

Regione Toscana
Giunta Regionale

**PROGETTO TERREMOTO
in Garfagnana e Lunigiana**

**Interventi sperimentali di prevenzione
per la riduzione del rischio sismico**

Legge Regionale n° 56 del 30 Luglio 1997

D.2.4 ISTRUZIONI TECNICHE
PER LA REDAZIONE DEGLI ELABORATI DI
INDAGINE, DOCUMENTAZIONE E PROGETTO
DEGLI INTERVENTI DI RIPARAZIONE E DI
MIGLIORAMENTO ANTISISMICO

DIPARTIMENTO POLITICHE
TERRITORIALI E AMBIENTALI

LUGLIO 2003

Legge Regionale n° 56 del 30 luglio 1997 - Interventi sperimentali di prevenzione per la riduzione del rischio sismico

PROGRAMMA PLURIENNALE - Art. 5 dell'AdPN con il Dipartimento della Protezione Civile
- Delibera di Giunta Regionale Toscana n° 1070 del 21.09.98

PIANO OPERATIVO - Art. 6 della Legge Regionale n° 56 del 30.07.97
- Delibera di Giunta Regionale Toscana n° 1310 del 02.11.98

D.2.4 ISTRUZIONI TECNICHE

**per la redazione degli elaborati di indagine, documentazione e progetto,
degli interventi di miglioramento antisismico.**

A cura di: M. Ferrini⁽¹⁾

con il contributo di: S. De Pascalis⁽¹⁾, G. De Pasquale⁽²⁾, A. Melozzi⁽¹⁾, A. Scelfo⁽²⁾, L. Tovazzi⁽²⁾,
F. Papini⁽²⁾

progetto grafico e impaginazione: S. De Pascalis⁽¹⁾, A. Melozzi⁽¹⁾,

(1) REGIONE TOSCANA – Servizio Sismico Regionale

(2) REGIONE TOSCANA – Borse di Studio presso il S.S.R.

L. 730/86

Prima edizione: Febbraio '90

Aggiornamenti: Aprile '94 e Marzo '95

L. 74/96 (*ex D.L. 560/95*)

Prima edizione: Marzo '96

I Aggiornamento: Marzo '96

II Aggiornamento: Aprile '96

L.R. 56/97

Prima edizione: Dicembre '98

Seconda edizione: Marzo 2001

Terza edizione: Luglio 2003

LR56-97/D24_luglio 2003.doc

Stampa Litografia della Giunta Regionale
Via di Novoli, 73/a - 50127 Firenze
Luglio 2003

INDICE

1. PARTE GENERALE	9
1.1 OGGETTO DELLE ISTRUZIONI.....	9
1.2 SCELTA DEI PROVVEDIMENTI TECNICI DI INTERVENTO	9
1.2.1 L'unitarietà dell'intervento.....	10
1.2.2 Le finalità, i limiti ed i parametri.....	11
1.2.3 La metodologia.....	12
1.2.3.1 Estensione dell'intervento.....	13
1.2.3.2 Valutazione delle caratteristiche degli elementi strutturali nella situazione attuale.....	14
1.3 CONTENUTI E REQUISITI DEL PROGETTO ESECUTIVO.....	15
1.3.1 La documentazione.....	15
1.4 QUADERNO DEI LAVORI	17
2. PROGETTO EDILIZIO UNITARIO (P.E.U.).....	19
2.1 DEFINIZIONE	19
2.2 CONTENUTI ED ELABORATI DEL PROGETTO EDILIZIO UNITARIO	21
2.3 RELAZIONE TECNICA GENERALE	21
2.4 ELABORATI DELLO STATO DI FATTO.....	21
2.4.1 Estratto di mappa catastale	22
2.4.2 Estratto dallo strumento urbanistico	22
2.4.3 Documentazione fotografica.....	22
2.4.4 Planimetria dello stato di fatto.....	22
2.4.5 Sezione dello stato di fatto.....	23
2.4.6 Prospetto dello stato di fatto	23
2.5 ELABORATI DELLO STATO DI PROGETTO.....	23
2.5.1 Interventi sull'Aggregato Strutturale (Interventi limitati su edifici adiacenti).....	23
3. INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO DEGLI EDIFICI.....	25
3.1 DEFINIZIONE	25
3.2 CONTENUTI ED ELABORATI DEL PROGETTO DI MIGLIORAMENTO	26
3.2.1 Normativa predisposta dalla Regione Toscana	27
3.2.2 Elaborati del progetto di miglioramento.....	32
3.3 RELAZIONE TECNICA GENERALE	33
3.3.1 Descrizione della tipologia strutturale dell'edificio e storico-costruttiva	33
3.3.2 Descrizione dello stato di fatto statico-strutturale.....	34
3.3.3 Diagnosi della vulnerabilità sismica.....	34
3.3.4 Descrizione tecnica dell'intervento progettuale	35
3.4 ELABORATI DELLO STATO DI FATTO.....	36
3.4.1 Documentazione fotografica.....	36
3.4.2.1 Elaborati grafici di rilievo	36
3.4.2.2 Elaborati grafici di edifici progettati tenendo conto delle azioni sismiche.....	38
3.4.3.1 Relazione di calcolo (eventuale)	39
3.4.3.2 Relazione di calcolo (per edifici in cemento armato)	39
3.4.3.3 Relazione di calcolo di edifici progettati tenendo conto delle azioni sismiche	40
3.4.4 Fondazioni (eventuale)	41

3.4.5 Criteri per lo svolgimento di indagini finalizzate alla valutazione della resistenza del cls gettato in opera in edifici in cemento armato	42
3.4.5.1 Generalità sui meccanismi di collasso delle strutture in c.a.....	42
3.4.5.2 Criteri generali per l'individuazione degli elementi strutturali significativi da indagare..	43
3.4.5.3 Indagini conoscitive sul cemento armato.....	45
3.4.5.4 Limiti delle prove e dell'interpretazione delle indagini sul cls.....	46
3.4.5.5 Allegati - Programma tipo " <i>Istruzioni tecniche per la programmazione delle indagini sul calcestruzzo gettato in opera e per l'elaborazione dei dati di prova</i> "	49
3.5 ELABORATI DELLO STATO DI PROGETTO.....	50
3.5.1 Documentazione fotografica.....	51
3.5.2 Elaborati grafici di progetto.....	51
3.5.3.1 Relazione di calcolo (eventuale)	53
3.5.3.2 Relazione di calcolo (per edifici in cemento armato)	53
3.5.4 Fondazioni (eventuali).....	54
3.6 ELABORATI ECONOMICI	55
ALLEGATI.....	55

ALLEGATI:

Allegato 1	- Legenda per la redazione degli elaborati grafici dell'edificio dello stato di fatto e di progetto	55
Allegato 2	- Quaderno dei lavori	75
Allegato 3	- Direttive del Ministero per i Beni Culturali e Ambientali "Raccomandazioni: interventi sul patrimonio monumentale a tipologia specialistica in zone sismiche"	83
Allegato 4	- Direttive del Ministero per i Beni Culturali e Ambientali per la "Redazione ed esecuzione di progetti di restauro comprendenti interventi di miglioramento antisismico e manutenzione, nei complessi architettonici di valore storico-artistico in zona sismica"	93
Allegato 5	- Scheda di vulnerabilità sismica GNDT/CNR di 1° e 2° livello I manuali relativi per la compilazione della scheda di 1° livello e di 2° livello costituiscono volumi a parte non allegati alla presente	109
Allegato 6	- Istruzioni tecniche per la programmazione delle indagini sul calcestruzzo gettato in opera e l'elaborazione dei dati di prova	115

ISTRUZIONI TECNICHE

**PER LA REDAZIONE DEGLI ELABORATI
DI INDAGINE, DOCUMENTAZIONE E PROGETTO
DEGLI INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO SISMICO
DEGLI EDIFICI ESISTENTI**

LEGGE REGIONALE n° 56 del 30 luglio 1997

1 PARTE GENERALE

1.1 Oggetto delle istruzioni

Le presenti indicazioni tecniche sono da intendersi finalizzate agli interventi preventivi di miglioramento sismico ai sensi della Legge Regionale n° 56 del 30 luglio 1997; per quanto disposto nel Piano Operativo, art. 6.

L'iniziativa di riduzione del rischio sismico prende l'avvio a seguito della firma dell'Atto di Programmazione Negoziata (A.d.P.N.) tra la Regione Toscana e il Dipartimento della Protezione Civile che per la prima volta in Italia prevede uno stanziamento di risorse pubbliche finalizzato ad interventi preventivi di miglioramento sismico su edifici privati.

Si fa riferimento alle normative vigenti nei territori classificati in zona sismica ai sensi della legge 2 febbraio 1974 n° 64 e successivi Decreti Ministeriali attuativi.

1.2 Scelta dei provvedimenti tecnici di intervento

La progettazione e l'esecuzione degli interventi deve essere effettuata con criterio di unitarietà.

Gli interventi di miglioramento si definiscono secondo i disposti del punto C.9.1.2 del D.M. 16.01.96 con i limiti indicati e nel Piano Operativo (art 6 della L.R. n° 56 del 30 luglio 1997) predisposti dalla Regione Toscana, in seguito indicati 'normative R.T.', ed approvati dal Dipartimento della Protezione Civile, dal Gruppo Nazionale Difesa Terremoti/CNR e dal Servizio Sismico Nazionale.

Per quanto riguarda i provvedimenti tecnici in fondazione, si fa riferimento a quanto disposto al punto C.9.3.3 del D.M. 16.01.96.

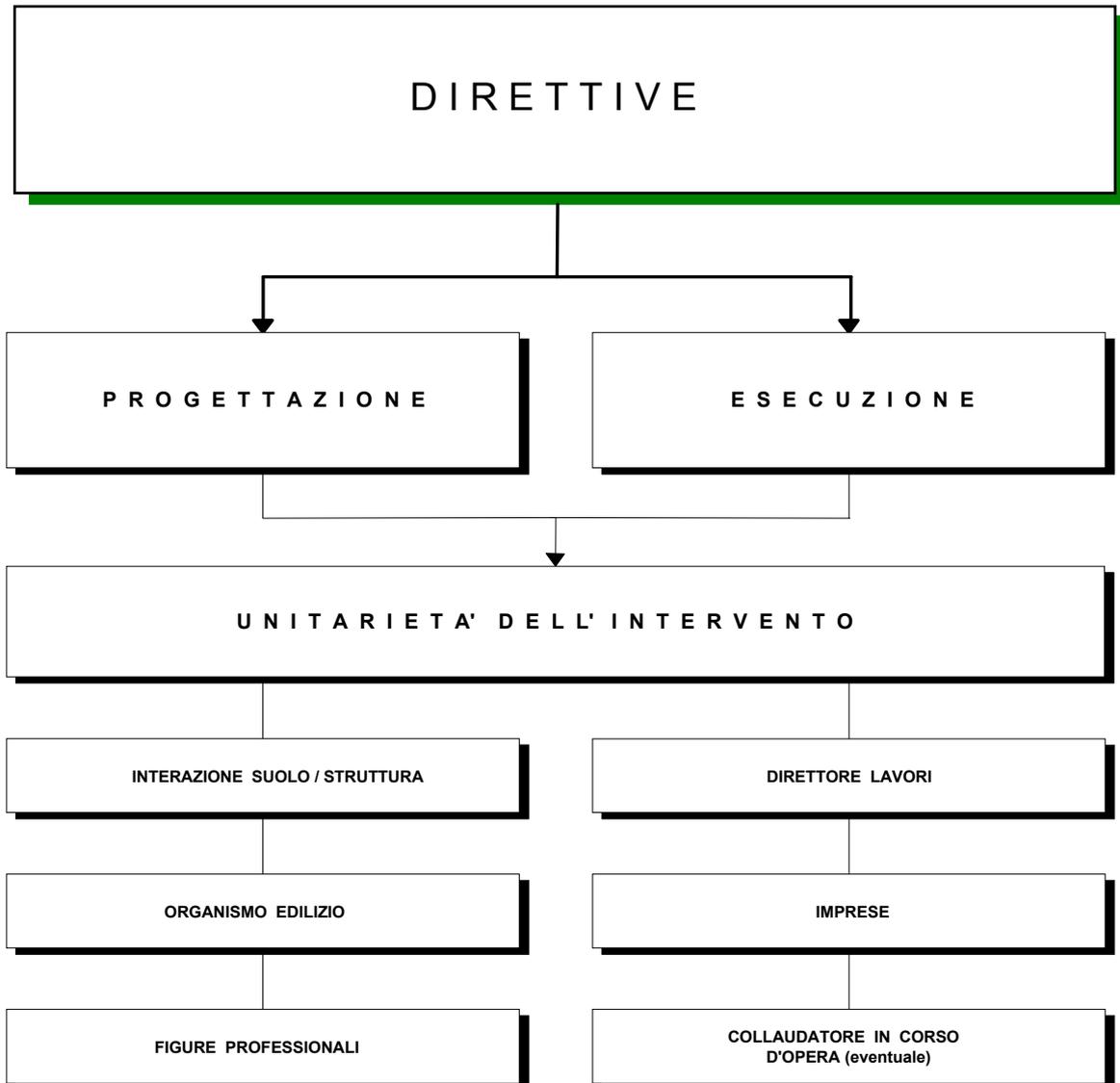
I provvedimenti tecnici vanno scelti nel rispetto delle particolari esigenze architettoniche, ambientali ed estetiche richiamate ai punti C.9.8.2, C.9.8.3 e C.9.8.4 del D.M. 16.01.96.

Tali esigenze sono determinate da disposizioni nazionali e regionali e da vincoli di conservazione o di restauro dell'edificio stabiliti dagli strumenti urbanistici generali o attuativi. Si richiama in particolare all'osservanza delle "Raccomandazioni: interventi sul patrimonio monumentale a tipologia specialistica in zone sismiche" (1987), integrate con le "Direttive per la redazione ed esecuzione dei progetti di restauro comprendenti interventi di miglioramento antisismico e manutenzione, nei complessi architettonici di valori storico-artistico in zone sismiche" del 14.07.92. Tali normative sono state emanate dal Ministero per i Beni Culturali ed Ambientali e predisposte dal Comitato Nazionale per la prevenzione del patrimonio culturale dal rischio sismico.

Il progetto deve essere redatto, ove richiesto, in conformità delle norme esistenti (e tale da consentire l'agibilità e l'abitabilità dell'edificio), ivi comprese le leggi ed i disposti normativi in materia di Abbattimento delle Barriere Architettoniche, e in materia di Impianti Elettrici e Meccanici.

1.2.1 L'unitarietà dell'intervento

Le presenti direttive intendono raggiungere l'**unitarietà dell'intervento**, sia nella fase di progettazione che di esecuzione dell'intervento edilizio, secondo il seguente schema a blocchi:



1.2.2 Le finalità, i limiti ed i parametri

La Legge si pone la finalità di co-finanziare gli interventi di prevenzione al fine di ridurre i danni attesi sull'edificio che possono essere causati da un probabile evento sismico.

I limiti all'intervento sono posti, oltre che dalle caratteristiche tipologiche dell'edificio, in particolare modo se questo ha valore architettonico e/o monumentale, dalle risorse economiche necessarie ad assicurare un maggior grado di sicurezza alle azioni sismiche secondo la definizione di miglioramento adottato della Regione Toscana.

