutte le risultanze acquisite a seguito delle attività di cui ai par. precedenti, ivi compresi i dati relativi alle indagini di approfondimento finale, il Professionista procede alla redazione del Progetto Esecutivo, nel rispetto delle specifiche del DPR 554/1999;

VIII.4.2. Il Progetto dovrà dettagliare anche gli interventi su elementi secondari in conformità del punto 4.3.2 (*elementi strutturali secondari*) e su elementi non strutturali ed impianti in conformità dei par. 4.9 (*considerazione di elementi non strutturali*) e 4.10 (*impianti*) e del punto 11.2.7.3 (*criteri per la scelta dell'intervento – elementi non strutturali ed impianti*) della OPCM.

VIII.4.3. Il Progetto Esecutivo sarà corredato di computo metrico dettagliato, comprensivo delle spese tecniche. All' atto della presentazione della parcella, il Professionista

dovrà esibire tutta la documentazione contabile in originale o in copia autentica-comprovante le spese relative alle indagini eseguite.

VIII.4.4. La costruzione, considerato il Progetto Esecutivo redatto, tenuto conto degli interventi progettati dovrà essere sottoposta a nuova Verifica Sismica, che dovrà essere svolta in conformità delle norme della OPCM e in accordo con le prescrizioni del Cap. VII delle presenti L.G. La verifica dovrà dimostrare di essere in accordo con gli ultimi tre punti del par. 11.2.8 (*criteri per la scelta dell'intervento – progetto dell'intervento*) e dovrà tenere conto dei punti 11.3.2.1 (*modelli di capacità per la valutazione – travi, pilastri e pareti: flessione con e senza sforzo normale*), 11.3.2.2 (*modelli di capacità per la valutazione – travi e pilastri: taglio*) e 11.3.2.3 (*modelli di capacità per la valutazione – nodi trave pilastro*) della OPCM 3431. I modelli di capacità adottati per gli elementi rinforzati dovranno essere giustificati dal progettista e più in generale conformarsi alle prescrizioni del par. 11.3.3 (*modelli di capacità per il rinforzo*). La Verifica Sismica dovrà essere corredata di tutti gli elaborati previsti ai par. VII.3 e VII.4 delle presenti L.G., secondo le modalità ivi prescritte.

VIII.4.5. Nella Verifica Sismica di cui al punto precedente dovranno essere evidenziati i valori di accelerazione del suolo corrispondenti al raggiungimento, nella situazione successiva all' intervento, di ciascuno stato limite previsto. Tali valori dovranno risultare significativamente più elevati di quelli derivanti dalla verifica della costruzione nello stato di fatto, tenuto conto del livello di resistenza antisismica corrispondente all' obiettivo dell' adeguamento.