Il progetto esecutivo deve prevedere la ottimizzazione delle scelte progettuali rispetto ai costi di intervento; in tale ottica si inquadra l'esclusione delle varianti in corso d'opera e dell'istituto della variazione dei prezzi che nel caso si rendano necessari restano al carico del proprietario.

I parametri utili per il raggiungimento delle finalità e degli obiettivi sono schematicamente riportati nella tabella seguente:

FINALITÀ

LA PREVENZIONE SISMICA NEGLI EDIFICI

LIMITI

LE RISORSE ECONOMICHE

LA DEFINIZIONE DI MIGLIORAMENTO

LE CARATTERISTICHE TIPOLOGICHE DELL'EDIFICIO

PARAMETRI

LE INDAGINI CONOSCITIVE

I METODI DI CALCOLO E VERIFICA

LE TECNICHE DI INTERVENTO

L'USO DEI MATERIALI

LA DURATA E LA REVERSIBILITÀ DELL'INTERVENTO

LA SEMPLICITÀ DELLE FASI ESECUTIVE

I COSTI DELLE SINGOLE OPERE

I TEMPI DI ESECUZIONE

LA CHIAREZZA E LA ORGANICITÀ DEL PROGETTO PER LE FASI DI APPALTO E CONTROLLO DEI LAVORI

1.2.3 La metodologia

La soluzione progettuale è la sintesi di un processo di formazione che ha come operazioni preliminari quelle rivolte alla acquisizione della conoscenza dell'edificio e dell'area in cui insiste, nella situazione attuale.

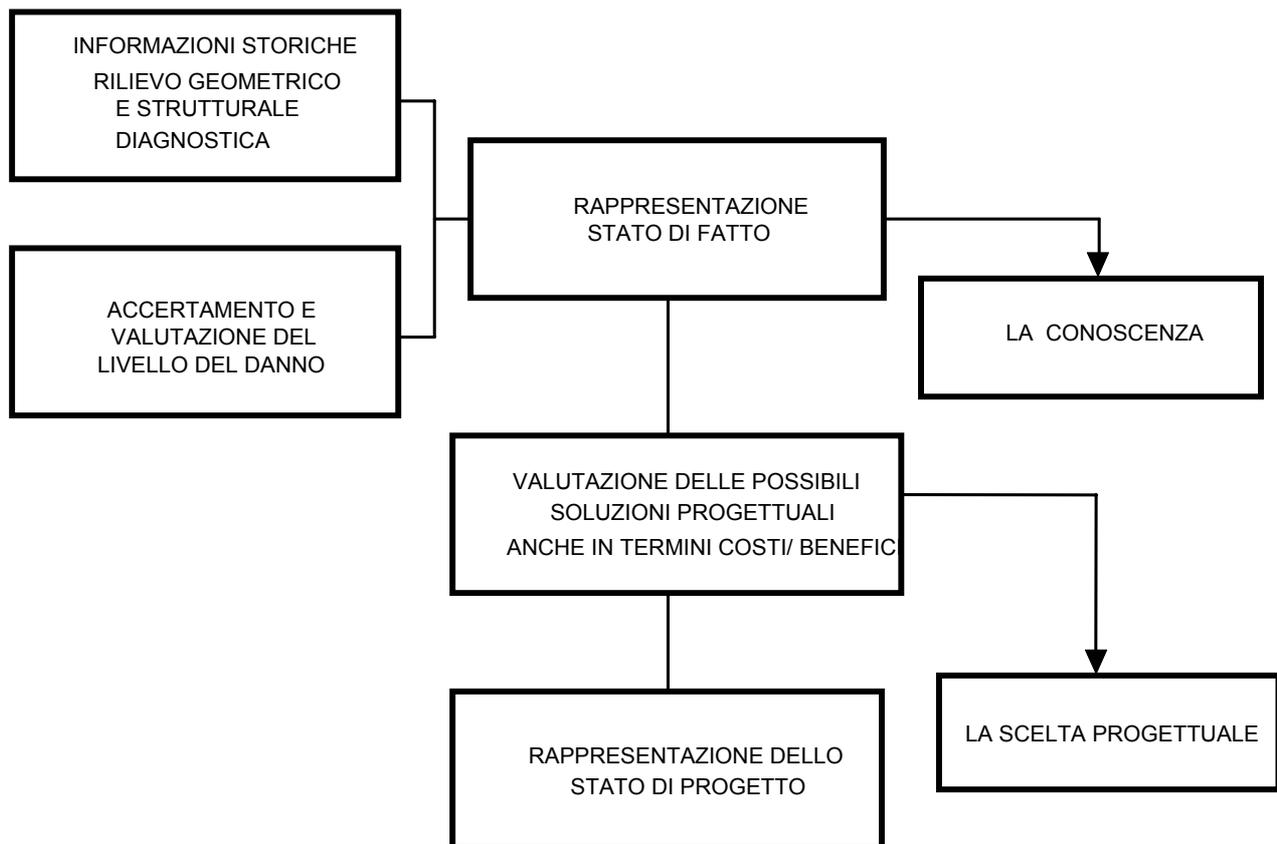
La conoscenza dello stato di fatto assume importanza decisiva ai fini delle valutazioni sul da farsi che debbono avvalersi di svariati apporti disciplinari, con un livello di specializzazione che dipende dalla importanza del problema o delle singole situazioni.

Le ipotesi di intervento si costituiscono sulla base di una valutazione a carattere pluridisciplinare nel corso della quale si definiscono i criteri e si individuano gli elementi per la formulazione delle soluzioni progettuali.

Per ogni situazione di degrado o patologia strutturale, le possibili soluzioni sono generalmente più di una, con caratteristiche diverse in termini di efficacia, invasività, reversibilità, durevolezza, modalità e tempi di esecuzione, costo. La scelta della soluzione deve necessariamente avvenire caso per caso, dopo attento esame dei caratteri suddetti, delle condizioni operative, delle conseguenze.

L'analisi costo-benefici, deve valutare le variazioni possibili nel rapporto tra i benefici, misurati in termini di incremento della sicurezza ed i relativi costi.

L'iter progettuale è riassunto nel diagramma a blocchi della seguente figura:



1.2.3.1 Estensione dell'intervento

Gli interventi relativi all'adozione di misure antisismiche con particolare riguardo all'esecuzione di opere per la messa in sicurezza statica devono essere realizzati, sulla base di progetti unitari, sulle parti strutturali degli edifici o complessi di edifici collegati strutturalmente e comprendere interi edifici e non singole unità immobiliari.

Poiché le considerazioni o gli interventi strutturali sulle costruzioni hanno poco significato se non riferite all'intero organismo strutturale (Unità Minima d'Intervento) si sottolinea la necessità di riferire la progettazione dell'intervento all'insieme dell'edificio.

Pertanto è necessario:

- a) riferire la progettazione ad "un'Unità Minima d'Intervento" (UMI) rappresentata dall'edificio se isolato e nel caso di più edifici contigui (aggregato strutturale) la progettazione può essere limitata alla struttura da terra a tetto generalmente con il numero civico della strada e servito da unico vano scala;
- b) affidare la progettazione ad un unico professionista; nel caso di più "unità minime d'intervento" i diversi progettisti devono elaborare un Progetto Edilizio Unitario (PEU) soprattutto per le parti comuni degli edifici;
- c) prevedere la possibilità di estensione degli interventi alle Unità Immobiliari degli edifici adiacenti a quello interessato dal co-finanziamento previsto dalla L.R. 56/97. Gli interventi in questi casi devono essere funzionali al miglioramento sismico dell'edificio ammesso a contributo e posti integralmente a carico del suo proprietario ma non devono interessare negativamente tali edifici.

È necessario, o quanto meno opportuno, che ulteriori interventi strutturali di miglioramento sismico di livello superiore a quelli ammessi a contributo o altri che il proprietario intende eseguire per introdurre elementi di miglioramento distributivo, funzionale ed igienico sanitario siano compresi in un unico progetto, se del caso esteso al PEU, al fine di verificarne la compatibilità complessiva sotto il profilo strutturale.

Ciò è necessario affinché non siano introdotti con gli interventi aggiuntivi, elementi che compromettano la maggior sicurezza acquisita con gli interventi ammessi a contributo. Ad esempio si possono citare interventi di sostituzione di elementi strutturali con altri di maggior rigidità, di realizzazione di aperture nei maschi murari o tracce nella muratura per nascondere canalizzazioni relative agli impianti. Questi ed altri interventi possono essere tali da alterare negativamente il comportamento globale dell'edificio.

Nel caso di edifici inseriti all'interno di complessi edilizi, la progettazione deve basarsi sulla conoscenza delle caratteristiche strutturali degli elementi resistenti verticali e orizzontali oltre che dell'intero edificio anche del primo vano dell'edificio adiacente, al fine di:

- avere un quadro conoscitivo sufficiente alla valutazione corretta dell'intervento;
- verificare la rispondenza del punto C.9.10 del D.M. 16/01/96;
- rispettare le normative R.T.

1.2.3.2 Valutazione delle caratteristiche degli elementi strutturali nella situazione attuale

La progettazione deve essere basata su un completo rilievo dello stato di fatto e tenere conto della storia dell'edificio, delle tecniche costruttive, dei materiali esistenti e di quelli che si intendono impiegare.

A) Analisi globale

Ciascun intervento su edifici esistenti comporta preliminarmente un esame globale del fabbricato, se isolato o dell'Aggregato, inteso a individuare e definire la struttura che è in grado di resistere alle sollecitazioni sismiche.

Tale analisi mira:

- a) ad individuare tutti gli elementi che costituiscono la costruzione, definendone sia le caratteristiche geometriche che meccaniche, con particolare riguardo alle qualità dei materiali e al loro eventuale degrado, sia per la parte in elevazione che per la fondazione ed il terreno da essa interessato;
- b) a valutare l'entità dei carichi presenti sugli elementi stessi;
- c) ad individuare gli elementi non strutturali rispetto a quelli strutturali;
- d) a definire il grado di ammorsamento tra le pareti verticali e tra gli ammorsamenti e la parete stessa;
- e) a rilevare il quadro fessurativo presente nell'edificio.

Attraverso l'analisi globale il progettista acquisisce perciò tutti gli elementi indispensabili per poter trarre i criteri che ne guideranno le scelte progettuali e che costituiscono la base della successiva analisi preliminare; detti elementi possono così essere riassunti:

- a) caratteristiche dei materiali e dei componenti strutturali nella situazione attuale sotto il profilo architettonico, strutturale e della destinazione d'uso;
- b) evoluzione temporale delle predette caratteristiche, con particolare riferimento all'impianto edilizio originario e alle principali modificazioni intervenute;
- c) analisi di dettaglio delle caratteristiche dei singoli componenti strutturali (caratteristiche geometriche, tipologie costruttive, qualità e stato di conservazione degli elementi strutturali e dei materiali);

B) Verifica sismica

L'obiettivo della verifica sismica consiste nel comprovare l'effettivo miglioramento conseguito e nel valutare il grado di protezione raggiunto.

1.3 Contenuti e requisiti del Progetto Esecutivo

Il Progetto Esecutivo definisce l'opera in ogni sua parte, morfologica, distributiva, strutturale ed eventualmente impiantistica e contiene una definizione analitica di ogni elemento significativo previsto in progetto, con i relativi costi, tecniche e tempi di esecuzione, anche ai fini di una corretta contrattualistica.

IL PROGETTO ESECUTIVO SI ARTICOLA IN:

●	Progetto edilizio unitario per l'aggregato strutturale (eventuale)
●	Progetto unitario di miglioramento per l'edificio

IL PROGETTO ESECUTIVO È COMPOSTO DA:

A	Progetto architettonico dell'edificio - <i>ai fini del rispetto della normativa edilizia ed urbanistica</i>
B	Progetto strutturale dell'edificio - <i>ai fini del rispetto della normativa sismica</i>
C	Computo metrico estimativo e quadro economico riassuntivo

IL PROGETTO ESECUTIVO PREVEDE:

1	Elaborati dello stato di fatto
2	Elaborati dello stato di progetto

1.3.1 La documentazione

Gli elaborati tecnici relativi a stato di fatto e stato di progetto dell'intervento di miglioramento sismico sull'edificio ed eventualmente estesi al Progetto Edilizio Unitario (P.E.U.), sono così articolati:

A) **progetto architettonico**, ai fini dell'osservanza della normativa edilizia ed urbanistica redatto secondo la normale prassi di compilazione e nel rispetto delle normative vigenti richieste dal Comune, formato da:

- 1) relazione tecnica illustrativa;
- 2) documentazione fotografica;
- 3) elaborati di rilievo dello stato di fatto: planimetrie, sezioni e prospetti;
- 4) stato sovrapposto ed eventuale stato modificato solo se sono previsti considerevoli interventi connessi anche ad una diversa distribuzione funzionale degli ambienti;
- 5) particolari costruttivi.

B) **progetto strutturale** ai fini dell'osservanza della normativa sismica, redatto secondo la normale prassi di compilazione, nel rispetto delle normative vigenti richieste dalla L.R. 88/82, nonché secondo le procedure previste nei paragrafi seguenti, composto da:

- 1) relazione tecnica illustrativa;
- 2) documentazione fotografica dei dissesti, dei saggi e delle indagini diagnostiche;
- 3) elaborati di rilievo dello stato di fatto: planimetrie, sezioni e prospetti;
- 4) elaborati grafici dello stato di progetto: planimetrie, sezioni e prospetti;

Nel caso siano previsti considerevoli interventi connessi anche ad una diversa distribuzione funzionale degli ambienti devono essere predisposti gli elaborati sovrapposti.

- 5) particolari costruttivi nello stato di fatto e nello stato di progetto.

Gli elaborati grafici devono essere compilati utilizzando la legenda dei simboli di riferimento di materiali, collegamenti, dissesti, etc. riportata in allegato.

La documentazione dello stato di fatto e di progetto deve essere predisposta al fine di:

- determinare la conoscenza della tipologia e delle condizioni degli elementi strutturali ed in particolare delle caratteristiche dei collegamenti,
- individuare la soluzione progettuale più efficace,
- fornire utili indicazioni in fase di esecuzione degli interventi.

C) **computo metrico estimativo e quadro economico**, redatti secondo la normale prassi di compilazione, provvedendo a distinguere le “opere A, B, C e D”, finanziabili, dalle “opere EA, EB, EC, ED” eccedenti i limiti di finanziamento e dalle “opere E” non finanziabili ai sensi della L.R. 56/97. Dovranno essere indicate le incidenze economiche L/mq e L/mc alle sole opere finanziabili dalla citata L.R. anche in riferimento alle soglie massime di costo dell'intervento di miglioramento previste nelle direttive regionali D.1.4.

Costituirà riferimento per la redazione dei suddetti elaborati le direttive regionali D.3.4: “Elenco descrittivo di opere per la predisposizione dell'elenco prezzi ed istruzioni per la redazione dei computi metrici estimativi”.

Gli elaborati A B e C di cui al punto 1.3 devono:

- essere firmati dal proprietario (o dagli aventi diritto);
- essere firmati dal progettista e dai suoi consulenti, nei limiti delle rispettive competenze. In particolare la firma del progettista, ben leggibile, sarà apposta in prima ed ultima pagina e copertina o singolo disegno di ciascun elaborato tecnico, accompagnata dal timbro professionale, anch'esso ben leggibile, posto a fianco della firma;
- essere accuratamente rilegati in modo da rendere ben conservabile la documentazione ed essere al contempo insostituibili in ciascuna loro singola parte;
- essere riassunti in apposito elenco di accompagnamento, debitamente firmato;
- avere il frontespizio con riportati i dati di identificazione dell'edificio e del proprietario, il numero attribuito dal Comune alla domanda di contributo, il numero progressivo dell'elaborato ed i riferimenti normativi della L.R. 56/97;
- avere la legenda esplicativa delle simbologie utilizzate (conformi a quelle riportate in allegato).

Il progettista, sentito il Comune ed il Genio Civile, in relazione ai contenuti ed al numero di copie degli elaborati necessari, deve, ai fini della presente iniziativa regionale, presentare la documentazione sopra descritta tenendo conto della entità e del livello dell'intervento e se questo è classificato “minimo” o “eccezionale” di cui al punto 3.2.1:

- nel caso di edifici interessati da **“interventi eccezionali”** la documentazione dovrà corrispondere integralmente a quanto precedentemente esposto e meglio esplicitato al capitolo 3;
- nel caso di edifici interessati esclusivamente da **“interventi minimi”** la documentazione potrà essere convenientemente semplificata.

Possono essere prodotti in elaborati grafici unici i contenuti e gli elementi di conoscenza richiesti per gli elaborati grafici architettonici e strutturali (planimetrie, prospetti e sezioni), qualora questo non comporti pregiudizio alla chiarezza ed alla leggibilità dell'intervento.

Devono comunque essere prodotti i particolari costruttivi dello stato di fatto e dello stato di progetto.

1.4 Quaderno dei lavori

Il Quaderno dei Lavori (vedi allegato n° 2) è finalizzato al perseguimento dell'unitarietà dell'intervento da parte dei soggetti attuatori che nella fase esecutiva si identificano nell'impresa, nel direttore dei lavori e, infine, nel collaudatore.

Il Direttore dei Lavori è tenuto alla compilazione del quaderno dei lavori, fornendo brevi descrizioni delle modalità di esecuzione dei più importanti interventi previsti nel progetto, in relazione alla cura dei particolari esecutivi che negli interventi in questione sono spesso finalizzati al recupero del comportamento scatolare dell'edificio nei confronti delle azioni sismiche.

Il quaderno dei lavori costituirà utile documentazione, insieme agli eventuali verbali di accettazione dei materiali impiegati e dei certificati di laboratorio delle prove eseguite sui materiali da costruzione, per la redazione della relazione finale dei lavori a cura del Direttore dei Lavori, e laddove necessario per la redazione del certificato di Collaudo da parte del collaudatore.

Il quaderno dei lavori, predisposto dalla Regione Toscana e riportato in allegato n° 2, deve permettere l'analisi e l'osservazione delle varie fasi dell'esecuzione degli interventi previsti nel progetto in modo semplice e chiaro, si compone di:

1. elenco delle schede;
2. rappresentazioni schematiche (piante, sezioni, prospetti) con indicazione dei punti di ripresa delle fotografie;
3. schede di intervento;
4. schede fotografiche.

Elemento centrale del quaderno dei lavori è la scheda (punto 3); ogni scheda si deve riferire ad un singolo intervento o un particolare esecutivo, e nello specifico contiene:

- a) il numero di intervento ed una descrizione sintetica dello stesso, numerazione progressiva con la quale vengono ordinate le schede;
- b) la descrizione dettagliata delle fasi e delle modalità esecutive dell'intervento o del particolare esecutivo in riferimento a quanto descritto nel progetto;
- c) l'indicazione delle fotografie (riporto dei numeri preventivamente attribuiti ad ogni foto) che documentano l'evoluzione del lavoro, con le quali sarà possibile rendere evidenti le fasi, la complessità di queste e lo sviluppo materiale dell'intervento o del particolare esecutivo;
- d) l'eventuale indicazione descrittiva delle modifiche agli interventi previsti in sede progettuale ed i nuovi elaborati. In questo caso l'intervento o il particolare esecutivo deve essere presentato ad integrazione o variante del progetto approvato con planimetrie e sezioni rappresentative e secondo la vigente normativa sismica;
- e) altre annotazioni eventuali che il D.L. ritenga opportuno evidenziare.

Ogni scheda si completa con le fotografie cui al punto c opportunamente montate sulle schede fotografiche in formato A4 (punto 4). Le fotografie, a colori ed in formato minimo 10x15 cm, saranno numerate progressivamente in modo da permetterne l'identificazione.

Completano il quaderno dei lavori

- l'elenco delle schede (punto 1) che contiene il riepilogo delle schede presentate per ciascun tipo di intervento, con la descrizione sintetica dell'intervento, l'indicazione del numero progressivo e della pagina assegnati, costituisce un indice per semplificare le operazioni di lettura in fase di verifica
- le rappresentazioni schematiche, cui al punto 2, che in scala opportuna conterranno le planimetrie, le sezioni e i prospetti utili alla localizzazione degli interventi e l'indicazione dei punti di ripresa delle fotografie. In particolare nelle planimetrie si indicherà l'orientamento e la posizione dei piani di sezione. In questi elaborati, che costituiscono una chiave di lettura del quadro fessurativo e degli interventi previsti, si riporta per ogni fotografia il numero indicativo con i relativi punti di ripresa, gli angoli di inquadratura e/o l'indicazione dell'area interessata dalla fotografia stessa.

Al fine di agevolare la lettura del quaderno dei lavori tutte le pagine che lo costituiscono sono numerate progressivamente e contengono i dati generali identificativi dell'intero intervento e precisamente:

- Comune nel quale è ubicato l'immobile oggetto di intervento,
- numero di domanda di contributo (attribuito dal Comune).

2 PROGETTO EDILIZIO UNITARIO (P.E.U.)

Qualora gli interventi riguardino più edifici (U.M.I.) inseriti in complessi edilizi è necessaria una valutazione complessiva al fine di definire gli interventi nella logica dell'unitarietà dell'intervento.

2.1 Definizione

Il Progetto Edilizio Unitario si riferisce ad un complesso edilizio (fig. 1, 2 e 3) individuato dalla continuità fisica o interazione dinamica tra più edifici (U.M.I.) ivi compreso la unità minima oggetto di intervento; tale unità è identificata come Aggregato Strutturale nelle fasi operative di censimenti di vulnerabilità.

Per la definizione di Edificio e Aggregato Strutturale si utilizzano le definizioni contenute nel manuale "Istruzioni per la compilazione della scheda di rilievo di esposizione e vulnerabilità degli edifici" - G.N.D.T./R.T.

L'Edificio è definito come un'unità strutturale omogenea da cielo a terra e, in genere, distinguibile dagli altri edifici se facenti parte di un unico Aggregato Strutturale, per almeno una delle seguenti caratteristiche che è tale da individuare un comportamento dinamico distinto:

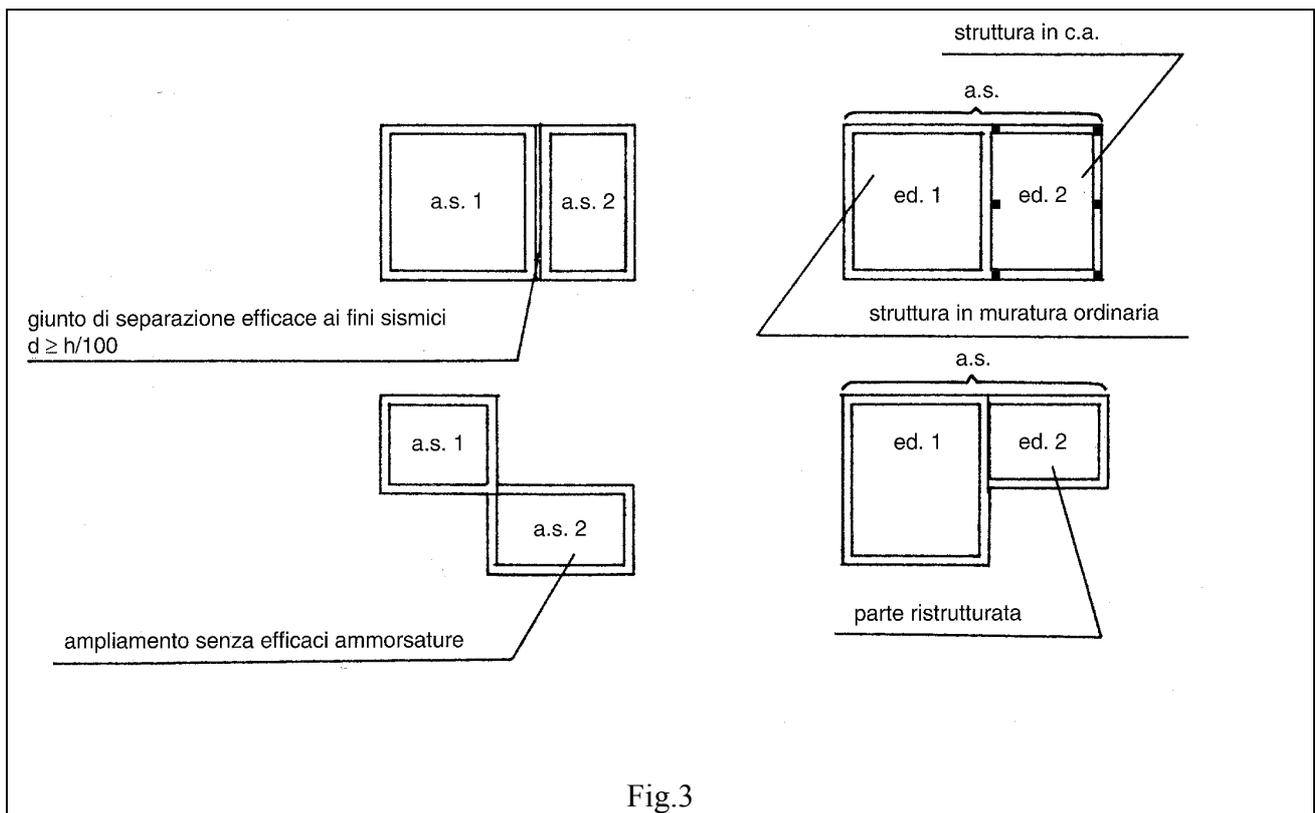
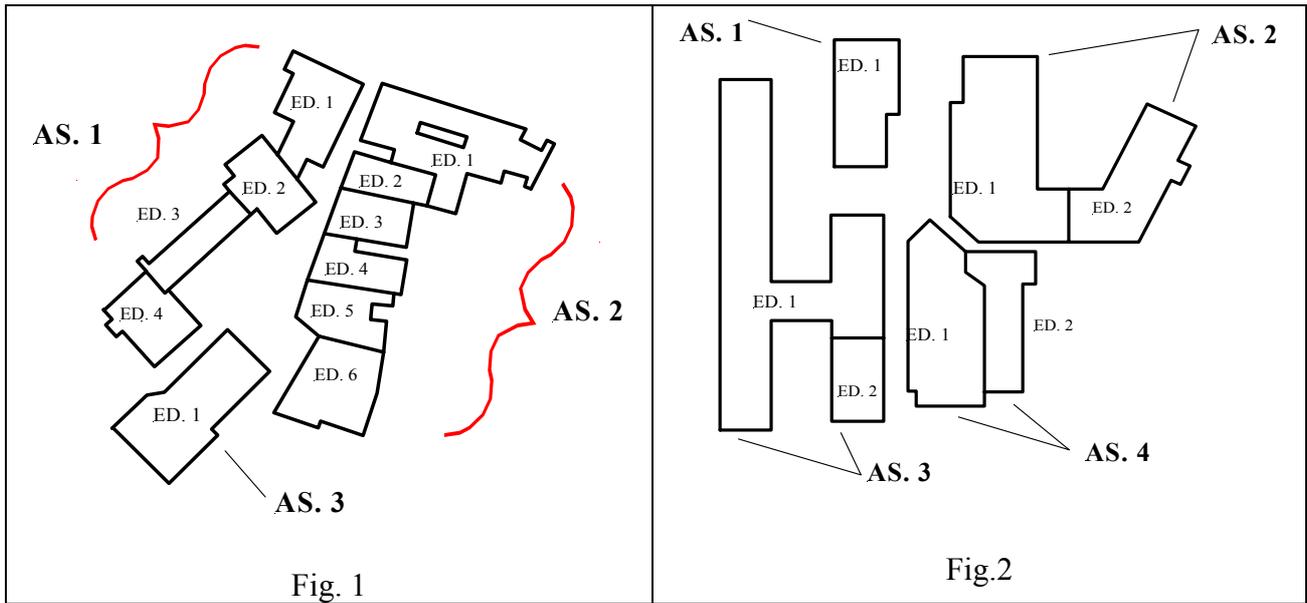
- tipologia costruttiva;
- differenza di altezza;
- mancanza di ammorsamento tra le diverse strutture verticali;
- irregolarità planimetrica con parti non collegate efficacemente;
- età di costruzione;
- sfalsamento dei piani;
- interventi di ristrutturazione.

L'Aggregato Strutturale è costituito da un insieme di elementi strutturali non omogenei e che possono interagire sotto un'azione sismica.

Un Aggregato Strutturale può essere costituito da un edificio isolato o più edifici accorpati e, per accorpamento, si deve intendere un contatto, o un collegamento, più o meno efficace tra edifici con caratteristiche costruttive diverse.

La presenza di un giunto di separazione, ove ritenuto efficace ai fini sismici può, dar luogo alla individuazione di due Aggregati Strutturali distinti.

Nella presente iniziativa, laddove non sia possibile seguire la definizione di edificio sopra riportata, si ricorda che l'edificio corrisponde alla Unità Minima di Intervento (U.M.I.) ed è *"convenzionalmente individuato dalla struttura da terra a tetto generalmente individuato con il numero civico della strada e servito da unico vano scala"*.



Qualora, in relazione alla complessità architettonica, alla entità plano-volumetrica dell'Aggregato Strutturale, si proceda alla suddivisione del Progetto Edilizio Unitario in più sotto-progetti affidati a differenti progettisti, è opportuno sia individuato dai proprietari un progettista con la funzione di coordinatore. Per i singoli progetti sono valide le indicazioni al paragrafo 1.2.3.1 relativamente alla estensione delle valutazioni.

2.2 Contenuti ed Elaborati del Progetto Edilizio Unitario

La documentazione del Progetto Edilizio Unitario è finalizzata ad una chiara e completa rappresentazione dell'Aggregato Strutturale, sia nello stato di fatto che per quanto riguarda le soluzioni progettuali adottate, in riferimento a:

- a) eventuali contatti, intendendo questi ultimi come continuità fisiche di effetto non trascurabile nell'interazione dinamica o di interazioni strutturali tra diversi edifici;
- b) presenza di giunti non conformi alla normativa vigente per le nuove costruzioni.

Nel progetto edilizio unitario saranno illustrati sinteticamente anche tutti gli eventuali interventi di recupero funzionale e distributivo non strettamente connessi con il miglioramento strutturale.

Il progetto edilizio unitario comprenderà i seguenti elaborati:

- relazione tecnica generale;
 - elaborati dello stato di fatto;
 - elaborati dello stato di progetto.
-

Gli elaborati del PEU saranno di norma eseguiti in accordo con le indicazioni cui al capitolo 3 "Interventi di miglioramento degli edifici" intendendo che l'oggetto della progettazione non coincide con l'edificio ma si estende all'intero aggregato strutturale; qui di seguito vengono fornite solo le indicazioni specifiche che sono da intendersi integrative a quelle del citato cap. 3.

Tutti gli elaborati terranno conto degli elementi necessari ad identificare, in tutti i suoi aspetti, l'Aggregato Strutturale.

2.3 Relazione tecnica generale

La relazione dello stato di fatto descriverà le condizioni generali dell'Aggregato Strutturale, con particolare riferimento al contesto urbanistico e alla interpretazione della sua strutturazione nel corso del tempo.

In riferimento alle soluzioni progettuali la relazione descriverà:

- a) l'esame e le soluzioni adottate al riguardo dei giunti e contatti tra fabbricati diversi anche in riferimento ai diversi regimi di proprietà;
- b) gli interventi previsti per ciascun edificio in relazione alle tipologie strutturali ed architettoniche.

2.4 Elaborati dello stato di fatto

Il rilievo dello stato di fatto comprenderà:

- estratto di mappa catastale
- estratto dello strumento urbanistico
- documentazione fotografica
- planimetria dello stato di fatto
- sezione dello stato di fatto
- prospetto dello stato di fatto

2.4.1 Estratto di mappa catastale

Sarà esteso ad un intorno tale da consentire l'identificazione della tipologia insediativa. La rappresentazione dell'intorno edificato dell'Aggregato Strutturale dovrà estendersi agli edifici interessati dall'intervento, a quelli adiacenti ancorché non danneggiati, ove si rendono possibili "Interventi limitati" ed a quelli prospicienti.

Nell'elaborato grafico l'Aggregato Strutturale dovrà essere completo del numero di foglio, delle particelle catastali e dei subalterni eventuali.

2.4.2 Estratto dallo strumento urbanistico

Estratto delle tavole, con relativa legenda e della normativa di Piano Regolatore Generale o Programma di Fabbricazione o Piano Attuativo, interessante un area come descritta al punto precedente con particolare riferimento alle norme di tutela e salvaguardia degli aspetti architettonici, ambientali.

2.4.3 Documentazione fotografica

Le fotografie devono essere a colori, di formato non inferiore a cm 10x15, numerate progressivamente e con indicazione dei punti di ripresa o delle viste inquadrare negli elaborati grafici di cui ai punti successivi (punto 2.4.4, 2.4.5, 2.4.6).

La documentazione fotografica sarà riferita all'Aggregato Strutturale nel contesto circostante, e terrà conto in particolare degli elementi qualificanti l'aggregazione strutturale ed in particolare di giunti o contatti.

2.4.4 Planimetria dello stato di fatto

Il rilievo dovrà essere criticamente finalizzato alla rappresentazione strutturale esistente e all'assunzione delle determinazioni progettuali.

L'elaborato grafico possibilmente in scala 1:100 ed in alternativa in scala 1:200 con indicazione della:

- suddivisione dell'Aggregato Strutturale in Edifici e tipo dei differenti contatti tra questi, con riferimento alla legenda riportata in allegato 1;
- tipologia costruttiva di ciascun edificio e la proprietà dello stesso;
- le principali quote altimetriche del terreno e la localizzazione delle indagini (sondaggi, scavi, ecc.);
- la descrizione dei danni in riferimento alla legenda riportata in allegato 1 (eventuale).

In presenza di grave danneggiamento a gran parte della U.I. o degli Edifici costituenti l'Aggregato Strutturale, è necessario predisporre tutte le planimetrie di piano.

In presenza invece di grave danneggiamento di una o due U.I. o Edifici costituenti l'Aggregato Strutturale, è possibile limitare a questo ambito la predisposizione delle varie planimetrie di piano.

2.4.5 Sezione dello stato di fatto

Il rilievo dovrà essere criticamente finalizzato alla rappresentazione strutturale esistente ed all'assunzione delle determinazioni progettuali.

Sono necessarie almeno due sezioni longitudinali di tutto l'Aggregato Strutturale.

L'elaborato grafico possibilmente in scala 1:100 ed in alternativa in scala 1:200 con indicazione della:

- suddivisione dell'Aggregato Strutturale in Edifici e tipo dei differenti contatti tra questi, con riferimento alla legenda riportata in allegato 1;
- tipologia costruttiva di ciascun edificio e la proprietà dello stesso;
- le principali quote altimetriche del terreno e la localizzazione delle indagini (sondaggi, scavi, ecc.);
- la descrizione dei danni in riferimento alla legenda riportata in allegato 1 (eventuale).

2.4.6 Prospetto dello stato di fatto

Il rilievo dovrà essere criticamente finalizzato alla rappresentazione strutturale esistente ed all'assunzione delle determinazioni progettuali.

In linea di massima sono necessari i prospetti ove sono evidenziati i danni.

L'elaborato grafico possibilmente in scala 1:100 ed in alternativa in scala 1:200 con indicazione della:

- suddivisione dell'Aggregato Strutturale in Edifici e tipo dei differenti contatti tra questi, con riferimento alla legenda riportata in allegato 1;
- tipologia costruttiva di ciascun edificio e la proprietà dello stesso;
- le principali quote altimetriche del terreno e la localizzazione delle indagini (sondaggi, scavi, ecc.);
- la descrizione dei danni in riferimento alla legenda riportata in allegato 1.

2.5 Elaborati dello stato di progetto

Gli elaborati di progetto sono in genere riferiti a quelli relativi allo stato di fatto.

2.5.1 Interventi sull'Aggregato Strutturale (Interventi limitati su edifici adiacenti)

Saranno dettagliatamente illustrate e motivate le scelte progettuali intraprese nel contesto delle finalità perseguite, sulla base dei risultati ottenuti dall'analisi dello stato di fatto, nell'ottica dell'ottimizzazione delle risorse economiche.

a) elaborati grafici

L'elaborato grafico sarà in scala 1:200 e rappresenterà:

- la suddivisione in Aggregati Strutturali ed edifici;
- le soluzioni per le zone di contatto tra i diversi edifici con riferimento alla legenda riportata in allegato 1.

Nei casi di intervento di miglioramento in edifici privi di giunti con gli edifici contigui, o con giunti non conformi ai disposti del punto C.4.2 del D.M. 16.01.96, non è necessario creare o rendere conformi i giunti tecnici, fermo restando quanto prescritto ai successivi punti riguardo alla documentazione necessaria alla completa descrizione dell'intervento di progettazione unitaria.

Nei casi in cui si intenda realizzare il collegamento delle strutture, il progettista dovrà:

- garantire che gli interventi progettati non aggravino la situazione degli edifici adiacenti;
- adottare, in sede di verifica sismica, schemi di calcolo che tengano conto dell'interazione tra gli edifici, valutando, sia pure in modo approssimato, le eventuali forze che gli edifici adiacenti trasmettono a quello oggetto dell'intervento.

In assenza di modelli più raffinati è accettata una valutazione che consideri, oltre alle masse dell'edificio stesso, anche non meno del 50% delle masse degli edifici adiacenti comprese tra l'elemento strutturale di confine ed il primo elemento strutturale parallelo.

b) elaborati economici

Le opere saranno computate congiuntamente a quelle di miglioramento sismico degli edifici, attribuendole all'edificio di stretta competenza.

3 INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO DEGLI EDIFICI

3.1 Definizione

Il termine Miglioramento nelle presenti Istruzioni Tecniche ha un significato più ristretto di quello ad esso attribuito dal D.M. 16.01.96 al punto C.9.1.2, riportato per intero qui di seguito, secondo il quale in tale casistica sono compresi interventi che possono spaziare da poco più di manutenzioni fino ad un insieme di interventi molto prossimi all'Adeguamento.

C.9.1.2 Interventi di miglioramento.

Si definisce intervento di miglioramento l'esecuzione di una o più opere riguardanti i singoli elementi strutturali dell'edificio con lo scopo di conseguire un maggior grado di sicurezza senza peraltro modificarne in maniera sostanziale il comportamento globale.

È fatto obbligo di eseguire interventi di miglioramento a chiunque intenda effettuare interventi locali volti a rinnovare o sostituire elementi strutturali dell'edificio.

Tale tipologia d'intervento si applica, in particolare, al caso degli edifici di carattere monumentale, di cui all'art. 16 della L. 2.02.74 n° 64, in quanto compatibile con le esigenze di tutela e di conservazione del bene culturale.

Secondo quanto indicato nel Programma Pluriennale (art 5 dell'A.d.P.N. del 5 marzo 1997) e nel Piano Operativo (art 6 della L.R. n° 56 del 30 luglio 1997) predisposti dalla Regione Toscana, con il termine Miglioramento si indica:

“un insieme di interventi volti prevalentemente ad assicurare una buona organizzazione dell'edificio, curando particolarmente la qualità dei collegamenti tra le pareti dell'edificio e tra queste ultime e gli orizzontamenti senza comprendere, se non in casi strettamente necessari, interventi diretti sulle fondazioni, di sostituzione dei solai e dei tetti o tesi ad aumentare la resistenza a forza orizzontale dei maschi murari. Possono essere altresì consentiti, ove necessario, interventi di irrigidimento degli orizzontamenti. Nel caso di interventi su un edificio facente parte di un aggregato strutturale possono essere effettuati interventi limitati anche sugli edifici adiacenti. “

La definizione è da riferirsi alla sola accessibilità ai contributi previsti, non risultando peraltro in contrasto con la normativa sismica vigente. Si ritiene, in definitiva, che la progettazione, esecuzione e verifica degli interventi sia sufficientemente regolata dalla normativa nazionale e che qui sia opportuno specificare solo quegli elementi che concorrono a definire la correlazione tra l'accessibilità al finanziamento e le tipologie di intervento.

Si riportano altresì, in relazione ai contenuti del progetto esecutivo, le indicazioni del punto C.9.2.2 del D.M. 16.01.96, sulla base dei quali si sono sviluppate le presenti -D.2.4 - Istruzioni Tecniche.

C.9.2.2 Progetto esecutivo degli interventi di miglioramento.

Nel caso di interventi di miglioramento il progetto dovrà contenere di norma la stessa documentazione prescritta per gli interventi di adeguamento limitatamente alle opere interessate.

Nella relazione tecnica dovrà essere dimostrato che gli interventi progettati non producano sostanziali modifiche nel comportamento strutturale globale dell'edificio.

Per gli edifici di interesse storico-monumentale costituiranno riferimento le raccomandazioni emanate dal Ministero per i Beni Culturali ed Ambientali; la soluzione progettuale dovrà essere preventivamente concordata con la Sovrintendenza ai Beni Ambientali e Architettonici.

In tale contesto va posta particolare attenzione alla compatibilità fra esigenze di conservazione delle connotazioni architettonico-strutturali degli aspetti storico-artistici con l'uso dell'immobile. È opportuno non confermare funzioni particolarmente gravose ad edifici o porzioni di essi intrinsecamente inadatti a soddisfarle e in ogni caso le destinazioni proposte non dovranno comportare interventi che possano pregiudicare la salvaguardia dei valori estetico formali e le tipologie costruttive strutturali da tutelare.

3.2 Contenuti ed Elaborati del Progetto di Miglioramento

Il progetto esecutivo di un intervento di miglioramento deve consentire il riscontro delle seguenti operazioni progettuali essenziali:

- a) fornire un quadro esauriente dell'Edificio nei confronti dei disposti di legge, particolarmente approfondito nel caso di un Aggregato Strutturale o nel caso di edifici esistenti interessati da interventi recenti.
- b) individuazione, derivante da un'analisi globale e puntuale dell'edificio, dello schema strutturale resistente alle azioni definite dalla normativa vigente nella situazione attuale (Stato di fatto);
- c) valutazione delle caratteristiche degli elementi strutturali, con riguardo ai particolari costruttivi, all'eventuale degrado dei materiali e ai dissesti in atto, nel caso di danni causati da precedenti terremoti deve essere descritta la tipologia dei danni conseguenti, all'eventuale determinazione delle condizioni di sicurezza attuale dell'edificio e delle sue singole parti, tenendo conto anche della presenza di elementi non strutturali;
- d) scelta dei provvedimenti tecnici tesi ad assicurare una buona organizzazione dell'edificio siano essi di riduzione degli effetti sismici ed eventualmente di rafforzamento strutturale, operata sulla base delle analisi di cui ai precedenti punti a), b) e c) e con riferimento allo schema strutturale definitivo risultante a seguito del complesso degli interventi sull'edificio, operate nell'ottica dell'ottimizzazione delle risorse economiche.
Tali interventi tenderanno a conseguire:
 - il miglioramento dell'organizzazione del sistema resistente alle azioni sismiche;
 - un'eventuale riduzione degli effetti sismici, anche mediante l'ottimizzazione della disposizione dei carichi;
 - soltanto in casi particolari, da valutarsi di volta in volta in relazione allo stato di fatto, è possibile realizzare un eventuale aumento della resistenza strutturale, ripristinando le strutture resistenti modificate o demolite senza alterare lo schema sismoresistente del complesso.
- e) condizioni del terreno nel caso che si siano verificati cedimenti delle fondazioni in condizioni statiche e dinamiche.
- f) la dimostrazione che l'intervento non rientra fra quelli previsti ai capi a), b), c), e d) del punto C.9.1.1 del D.M. 16.01.96.
- g) eventuali calcoli di verifica del nuovo organismo strutturale, così come definito ai successivi paragrafi 3.4.3 e 3.5.3.

- h) valutazione economica dei costi di intervento, espressi in L/mq e L/mc, in riferimento ai limiti indicati nelle D.1.4 - Istruzioni Generali.

Nella redazione del progetto, nelle relazioni documentative ed in tutti gli elaborati grafici andranno sempre evidenziate sia le opere di recupero funzionale e distributivo che quelle connesse al superamento delle barriere architettoniche, non strettamente inerenti agli interventi antisismici.

Per quanto riguarda gli edifici in cemento armato, nei casi in cui essi siano stati progettati tenendo conto delle azioni sismiche, ed in particolare con la Legge 64/74 e successivamente con i Decreti e Circolari Ministeriali attuativi, dopo aver proceduto all'acquisizione del progetto, dei nomi delle figure professionali coinvolte e delle autorizzazioni di legge, si deve verificare la rispondenza tra il costruito e quanto progettato.

Per verificare tale rispondenza si eseguono le seguenti operazioni:

Elaborati grafici

- a) **verifica delle caratteristiche dimensionali dell'edificio a tutti i piani e verifica degli elementi strutturali e di quelli non strutturali;**
- b) **verifica delle destinazioni d'uso dei locali;**

Elaborati di calcolo

- c) **verifica delle caratteristiche dei materiali impiegati;**
- d) **verifica che i coefficienti di calcolo assunti nel progetto originario siano conformi all'attuale legge vigente, ponendo particolare attenzione al coefficiente di protezione sismica I;**
- e) **verifica che il modello strutturale, assunto nel progetto originario, sia congruente con quanto realizzato; in caso contrario e sulla base di un nuovo rilievo geometrico si procede ad una nuova modellazione e verifica;**
- f) **verifica che la modellazione adottata sia compatibile con lo schema strutturale e che i risultati siano affidabili. In caso contrario si procede ad utilizzare un diverso modello di calcolo con il quale si eseguiranno le verifiche;**
- g) **verifica che i dimensionamenti strutturali siano stati correttamente eseguiti. In caso contrario si produrranno le calcolazioni corrette.**

Se le verifiche di cui ai precedenti punti c), d), e), f), g), danno esito positivo ad eccezione del coefficiente di protezione sismica I, che risulti essere stato assunto non conforme ai disposti di legge attualmente vigente, dovranno essere eseguite nuove calcolazioni previa l'esecuzione di un'analisi critica della suddetta relazione di calcolo.

3.2.1 Normativa predisposta dalla Regione Toscana

Le scelte progettuali, condizionate anche dal valore dell'edificio, devono perseguire le seguenti finalità generali:

- A) **eliminazione di eventuali dissesti o di eventuali danni prodotti da eventi sismici;**
- B) **miglioramento del comportamento globale dell'edificio esistente secondo quanto indicato dalla normativa predisposta dalla R.T.;**

C) convenienza tecnica-economica.

Di seguito sono riportate alcune indicazioni per dare soluzione alle finalità sopra indicate. Si ribadisce che la scelta dell'intervento è fortemente condizionata dallo STATO DI FATTO e quindi ogni fabbricato rappresenta praticamente un caso singolo, riconducibile a schemi soltanto mediante criterio di carattere generale.

Successivamente sono indicati i criteri d'approccio al problema:

La R.T. ha definito, sulla base delle decisioni del Dip. P.C. e del GNDT/CNR, un insieme di interventi che consentono di aumentare il livello di protezione sismica delle costruzioni.

A tal fine si è fatto riferimento a quanto previsto dalla L. 74/96, a seguito dell'evento sismico della Lunigiana dell'Ottobre 1995 ed alle direttive regionali predisposte in attuazione di un documento tecnico concertato dalla Regione Toscana e predisposto dal Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti del CNR e dal Servizio Sismico Nazionale. Tale impostazione è stata successivamente riproposta per gli eventi della Puglia '95, Reggio Emilia '96, Umbria - Marche '97, Valtiberina '97.

A - Prescrizioni tecniche

Le opere ammesse a finanziamento sono esclusivamente quelle di carattere strutturale di miglioramento nonché le opere di finitura ad esse strettamente connesse. Tali interventi dovranno ricadere, nella categoria del "miglioramento sismico" così come definito ai fini dell'erogazione del contributo dalla R.T. e riferirsi al punto C.9 del D.M. 16 gennaio 1996 "Norme tecniche per la costruzione in zone sismiche" emanato ai sensi dell'art. 3 della legge 2 febbraio 1974 n° 64.

Il progettista attraverso apposita relazione tecnica e compilazione della scheda di vulnerabilità di 1° e 2° livello del GNDT/CNR, dovrà chiaramente identificare gli elementi costruttivi e le condizioni di vulnerabilità; la documentazione tecnica dovrà necessariamente essere accompagnata da idonea documentazione fotografica a colori.

B - Interventi di miglioramento strutturale sugli edifici in muratura

Gli interventi di miglioramento consistono nel recupero dei singoli elementi strutturali attraverso la loro riparazione localizzata fino alla totale sostituzione nei casi di impossibilità di recupero. Le caratteristiche chimiche, fisiche e meccaniche dei materiali dei nuovi elementi devono essere compatibili con quelli esistenti e le tecniche di intervento devono essere preferibilmente non invasive e reversibili.

La valutazione della vulnerabilità dell'edificio consente di stabilire preventivamente la necessità di alcuni interventi di miglioramento che possono essere realizzati ai sensi di quanto previsto nelle presenti normative regionali.

In tal senso la R.T. ha formulato la definizione di miglioramento contenuta al precedente punto 3.1. Ai fini del miglioramento l'esperienza dei passati terremoti ha mostrato come il buon ammorsamento e l'efficacia dei collegamenti tra elementi strutturali verticali e tra essi e quelli orizzontali sono elementi essenziali per garantire il comportamento scatolare della costruzione in muratura e per evitare meccanismi tipici di collasso delle costruzioni murarie, quali ad esempio i crolli delle pareti fuori dal proprio piano.

Gli interventi tecnici di miglioramento per gli edifici in muratura dovranno essere conformi a quanto indicato al punto C.9.8 del citato D.M. 16 gennaio 1996.

C - Interventi minimi

Ai fini dell'ammissibilità al contributo del progetto di miglioramento sismico di un edificio in muratura ai sensi delle normative RT, il progettista dovrà garantire la realizzazione dei seguenti interventi minimi:

- a) *interventi di recupero di dissesti statici e/o degrado degli elementi strutturali.
Gli interventi di recupero consistono nel ripristino di singoli elementi strutturali degradati, attraverso la loro riparazione localizzata o sostituzione nei casi di impossibilità del recupero.
Le caratteristiche chimiche, fisiche e meccaniche dei materiali dei nuovi elementi devono essere compatibili con quelli esistenti e le tecniche costruttive non devono essere per quanto possibile invasive e irreversibili.
Nel caso delle pareti si va dalla semplice risarcitura di lesioni con ripristino dei giunti di malta, alla tecnica del "cuci e scuci" che, in relazione alle dimensioni e tipologia delle lesioni, può essere realizzata su porzioni di uno stesso paramento murario o sull'intera sezione della muratura.
Nel caso di architravi di porte o finestre, la riparazione e/o sostituzione sarà in funzione della tipologia costruttiva: piattabanda o arco ribassato. La sostituzione di una architrave è consentita solo nel caso in cui il recupero sia impossibile.*
- b) *interventi finalizzati ad assicurare una buona organizzazione dell'edificio curando particolarmente la qualità dei collegamenti tra le pareti dell'edificio e tra queste ultime e gli orizzontamenti. Sono preferibili interventi non invasivi, come catene (pareti-pareti) o profili metallici (travi dei solai-pareti), evitando le cordolature in breccia;*
- c) *interventi rivolti a ridurre sensibilmente la spinta di coperture, archi e volte. Sono preferibili interventi non invasivi attraverso la disposizione di catene metalliche;*
- d) *interventi rivolti ad eliminare o ridurre gli indebolimenti locali (armadi a muro, canne fumarie, nicchie) della struttura portante originaria (maschi murari). Sono preferibili interventi che per quanto possibile non introducano eccessive variazioni di rigidità tra i nuovi materiali e quelli originali curando in particolare l'ammorsamento alle murature esistenti;*
- e) *interventi che consentono di migliorare la resistenza alle azioni sismiche degli aggetti verticali, dei cornicioni, ecc. Gli interventi devono assicurare in modo particolare la qualità dei collegamenti alle strutture esistenti.*

Si possono inoltre prevedere interventi, secondo anche quanto indicato dalla vigente normativa sismica, volti a ridurre gli effetti sismici, attraverso:

- ***la riduzione delle masse strutturali e non, con particolare riferimento ai piani più elevati ed in relazione alla pessima qualità delle murature dell'edificio (n° piani, spessore, qualità della malta, tessitura), tale da pregiudicare il buon funzionamento dei maschi murari;***
- ***la redistribuzione dei carichi portati, spostandoli ai piani bassi dell'edificio (serbatoi, archivi, ecc.).***

Il contributo viene concesso anche per le opere di rifinitura strettamente connesse agli interventi strutturali. Tali spese sono quantificate nel 10% del costo totale dell'intervento ammesso al contributo.

D - Interventi eccezionali

La normativa di riferimento, di cui al precedente punto 3.1, prevede che in casi strettamente necessari sia possibile prevedere interventi "diretti sulle fondazioni, di sostituzione dei solai e dei tetti o tesi ad aumentare la resistenza a forza orizzontale dei maschi murari. Possono essere altresì consentiti, ove necessario, interventi di irrigidimento degli orizzontamenti".

Nella realizzazione degli interventi, sono da limitarsi le soluzioni che comportino aumenti dei carichi permanenti soprattutto in presenza di carenze di resistenza nelle murature.

Gli interventi che possono essere ricompresi in questa categoria ed ammessi a contributo, e che devono essere espressamente documentati ed adeguatamente giustificati dal progettista, sono:

- a) *gli interventi sulle fondazioni, ammessi solo nei casi in cui si siano manifestati gravi dissesti attribuibili a cedimenti fondali; gli interventi devono essere limitati per entità ed estensione alla riparazione del dissesto rilevato. Nel caso in cui i dissesti siano diffusi e l'intervento proposto interessi una porzione consistente delle strutture di fondazione il progetto dovrà essere corredato da specifica relazione geotecnica;*
- b) *gli interventi tesi ad aumentare la resistenza a forza orizzontale di pannelli, fasce e/o maschi murari con funzione strutturale; questi sono ammessi a contributo limitatamente ai casi in cui si evidenzino una estensione del quadro fessurativo tale da non consentire la riparazione localizzata.*
- c) *gli interventi sui solai o coperture relativi alla sostituzione delle porzioni fortemente degradate o crollate; è ammessa la sostituzione totale nel caso in cui la porzione fortemente degradata o crollata sia prevalente nel campo di solaio o copertura strutturalmente definito.
I nuovi solai dovranno essere realizzati con struttura in legno, salvo quei casi in cui si renda necessario attenuare la differenza tra le rigidità degli altri campi di solaio esistenti.
*Tali interventi non dovranno comunque variare in modo significativo i carichi permanenti; inoltre l'eventuale aumento della rigidità alle azioni orizzontali dovrà essere compatibile con la resistenza delle strutture verticali.**
- d) *gli interventi di irrigidimento di solai in legno, in ferro o in c.a. a travetti indipendenti, preferendo interventi leggeri quali ad esempio l'applicazione di doppio tavolato, crociere di ferro (croci di S.Andrea) o collegamenti trasversali, se è necessario:*
 - *a livello di sottotetto per contrastare l'azione delle catene;*
 - *a livello di piano per attenuare le differenze tra le rigidità dei solai esistenti;*
 - *a livello di copertura, in assenza di sottotetto, per migliorare la connessione tra le orditure (per sottotetto efficace, si intende una distanza dell'orizzontamento dal livello di gronda non superiore al doppio dello spessore della muratura).*

Tali interventi non dovranno comportare aumenti dei carichi permanenti soprattutto in presenza di carenze di resistenza nelle murature; inoltre l'aumento della rigidità alle azioni orizzontali dovrà essere compatibile con la resistenza delle strutture verticali.

Gli interventi di irrigidimento sono da effettuarsi preferibilmente con tecniche tali da non comportare il disfacimento dei pavimenti, massetti, tramezzi, ecc e la loro ricostruzione.

Si possono inoltre prevedere interventi, secondo anche quanto indicato dalla vigente normativa sismica, volti a ridurre gli effetti sismici, attraverso la riduzione delle masse strutturali e non, con particolare riferimento ai piani più elevati ed in relazione a valutazioni sulla qualità delle murature dell'edificio (n° piani, spessore, qualità della malta, tessitura), tale da pregiudicare il buon funzionamento dei maschi murari.

Il contributo viene concesso anche per le opere di rifinitura strettamente connesse agli interventi strutturali. Tali spese sono quantificate nel 10% del costo totale dell'intervento ammesso al contributo.

E - Interventi non ammessi

Vengono di seguito elencati alcuni interventi che, al fine della concessione al contributo e per una corretta progettazione degli interventi di recupero edilizio in zona sismica, non saranno ammessi:

- a) gli spostamenti di aperture nelle pareti portanti soprattutto in presenza di muratura di qualità scadente, eccetto quelli che ripristinano situazioni originarie ed in generale le opere che possano compromettere:
 - il buon funzionamento dei maschi murari;
 - il collegamento tra le pareti ortogonali;
 - la corretta trasmissione dei carichi alle fondazioni;*
- b) l'aumento significativo dei carichi permanenti soprattutto in presenza di muratura di qualità scadente;*
- c) la realizzazione di setti o nuclei irrigidenti per ascensori o scale qualora ciò comporti sensibile peggioramento della distribuzione delle rigidità, soprattutto in presenza di murature di qualità scadente;*
- d) la sostituzione di solai e/o coperture tali da comportare la necessità di dannosi scassi nelle murature, soprattutto in presenza di murature di qualità scadente.*

F – Interventi di miglioramento strutturale sugli edifici in cemento armato

Gli interventi di miglioramento sugli edifici in cemento armato consistono nella riparazione ed il rafforzamento delle strutture in elevazione, senza alterare il comportamento globale dell'edificio sotto azione sismica.

Tali interventi possono prevedere:

- a) il ripristino localizzato del calcestruzzo delle strutture in elevazione, che si presenta fortemente degradato e/o lesionato;*
- b) il ripristino e rinforzo di elementi strutturali, mediante aggiunta di nuove barre e staffe metalliche al fine di aumentare la sezione resistente della struttura e qualora risulti necessario a seguito delle verifiche dello stato di fatto;*
- c) la cerchiatura di elementi strutturali, mediante piastre o piatti metallici, al fine di contrastare le deformazioni trasversali del calcestruzzo e migliorandone le caratteristiche di resistenza e duttilità, qualora risulti necessario a seguito della verifica dello stato di fatto;*
- d) l'inserimento di pannelli di tamponatura nei campi di telaio, al fine di consentire una maggiore rigidità a taglio della struttura e di migliorare il comportamento globale dell'edificio.*

3.2.2 Elaborati del progetto di miglioramento

La documentazione da presentare sarà la seguente:

Il progetto di un intervento di **MIGLIORAMENTO** è composto dai seguenti elaborati:

A) Elaborati Generali

a) Relazione Tecnica Generale;

B) Elaborati dello Stato di Fatto

b) Documentazione Fotografica;

c) Tavole Grafiche di Rilievo;

d) Relazione di Calcolo (eventuale);

C) Elaborati dello Stato di Progetto

e) Tavole Grafiche di Progetto;

f) Relazione di Calcolo (eventuale);

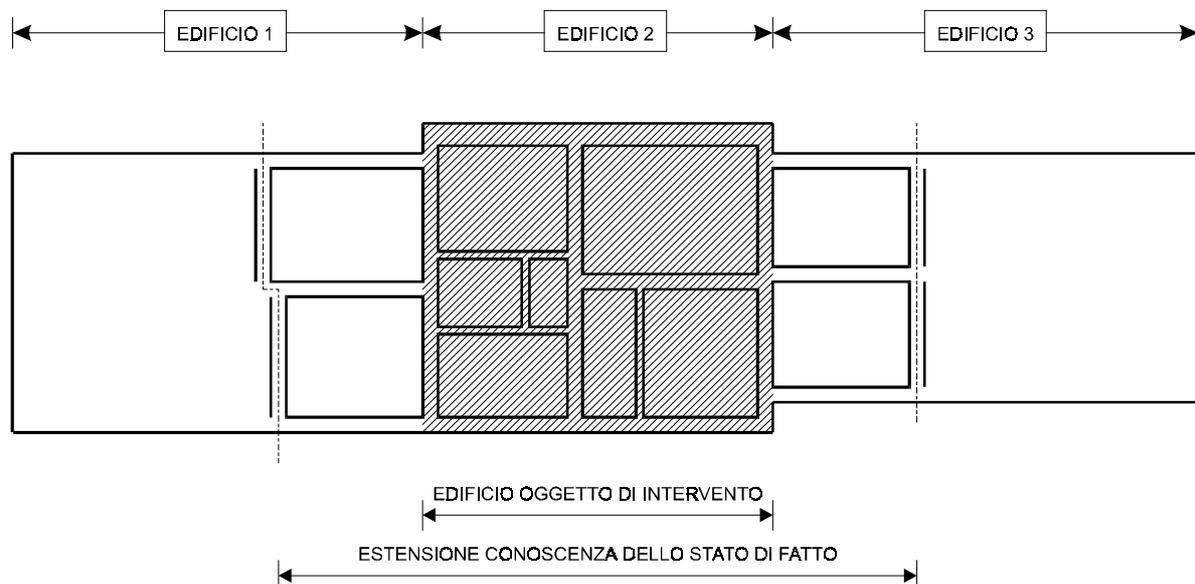
g) Elaborati Economici.

Nel caso di edifici oggetto di intervento inseriti all'interno di un aggregato strutturale, si ricorda che la progettazione deve basarsi sulla conoscenza delle caratteristiche strutturali degli elementi resistenti verticali e orizzontali oltre che dell'intero edificio anche delle porzioni di edificio relative ai vani adiacenti, ciò al fine di:

- valutazione delle interazioni con gli edifici adiacenti;
- avere un quadro conoscitivo sufficiente alla valutazione corretta dell'intervento;
- rispettare il punto C.9.10 del D.M. 16/01/96.

Ciò consente di comprendere il quadro fessurativo rilevato nell'edificio oggetto di intervento.

Fig. 4: Estensione dell'intervento



Il progettista, sentito il Comune ed il Genio Civile, in relazione ai contenuti ed al numero di copie degli elaborati necessari, deve, ai fini della presente iniziativa regionale, presentare la documentazione sopra descritta tenendo conto della entità e del livello dell'intervento e se questo è classificato "minimo" o "eccezionale" di cui al punto 3.2.1:

- nel caso di edifici interessati da "*interventi eccezionali*" la documentazione dovrà corrispondere integralmente a quanto precedentemente esposto e meglio esplicitato al capitolo 3;
- nel caso di edifici interessati esclusivamente da "*interventi minimi*" la documentazione potrà essere convenientemente semplificata.

Possono essere prodotti in elaborati grafici unici i contenuti e gli elementi di conoscenza richiesti per gli elaborati grafici architettonici e strutturali (planimetrie, prospetti e sezioni), qualora questo non comporti pregiudizio alla chiarezza ed alla leggibilità dell'intervento.

Devono comunque essere prodotti i particolari costruttivi dello stato di fatto e dello stato di progetto.

3.3 Relazione tecnica generale

La relazione tecnica generale dovrà fornire le spiegazioni utili alla corretta interpretazione della documentazione relativa allo stato di fatto (condizioni di sicurezza attuale dell'edificio), all'esplicitazione del grado o del maggiore grado di sicurezza conseguito con gli interventi previsti in progetto. Nella relazione, articolata per parti, dovrà altresì essere fornita l'illustrazione dei criteri di scelta progettuale e la motivazione della proposta progettuale tale che questa sia ottimale in rapporto ai benefici strutturali attesi ed ai costi da sostenere.

La relazione sarà articolata secondo quanto descritto nei successivi paragrafi.

3.3.1 Descrizione della tipologia strutturale dell'edificio e storico-costruttiva

Con i necessari riferimenti agli elaborati grafici dello stato di fatto, saranno descritti, **nei limiti dell'importanza dell'edificio e degli interventi che si intende proporre:**

- a) i rapporti dell'edificio con l'aggregato strutturale di cui fa parte e con il territorio edificato circostante;
- b) l'identificazione dello schema strutturale originario e sue eventuali modificazioni storiche, con particolare riguardo a quelle realizzate in tempi recenti;
- c) l'identificazione dei principali elementi costruttivi e descrizioni dei materiali;
- d) valutazione degli elementi non strutturali, siano essi resistenti o non resistenti;
- e) l'identificazione e la valutazione critica dei dissesti in atto;
- f) l'evoluzione storica dell'edificio anche in relazione all'uso, e le trasformazioni d'uso di locali o porzioni del fabbricato;
- g) l'individuazione di vincoli architettonici e/o urbanistici che condizionano le modalità di intervento ed esecuzione;
- h) gli estremi della Licenza o Concessione edilizia, di presentazione al Genio Civile, i certificati della Direzione dei Lavori e Collaudo per gli interventi di recente realizzazione o per i casi previsti al precedente punto b).

3.3.2 Descrizione dello stato di fatto statico-strutturale

Lo stato di fatto può essere accertato con analisi a diversi livelli di approfondimento, cui corrispondono diversi livelli di costo. Le operazioni per acquisire la conoscenza dello stato di fatto, a livello di approfondimento scelto, si articolano secondo la tabella 1 qui di seguito riportata:

Tabella 1

Elementi per le decisioni sul livello di approfondimento più opportuno sono i seguenti:		Operazioni per la conoscenza dello stato di fatto:	
(1)	La destinazione dell'edificio	(a)	Esame diretto dell'edificio
(2)	La complessità dell'edificio	(b)	Rilievo geometrico
(3)	Il valore storico - artistico dell'edificio	(c)	Identificazione degli elementi strutturali
(4)	L'evidenza di degrado e patologie strutturali	(d)	Identificazione dei materiali
(5)	L'evidenza di patologie geotecniche	(e)	Identificazione dei collegamenti
(6)	La tipologia d'intervento (Miglioramento)	(f)	Identificazione di degrado e dissesti
		(g)	Identificazione di giunti e discontinuità strutturali
		(h)	Identificazione delle tipologie di eventuali danni conseguenti a precedenti eventi sismici
		(i)	Rilievo critico
		(l)	Indagine storica
		(m)	Individuazione di schemi strutturali attuali e pregressi
		(n)	Indagini sulle fondazioni e sui terreni
		(o)	Indagini su elementi strutturali e materiali
		(p)	Verifica strutturale nella situazione attuale e sintesi (eventuali)
		(q)	Esame della documentazione esistente

La descrizione dello stato di fatto statico-strutturale risulterà da una relazione tecnica interpretativa del rilievo critico e geometrico nonché della documentazione fotografica prodotta.

3.3.3 Diagnosi della vulnerabilità sismica

Sulla base dei risultati conseguiti nelle indagini conoscitive dello stato di fatto e successivamente nello stato di progetto a seguito degli interventi proposti, deve essere individuata la vulnerabilità dell'edificio, sulla base della scheda GNDT/CNR di 1° e 2° livello, tenendo in conto, **per gli edifici in muratura**:

- 1 - il funzionamento scatolare del complesso;
- 2 - la resistenza delle pareti;
- 3 - l'efficienza dei diaframmi nel trasferimento delle azioni sismiche;
- 4 - la stabilità del complesso edificio-terreno;
- 5 - la stabilità degli elementi non strutturali.

Per gli edifici in cemento armato, si dovrà tenere conto:

- 1 - deformabilità e tipo del sistema resistente;
- 2 - resistenza del sistema;
- 3 - elementi planimetrici ed altimetrici del sistema che aumentano la richiesta di resistenza e duttilità;
- 4 - stabilità del complesso edificio-terreno;
- 5 - comportamenti "locali".

Per lo stato di progetto si dovranno realizzare le seguenti condizioni, relative ai parametri della Scheda:

- per i parametri 1 (tipo e organizzazione del sistema resistente), 9 (copertura) e 10 (elementi non strutturali), la classe corrispondente non dovrà in nessun caso essere inferiore a "B";
- per il parametro 5 (orizzontamenti) la classe corrispondente non dovrà essere inferiore a "C";

3.3.4 Descrizione tecnica dell'intervento progettuale

Sulla base di quanto evidenziato ai punti precedenti, e per ciascuna delle categorie di base del comportamento sismico come sopra individuate, si descriveranno gli interventi progettuali indicando le motivazioni tecniche dell'intervento proposto e i risultati che esso si ripromette per la riduzione del grado di vulnerabilità e di danno atteso.

Si farà sempre riferimento alla documentazione fotografica prodotta, e, quando necessario, si potrà far riferimento alla relazione di calcolo.

Saranno di norma previsti interventi rivolti a:

- eliminare gli eventuali dissesti che compromettono la sicurezza dell'edificio, o di ciascuna sua parte;
- assicurare una migliore organizzazione degli elementi strutturali dell'edificio, curando particolarmente la qualità dei collegamenti tra le pareti dell'edificio e tra queste e gli orizzontamenti, non prevedendo, in generale, interventi atti ad aumentare la resistenza delle strutture verticali che non siano il ripristino di situazioni preesistenti sfavorevolmente alterate;
- **per gli edifici in cemento armato, conferire una maggiore duttilità al sistema, intervenendo a sanare le carenze strutturali degli elementi (pilastri, travi, tamponamenti).**

Andranno richiamati i provvedimenti assunti ai sensi del secondo comma del punto C.9.3. del D.M. 19.01.96, per consolidare e, se del caso, eliminare elementi non strutturali il cui eventuale crollo può causare vittime e danni.

3.4 Elaborati dello stato di fatto

Lo scopo che si persegue è quello di identificare nel più corretto e completo dei modi l'edificio, con particolare riferimento a quegli elementi, strutturali e non, connessi con la valutazione delle categorie di comportamento sismico così come individuate e descritte al punto c) della tabella 1, e valutare lo stato attuale del complesso e di ogni sua parte nei confronti delle azioni di progetto.

Per le finiture e gli impianti dovranno essere descritte, in forma completa e dettagliata, le caratteristiche e la qualità dei materiali, anche in rapporto ai criteri di finanziamento di cui al D.1.4 "Istruzioni Generali".

3.4.1 Documentazione fotografica

Sarà fornita documentazione fotografica, costituita da fotografie a colori di formato non inferiore a cm 10 x 15, che tenderà essenzialmente a rappresentare lo stato di fatto dell'edificio, con particolare riferimento alle tipologie costruttive dei vari elementi strutturali (murature, solai, scale, coperture, ecc.) ed all'eventuale quadro fessurativo; inoltre, illustrerà nel dettaglio le situazioni che il progettista riterrà significative.

Le fotografie saranno numerate e per ciascuna di esse dovrà risultare in modo univoco l'individuazione dell'oggetto cui si riferiscono, la sua ubicazione, ricorrendo eventualmente all'ausilio di planimetrie od estratti planimetrici; il punto di presa di ciascuna foto ed il suo numero saranno sempre riportati sulle piante strutturali.

La documentazione fotografica sarà prodotta in originale o fotocopia a colori di buona qualità.

Per documentare i danni sulle strutture verticali, nei casi ritenuti più significativi, dovranno essere effettuate foto prima della rimozione dell'intonaco e successivamente ad intonaco rimosso.

3.4.2.1 Elaborati grafici di rilievo

Gli elaborati grafici saranno costruiti sul rilievo in situ dell'organismo strutturale.

Saranno prodotti i seguenti elaborati grafici:

- ◆ - ARCHITETTONICI
- - STRUTTURALI
- - IMPIANTISTICI (eventuali)

Gli elaborati dovranno evidenziare:

- il rilievo delle caratteristiche geometriche dell'edificio, riportando le misure e le quote;
- le tipologie costruttive degli elementi strutturali portanti;
- le tipologie costruttive degli elementi non strutturali;
- il tipo e qualità dei materiali impiegati, con riferimento alle indagini e prove di cui al precedente punto a) della tabella 1;
- il tipo dei collegamenti tra gli elementi strutturali, e tra questi e quelli non strutturali;
- le indicazioni e il tipo dei principali dissesti e lesioni;
- le annotazioni sugli elementi di finitura da conservare, specie se richiedono particolari cautele operative;
- le principali trasformazioni subite dall'edificio nel tempo (rilievo critico).

Si farà sempre riferimento nella descrizione alla simbologia riportata nella legenda dell'allegato n° 1.

Se ritenuto necessario tale legenda potrà comprendere nuove simbologie relative ai materiali, alle tipologie di dissesto, etc.; queste dovranno essere preventivamente concordate con il Dip.to Politiche Territoriali ed Ambientali.

Gli elaborati grafici saranno, in linea di massima, rappresentati in scala 1:50; i particolari costruttivi saranno invece in scala 1:10 e 1:20.

Per interventi di grossa estensione, è permesso l'utilizzo della scala 1:100 qualora ciò non comporti pregiudizio alla leggibilità degli elaborati stessi.

◆ **A - Elaborati ARCHITETTONICI**

Gli elaborati architettonici possono comprendere le tavole di seguito elencate in relazione alle esigenze di tipo edilizio e urbanistico:

- a) Piante: di tutti i piani;
- b) Sezioni: almeno due;
- c) Prospetti.

Le destinazioni d'uso dei locali, le misure e le quote del rilievo geometrico sono riportate negli elaborati architettonici, qualora il progettista, in relazione all'edificio ed alla tipologia di intervento, ritenga opportuno può fornire queste indicazioni sugli elaborati strutturali.

■ **B - Elaborati STRUTTURALI**

Gli elaborati strutturali, basati sul rilievo geometrico riportato negli Elaborati Architettonici, sono di fatto gli elaborati fondamentali sui quali si fondano i ragionamenti e le valutazioni; costituiti dalle seguenti tavole:

a) **Piante**

Saranno riportate l'indicazione dei vari tipi di lesioni, degradi, tipologie murarie ed eventuali interventi di consolidamento o elementi di rinforzo presenti ai vari piani, compresa la copertura e le fondazioni. La pianta di ogni piano deve illustrare e documentare l'orditura dei solai e le posizioni delle principali travature. La pianta della copertura deve illustrare e documentare la natura e l'orientamento della grossa e piccola orditura e del manto di copertura.

Nel caso in cui si siano riscontrati dissesti del fabbricato collegabili a cedimenti delle fondazioni sarà necessaria la pianta delle fondazioni per illustrare e documentare lo stato attuale, descrivendo la tipologia delle fondazioni, corredata da indicazioni dimensionali, con considerazioni sullo stato di conservazione.

Su ogni pianta e per ciascun locale, dovranno essere indicati:

- la numerazione progressiva di ciascun vano con riferimento a quanto indicato nella legenda allegata;
- la quota di pavimento, anche qualora non si diversifichi da quella dei vani contigui comunicanti, sarà riferita al piano di marciapiede assunto come riferimento;
- tutti quegli elementi strutturali connessi con le categorie di comportamento sismico di cui al precedente punto c) della tabella 1 ed in particolare:

- per gli **edifici in muratura** cordoli, catene e ogni altro elemento di rinforzo; eventuali precedenti interventi di consolidamento; ammorsamenti tra le pareti in corrispondenza delle intersezioni; tipologia e qualità delle murature, tipologia dei diaframmi orizzontali in riferimenti all'efficienza nella ripartizione delle azioni sismiche di piano tra gli elementi sismoresistenti;
- per gli edifici in **cemento armato**, il tipo e la qualità dei tamponamenti, la tipologia dei diaframmi orizzontali con riferimenti all'efficienza della ripartizione delle azioni sismiche di piano tra gli elementi sismoresistenti, la qualità dei materiali (calcestruzzo ed acciaio) degli elementi strutturali sulla base di indagini diagnostiche distruttive e non (carotaggi, metodo SONREB), tutti gli elementi strutturali che presentano carenze di duttilità e/o collegamenti critici con gli elementi adiacenti, così come definiti nel "Manuale per la compilazione della scheda di rilievo della esposizione e vulnerabilità sismica" del G.N.D.T.

Negli elaborati di rilievo dovranno essere chiaramente rappresentati tutti gli elementi significativi strutturali, ove occorra arricchendo la descrizione con brevi note esplicative.

b) Sezioni

Saranno in numero di almeno due, una o più delle quali longitudinale alla scala (o una per ciascuna scala, se ve ne sono più d'una); saranno comunque prodotte tutte quelle significative e necessarie ad un corretto esame del progetto.

c) Particolari architettonici e costruttivi - scala 1:10 e 1:20

Con chiaro riferimento alla rappresentazione planimetrica strutturale di cui sopra, ed alla legenda (allegato n° 1), saranno rappresentati in particolare i collegamenti di tutti gli orizzontamenti (compresa la copertura) con le murature sottostanti, le scale, gli ammorsamenti murari etc. e comunque tutti i dettagli costruttivi ritenuti significativi per il comportamento strutturale dell'insieme e di ogni sua singola parte.

È raccomandato l'uso di una grafia tale da non compromettere, anche nel caso di eventuali velature, la leggibilità.

● C - Elaborati degli IMPIANTI TECNICI

Gli elaborati degli impianti tecnici comprendono:

- a) planimetrie e sezioni degli impianti tecnologici,
- b) i principali schemi di distribuzione.

Nelle planimetrie e nelle sezioni verranno indicati i più importanti passaggi orizzontali e verticali (canne fumarie, tubazioni del riscaldamento, scarichi e adduzioni idriche, condotte elettriche, etc.) nelle murature portanti o di controvento, nei solai e nelle cassettature esterne.

Non è necessario produrre tali elaborati qualora non siano previsti interventi sugli impianti esistenti. Questi elaborati sono essenziali per valutare successivamente, congiuntamente con gli Elaborati di Progetto, gli interventi a carico della L.R. 56/97, in particolare per quanto ricompreso tra gli interventi di finitura e degli impianti tecnologici strettamente conseguenti alla esecuzione delle opere strutturali.

3.4.2.2 Elaborati grafici di edifici progettati tenendo conto delle azioni sismiche

Qualora l'edificio sia stato progettato tenendo conto delle azioni sismiche, si rientri tra quanto previsto al p.to 3.2, e le verifiche di cui ai capi a) e b) del citato punto 3.2 diano esito positivo, non è necessario effettuare il rilievo dello stato di fatto e potranno essere prodotte copie "rosse" (semprechè leggibili in ogni loro parte) degli elaborati del progetto originario e delle eventuali varianti. Qualora invece si rilevino modeste difformità che siano localizzate in poche zone dell'edificio, si dovrà procedere al rilievo delle situazioni difformi presenti; la graficizzazione di tale rilievo, da effettuarsi nelle stesse scale degli elaborati di riferimento, integrerà la documentazione prodotta in copia rossa, in cui saranno segnalate le zone difformemente eseguite che saranno riprodotte su tavole del rilievo eseguito.

Il progettista deciderà in presenza di varianti o difformità al progetto, l'opportunità di procedere comunque alla presentazione degli elaborati grafici secondo quanto previsto al precedente punto 3.4.2.1.

3.4.3.1 Relazione di calcolo (eventuale)

Negli interventi, il progettista deve valutare, anche in forma semplificata, il grado di sicurezza posseduto dall'edificio seguendo le indicazioni fornite al paragrafo 3.5.3.

Nel caso vengano proposti soltanto gli interventi "minimi", secondo quanto al paragrafo 3.2.1, è auspicabile, anche se non obbligatoria, la verifica di cui sopra.

3.4.3.2 Relazione di calcolo (per edifici in cemento armato)

Nel caso che i calcoli di verifica siano svolti mediante elaborazione elettronica, la relazione dovrà fornire gli elementi necessari per una agevole e corretta interpretazione dei tabulati meccanografici (numerazione dei nodi e delle aste) con una rappresentazione grafica degli schemi adottati. Per la redazione della relazione di calcolo, si deve far riferimento a quanto contenuto nella Circolare C.N.R. 10024/86: "Analisi delle strutture mediante elaboratore: impostazione e redazione delle relazioni di calcolo".

Dovrà essere indicato il software impiegato e relativa versione, specificando le caratteristiche d'uso.

Dovranno essere forniti su dischetto magnetico i files dati di input e quelli di output.

La stampa dei dati di input e di output dovrà essere chiaramente leggibile, specificando simbologia, unità di misura, convenzioni relative ai segni delle grandezze vettoriali (caratteristiche di sollecitazione, azioni esterne, spostamenti); saranno indicati chiaramente gli algoritmi di calcolo utilizzati e fornita la rappresentazione grafica completa della discretizzazione operata nella modellazione strutturale.

Occorrerà inoltre eseguire controlli dei risultati ottenuti mediante verifiche con procedimenti semplici anche se approssimati.

Nel caso fosse disponibile il progetto originale, si veda quanto previsto al precedente punto 3.2 ed al successivo punto 3.4.2.2.

Per edifici progettati tenendo conto anche delle azioni sismiche per i quali, per quanto detto al punto 3.2, sono richieste nuove calcolazioni, è necessario eseguire la verifica dell'edificio con le azioni sismiche definite con la vigente normativa per le nuove costruzioni, secondo quanto indicato nelle Istruzioni Tecniche Regionali D.2.4.

Il fascicolo dei calcoli conterrà:

- a) illustrazione della modellazione adottata per l'organismo strutturale, risultante dalle indagini, dai saggi e dai rilievi eseguiti, corredata da rappresentazioni grafiche delle schematizzazioni assunte; dovrà essere posta particolare attenzione alla valutazione degli effetti prodotti dagli elementi non strutturali, quali le tamponature, sul complesso strutturale, e su ciascun elemento verticale di contatto con queste, per effetto delle azioni sismiche, anche ricorrendo a due modelli strutturali, uno con elementi non strutturali ed uno senza; i risultati ottenuti andranno criticamente analizzati al fine di meglio rappresentare la reale situazione. Si dovranno inoltre eseguire verifiche locali sugli elementi strutturali, in cui ad esempio la presenza di tamponature non estese a tutta altezza che possa determinare problemi locali del tipo pilastro tozzo;
- b) analisi dei carichi e sviluppo dei calcoli per la determinazioni delle azioni di progetto; esplicitazione dei coefficienti di legge prescritti per le verifiche sismiche;
- c) descrizione dei metodi di calcolo adottati e degli algoritmi utilizzati, con considerazioni sul rispetto delle ipotesi alla base di tali metodi;
- d) verifiche delle strutture in elevazione per le combinazioni di carico più gravose.

Le verifiche debbono essere condotte, oltre che conformemente alla normativa antisismica, anche secondo quanto previsto dal D.M. 9.01.1996 e la Circolare attuativa per il cemento armato e l'acciaio.

Per gli edifici inseriti in complessi edilizi, valgono sempre le prescrizioni dettate al precedente punti 2.1. e successivi, concernenti giunti e contatti tra edifici contigui.

I calcoli strutturali saranno eseguiti mediante metodi basati su modellazioni tridimensionali; se sarà eseguita un'analisi dinamica modale, per ciascuna direzione di verifica si dovrà ottenere un fattore globale di partecipazione modale pari ad almeno 0.8.

Le verifiche strutturali saranno effettuate in tutte le sezioni più significative e per le più gravose condizioni di carico, esplicitando le tensioni nei materiali presenti in base al rilievo eseguito ed in riferimento a valori ammissibili dedotti dalle prove in situ e di laboratorio eseguite su detti materiali.

Dovrà essere inoltre adeguatamente motivata la schematizzazione di vincolo della struttura di elevazione con quella fondazionale.

3.4.3.3 Relazioni di calcolo di edifici progettati tenendo conto delle azioni sismiche

Qualora l'edificio sia stato progettato tenendo conto delle azioni sismiche, se le verifiche di cui ai capi c), d), e), f) e g) del penultimo paragrafo del punto 3.2 sulla relazione di calcolo originale danno esito positivo, si potranno omettere le nuove calcolazioni fornendo una copia completa della Relazione di calcolo originale.

Qualora invece nel calcolo originario non fosse previsto il coefficiente di protezione I si dovranno eseguire nuove calcolazioni previa l'esecuzione di un'analisi critica della relazione di calcolo suddetta.

3.4.4 Fondazioni (eventuale)

Nel caso di interventi "eccezionali", secondo quanto definito al paragrafo 3.2.1, il progettista deve predisporre una relazione geotecnica.

La caratterizzazione del terreno di fondazione dovrà essere basata sui dati delle valutazioni contenute nella relazione di carattere geotecnico; in particolare dovranno essere adeguatamente motivate le schematizzazioni del complesso fondale in relazione alla struttura d'elevazione.

La relazione dovrà contenere:

- a) l'illustrazione e la documentazione fotografica dettagliata (con chiara indicazione del quadro fessurativo) dello stato di fatto, con descrizione della tipologia delle fondazioni esistenti, corredata da indicazioni dimensionali, dello stato di conservazione e di eventuali dissesti del fabbricato collegabili alla situazione fondale;
- b) la valutazione delle eventuali interferenze con altre opere e strutture adiacenti;
- c) la descrizione della schematizzazione del terreno di fondazione con adeguata descrizione dei metodi di calcolo adottati e delle ipotesi alla base di tali metodi;
- d) la descrizione delle condizioni di carico analizzate;
- e) la valutazione delle pressioni di contatto terreno-fondazione, per tutte le condizioni di carico definite dalla normativa vigente, confrontate con la pressione ammissibile del terreno, secondo le modalità previste di legge, tenendo opportunamente conto dell'incremento di sollecitazione dovuto alle azioni sismiche.

3.4.5 Criteri per lo svolgimento di indagini finalizzate alla valutazione della resistenza del cls in edifici in c.a.

3.4.5.1 Generalità sui meccanismi di collasso delle strutture in c.a.

Le strutture intelaiate in c.a. sono caratterizzate in genere dai seguenti meccanismi di collasso per azioni sismiche:

- I telai vengono messi in oscillazione dall'accelerazione al suolo (evento sismico);
- Per frequenze di vibrazione della struttura crescenti fino al raggiungimento del *primo modo di vibrare* i telai hanno delle deformazioni crescenti con l'altezza; pertanto si hanno le maggiori sollecitazioni al piede dei pilastri del piano più basso fuori terra.
- Per certe vibrazioni si possono raggiungere e superare i limiti di resistenza del c.a. in questi punti: si formano allora delle cerniere plastiche alla base delle pilastrate.
- Questo tipo di meccanismo può essere accelerato e aggravato dalla presenza dei cosiddetti "piani soffici" a piano terra; le tamponature, infatti, per quanto non considerate a fini sismici in fase di calcolo, svolgono una certa funzione di dissipazione di energia, come se fossero delle pareti di taglio, anche se di rigidità decisamente inferiore. In questo caso si formeranno delle cerniere plastiche al piede e in testa ai pilastri di piano terra rendendo la struttura estremamente vulnerabile: gli spostamenti in cima saranno più grandi e le sollecitazioni al piede insostenibili e si arriva al collasso per rottura dei pilastri.

Si ricorda che i meccanismi di rottura più favorevoli per le strutture in c.a sono quelli in cui sono evitate rotture fragili dei nodi e degli elementi strutturali per taglio e che coinvolgono il maggior numero possibile di cerniere plastiche, dunque meccanismi determinati dalla plasticizzazione delle travi a tutti i piani e dei pilastri al solo piano terra (travi deboli e colonne forti). La realizzazione di un tale meccanismo richiede però un'accurata progettazione basata sul principio di gerarchia delle resistenze o *Capacity Design* (EC8), in Italia introdotto a livello normativo solamente con la recente Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri del 20/03/03.

Per un edificio esistente è quindi più probabile che si inneschi un meccanismo di collasso di piano, ossia un meccanismo che coinvolge prevalentemente i pilastri di un piano, salvo sporadiche plasticizzazioni in alcune travi ed in alcuni pilastri di altri piani, provocando la formazione di cerniere plastiche alle loro estremità (travi forti e colonne deboli).

I criteri di progettazione hanno da tempo introdotto il concetto di duttilità dei nodi trave - pilastro, con l'obiettivo di determinare una gerarchia di danno nel meccanismo di collasso di una struttura intelaiata sottoposta ad azioni taglianti:

1. Formazione di cerniere plastiche sui nodi trave - pilastro alle estremità appartenenti alle travi; queste non comportano comunque il crollo dei solai. La maglia strutturale rimane iperstatica. La formazione di cerniere plastiche alle estremità delle travi e non sui pilastri assicura la stabilità della struttura per carichi verticali e di conseguenza l'incolumità delle persone.
2. Formazione di cerniere plastiche alle estremità dei pilastri sotto la trave, che rendono la struttura labile per forze orizzontali e si ha quindi il crollo dell'edificio per rottura dei pilastri.

Per ottenere questo tipo di gerarchia nel meccanismo di danno di una struttura occorre armare i nodi trave - pilastro in maniera che risultino duttili.

Esempi di armature progettate in modo da conseguire le desiderate caratteristiche di duttilità locale e globale sono riportati in varie fonti bibliografiche e sono espressamente richieste dalla vigente normativa italiana, che con la Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici del 10 aprile 1997, n. 65/AA.GG., attuativa del DM 16/01/96, e le Norme Tecniche d'attuazione dell'Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri del 20/03/03, fissa i quantitativi e le dimensioni minime di armatura da utilizzare per le strutture in c. a.

Nel caso di edifici in zona sismica è necessario valutare l'età di costruzione dell'edificio: in questo modo si può distinguere tra edifici che dovrebbero essere stati progettati con criteri antisismici o meno.

La determinazione della qualità del calcestruzzo impiegato per l'esecuzione della struttura in c. a. è certamente un elemento fondamentale per la valutazione della vulnerabilità sismica di un edificio in c.a., ma non l'unico.

È infatti importante l'assunzione da parte del Professionista incaricato, di informazioni diverse, reperibili attraverso l'acquisizione del progetto originario, o copia di esso, in modo tale da poter verificare i criteri ed i metodi di calcolo utilizzati per la progettazione, le dimensioni geometriche degli elementi strutturali, la disposizione delle armature e delle staffe e le caratteristiche dei materiali utilizzati.

3.4.5.2 Criteri generali per l'individuazione degli elementi strutturali significativi da indagare

L'individuazione degli elementi strutturali da indagare deve essere effettuata in maniera tale da ottenere un campione significativo di elementi, in grado di rappresentare le caratteristiche medie dei getti di cls della struttura nella loro interezza, in termini di omogeneità, di qualità e di resistenza meccanica.

Quest'operazione può essere svolta anche per fasi successive, prevedendo una prima fase d'indagine per la valutazione di un numero limitato di elementi strutturali, ed una seconda fase d'estensione per ampliare i dati ottenuti, nel caso in cui questi fornissero valori incongruenti e dispersivi.

Poiché per motivi tecnici ed economici non è possibile eseguire le indagini su tutti gli elementi strutturali dell'edificio indagato, risulta necessario mediare tra diverse esigenze:

- non arrecare troppi danni alle strutture (con l'esecuzione di un numero eccessivo di prelievi di operazioni di ripristino);
- contenere i costi sia delle indagini (numero di prove proporzionato alle dimensioni dell'edificio) sia del ripristino (evitare di indagare elementi difficilmente accessibili);
- limitare i margini d'incertezza dei dati di prova operando con metodi diversi confrontabili tra loro (i sondaggi di tipo distruttivo sono, infatti, utilizzati anche per tarare le indagini non distruttive).

Occorre precisare che:

- le strutture progettate per sopportare soltanto i carichi verticali, in quanto non incluse negli elenchi normativi di zone a rischio sismico al momento della redazione del progetto, sono generalmente caratterizzate dalla presenza di telai portanti orditi in una sola direzione;
- le strutture progettate per resistere anche a sollecitazioni di tipo orizzontale hanno in genere almeno i telai portanti orditi in entrambe le direzioni;

- anche in zone classificate sismiche da tempo è facile trovare edifici in c.a. progettati e realizzati con telai portanti orditi in una sola direzione e con orizzontamenti non sufficientemente rigidi.

In base a queste considerazioni si può assumere che, in ogni caso, i piani più bassi sono i più sollecitati ai carichi verticali e alle azioni sismiche ed in queste zone è necessario pertanto che il cls risponda in modo più rigoroso a standard di resistenza meccanica elevati.

I pilastri i più sollecitati per azioni sismiche sono quelli in posizione di bordo o d'angolo, e quelli costituenti piani soffici, la cui presenza provoca un aumento di criticità dal punto di vista della vulnerabilità sismica.

Bisogna quindi porre attenzione sia nella fase di valutazione che in quella della scelta, del campione di elementi strutturali maggiormente disponibili per l'esecuzione delle indagini.

In via approssimativa si considerano i seguenti elementi:

1. Livello di sollecitazione presente nell'elemento strutturale:

- occorre scegliere, ove possibile, alcuni elementi soggetti alle maggiori sollecitazioni per azioni sismiche (elementi dei piani bassi di bordo o d'angolo)
- devono essere evitati gli elementi eccessivamente sollecitati per carichi verticali (sugli elementi da sottoporre a carotaggio eseguire preventivamente la verifica dei tassi di lavoro per i carichi verticali presenti nella struttura)

2. Disposizione in pianta e in elevazione degli elementi strutturali

- L'individuazione degli elementi strutturali campione è opportuna per maglie di telaio e per piano dell'edificio, ovvero è opportuno eseguire almeno una prova diretta per ogni piano ed almeno una prova indiretta per ogni maglia di telaio.

Si deve, inoltre, procedere all'individuazione delle armature (ferri longitudinali e staffe) sulla base degli elaborati strutturali originari, di cui si deve accertare la corrispondenza con lo stato di fatto mediante saggi da eseguire in situ. Ciò costituisce una preliminare ed essenziale operazione da effettuare al fine di non incorrere nel taglio di porzioni di barre di armatura durante il prelievo di un campione.

Va verificata anche la riduzione del passo delle staffe in corrispondenza dei nodi rispetto quello lungo il fusto dell'elemento e la chiusura delle medesime, che per essere efficace deve presentare una piegatura a 135° e non a 90° , in maniera tale da evitare che l'ancoraggio coinvolga la sola porzione del copriferro.

Tale operazione consente, quindi, di:

1. Verificare la corrispondenza, se esiste, tra gli elaborati di progetto e la successiva realizzazione;
2. Acquisire elementi sulla duttilità dell'elemento strutturale;

Poichè, come riportato al punto 3.4.5.1, negli edifici in c.a. esistenti, si identificano come più probabili i meccanismi di collasso di piano (travi forti e colonne deboli), nella scelta degli elementi strutturali da indagare si deve privilegiare l'elemento pilastro rispetto all'elemento trave, su cui si procederà all'esecuzione prevalentemente di prove di tipo indiretto.

In particolare:

Elemento pilastro:

Occorre scegliere quale zona oggetto di prove, quella soggetta a modeste sollecitazioni tenendo presente che:

- si possono ottenere valori falsati, in quanto gli stati tensionali peggiori si hanno in prossimità della testa e del piede del pilastro dove il cls può avere una segregazione fra i componenti elevata;
 - la diminuzione di sezione resistente derivante dal prelievo può comportare problemi in una zona particolarmente sollecitata e in presenza di un calcestruzzo di qualità scadente; quindi non verranno prese in considerazione zone limitrofe al piede o alla testa del pilastro; inoltre tale zona dovrà avere un cls abbastanza omogeneo.
- Pertanto si sceglierà una zona in una fascia intermedia rispetto all'altezza del pilastro, dove il momento è pressoché nullo.

Elemento Trave:

Per quanto riguarda le travi il ragionamento è simile: in questo caso non si hanno in genere fenomeni di segregazione dei componenti del cls, se non alla base della trave stessa. Si sceglieranno, per comodità operative, travi alte e si eseguirà l'eventuale carotaggio nella parte sottostante il soffitto sul fianco della trave, avendo cura, ove possibile, di porsi a circa 1/5 della luce della trave.

Inoltre, per evitare di tagliare ferri di armatura, bisogna fare il campionamento in prossimità della parte di trave in cui si hanno le tensioni inferiori, cioè nelle vicinanze dell'asse neutro.

Bisogna tenere presente però, che se è vero che nella zona descritta si hanno dei momenti bassi, è anche vero che in questa zona si possono trovare i ferri sagomati che assorbono le sollecitazioni di taglio.

3.4.5.3 Indagini conoscitive sul cemento armato

Le prove che vengono effettuate sugli edifici in cemento armato per determinare le caratteristiche di resistenza del calcestruzzo sui quali vanno progettati degli interventi di miglioramento e/o di adeguamento sismico, sono essenzialmente di due tipi:

- Prove non distruttive;
- Prove distruttive.

Ogni tipologia di prove comporta un costo a campione e un certo livello di incertezza. In genere a prove più costose corrispondono margini di incertezze più bassi.

Dati i margini di incertezza che i risultati delle prove danno ed i relativi costi, per ottenere risultati confortanti, occorre eseguire entrambe le tipologie di prove e fare dei raffronti, limitando il numero di campioni con i costi più elevati.

La finalità è quella di ottenere l'effettivo valore di R_{ck} da assumere in fase di progettazione dell'intervento sull'edificio.

La Regione Toscana, nell'ambito delle attività diagnostiche ed in seguito a sperimentazione, ha adottato alcune metodologie d'indagini che ritiene più affidabili per la determinazione della qualità del calcestruzzo, e pertanto accetta esclusivamente quelle di seguito elencate.

PROVE NON DISTRUTTIVE (*Metodo indiretto*)

Il principio comune sul quale si basano è quello di non arrecare alcun danno alla struttura, analizzandola dall'esterno e con metodi di misurazione che ricavano in modo indiretto la qualità dei calcestruzzi indagati.

Il metodo da utilizzare è il seguente:

- **METODO SONREB (metodo combinato: sclerometro ed ultrasuoni)**

Tale tipo di prova prevede nella stessa area d'indagine l'esecuzione di battute sclerometriche e la misurazione del tempo di attraversamento delle onde ultrasoniche in modo diretto ovvero per trasparenza.

Deve essere, inoltre, effettuata nella stessa zona che sarà oggetto del carotaggio, al fine di poter effettuare correlazioni tra i valori forniti da ogni metodologia di prova.

PROVE DISTRUTTIVE (*Metodo diretto*)

Questo tipo di prove mira a stimare la resistenza effettiva del conglomerato attraverso misurazioni di tipo diretto.

Si basa sul prelievo in situ di campioni cilindrici di materiale, che vengono trasportati in laboratorio dove vengono effettuate prove di compressione a rottura dei provini.

Deve essere, inoltre, effettuata nella stessa zona precedentemente indagata con il Metodo Sonreb, al fine di poter effettuare correlazioni tra i valori forniti da ogni metodologia di prova.

Il metodo da utilizzare è il seguente:

- **CAROTAGGIO**

Deve essere effettuato mediante carotatrice ad acqua a sola rotazione (e non a rotopercussione).

Le carote devono essere sempre passanti su tutto l'elemento al fine di consentire un prelievo indisturbato del campione.

Qualora ciò non fosse possibile, l'interruzione del prelievo da parte dei tecnici di Laboratorio deve essere concordata preventivamente con l'Ufficio Regionale.

I carotaggi devono essere eseguiti con diametro di corona tale da garantire carote di diametro pari almeno a 92÷94 mm. (laddove le dimensioni geometriche della sezione lo consentano, anche in termini di disposizione dei ferri d'armatura).

L'uso di diametri minori da parte dei tecnici di Laboratorio deve essere concordato preventivamente con l'Ufficio Regionale (in relazione al diametro massimo degli inerti) e comunque le carote non dovranno avere un diametro inferiore a 82÷85 mm.

Si rimanda all'Allegato 6 *“Istruzioni tecniche per la programmazione delle indagini sul calcestruzzo e l'elaborazione dei dati di prova”* per le specifiche relative ad ogni metodologia d'indagine e per la preparazione degli elementi strutturali da sottoporre a prove distruttive e non distruttive.

3.4.5.4 Limiti delle prove e dell'interpretazione delle indagini sul cls.

I dati che il Laboratorio dovrà fornire sono:

A. METODO INDIRETTO:

Le letture ottenute dagli strumenti d'indagine, quali l'indice di rimbalzo dello sclerometro e la velocità di propagazione nel mezzo cls degli ultrasuoni, per l'applicazione del Metodo Sonreb.

La normativa italiana non prevede uno specifico riferimento per le indagini sui vecchi calcestruzzi, risulta pertanto necessario ricorrere a formule presenti in letteratura.

Esistono almeno tre differenti formulazioni per l'interpretazione dei dati raccolti con il Metodo Sonreb, alle quali la R.T. fa riferimento:

Le formule sono tratte da articoli pubblicati in bibliografia tecnica (v. All.6I):

- Articolo J. Gasparirik, *“Prove non distruttive in edilizia”*, Quaderno didattico A.I.P.N.D., Brescia 1992
- Articolo A. Di Leo, G. Pascale, *“Prove non distruttive sulle costruzioni in cemento armato”*, Convegno Sistemaa Qualità e Prove non Distruttive per l’Affidabilità e la Sicurezza delle Strutture Civili, Bologna, Saie '94, 21 ottobre 1994
- Articolo R. Giacchetti, L. Lacquaniti, *“Controlli non distruttivi su impalcati da ponte in calcestruzzo armato”* Nota tecnica 04, 18980, Università degli Studi di Ancona, Facoltà di Ingegneria, Istituto di Scienza e Tecnica delle Costruzioni

1.1 Per l'elaborazione dei dati si rimanda alla letteratura in merito all'argomento, sottolineando peraltro come la formula di correlazione del metodo Sonreb, che stima la resistenza del cls nel punto di misura, sia applicabile per valori della velocità di attraversamento superiori a $3100 \div 3200$ m/sec., mentre per valori inferiori risulta sempre meno attendibile poiché esterna al dominio delle curve Sonreb ricavate sperimentalmente e sulla cui base si applica la formula suddetta.

1.2 Si ricorda, tuttavia, che nel caso di valori bassi della velocità ($\approx 2500 \div 3000$ m/sec), pur non essendo possibile stabilire con certezza l'Rck del cls, si ottiene quasi sicuramente un valore di resistenza del conglomerato < 150 Kg/cm², mentre per valori particolarmente bassi ($\approx 1000 \div 2000$ m/sec), il dato ottenuto perde praticamente di significato.

Per quanto riguarda i valori forniti dallo sclerometro, si ricorda che si ottengono buoni valori di resistenza a compressione per valori dell'indice di rimbalzo medio $I_m = 30$, considerando come limite minimo accettabile $I_m = 27 \div 28$.

Sono accettabili differenze percentuali al massimo del 20% tra Resistenza stimata con il metodo Sonreb e Resistenza cubica convenzionale, stimata con il carotaggio.

• LIMITI

1. Il valore puntuale dell'indagine è uno dei limiti per l'estensibilità dei risultati ottenuti, ricordando che si tratta di strutture in c.a. realizzate negli anni '60, periodo nel quale non erano predisposti controlli di qualità dei materiali nell'esecuzione dei getti ed il riempimento della cassaforma di un pilastro poteva richiedere anche numerosi getti.
2. Si evidenzia che la legislazione tecnica italiana non fornisce una specifica normativa di riferimento per l'utilizzo di una delle tre formule.
3. Spetta pertanto al professionista o all'Ufficio Tecnico competente valutare e adottare la formula che meglio illustri la situazione.

B. METODO DIRETTO:

Il dato che si ottiene è Rcar (R di carota) dalla rottura a compressione del provino.

1.3 Per l'elaborazione dei dati, si rimanda alla letteratura in merito all'argomento, sottolineando peraltro il significato dei termini utilizzati (v. All. 6I) .

**1) Rcar = Resistenza di carota, ovvero resistenza misurata dalla rottura della carota
Il valore viene fornito dalla prova a compressione effettuata dal Laboratorio sul campione prelevato dall'elemento strutturale.**

2) Rcil = Resistenza cilindrica, ovvero di un provino cilindrico standard (rapporto di snellezza H/D=2).

Si ottiene tramite coefficienti correttivi che consentono di depurare il valore di resistenza Rcar da fattori perturbativi (eventuale disturbo causato dalle operazioni di prelievo, rapporto di snellezza $\neq 2$, direzione di perforazione, presenza di barre d'armatura).

Viene stimata con formule note in letteratura :

- BS 1881 Part. 120
- Concrete Society
- Cestelli Guidi

3) Reff.cub.in situ = Resistenza effettiva cubica, ovvero resistenza di un provino cubico standard al momento del carotaggio sulla struttura esaminata.

Il valore si ottiene moltiplicando Rcil per un fattore di correzione che tiene conto delle diverse dimensioni di un provino cubico rispetto ad uno cilindrico (differente rapporto altezza-lato, differente rapporto massa-superficie, differente direzione di prova)

Viene stimata con formule note in letteratura :

- BS 1881 Part. 120
- Concrete Society
- Cestelli Guidi
- D.M. febbraio 1992 art. 4.0.2. ("Resistenze di calcolo")

4) R_{cub. Conv.} = Resistenza convenzionale, ovvero la resistenza del calcestruzzo a 28 gg., ottenuta da cubi confezionati al momento del getto in opera e maturati in condizioni standard.

Si ottiene incrementando mediante coefficienti correttivi Reff.cub.in situ per tenere conto dei fattori perturbativi dovuti alle operazioni di getto, alle differenti condizioni termoigrometriche ed all'età di maturazione.

Viene stimata con formule note in letteratura:

- Concrete Society
- Cestelli Guidi
- D.M. 09/01/96 – Appendice 2

- **LIMITI**

1. Il valore puntuale dell'indagine è uno dei limiti per l'estensibilità dei risultati ottenuti ricordando che si tratta di strutture in c.a. realizzate negli anni '60, periodo nel quale non erano predisposti controlli di qualità dei materiali nell'esecuzione dei getti.

4. *Si evidenzia che la legislazione tecnica italiana non fornisce una specifica normativa di riferimento per l'utilizzo di una delle tre formule, né chiarisce se il valore di riferimento da utilizzare sia quello relativo alla Resistenza effettiva cubica in situ oppure alla Resistenza cubica convenzionale.*
2. *L'Ufficio Regionale ritiene preferibile considerare il valore ottenuto da Resistenza effettiva cubica in situ, che fornisce un dato più vicino alla reale condizione del calcestruzzo, nelle condizioni attuali dell'edificio.*
3. *Spetta comunque al professionista o all'Ufficio Tecnico competente valutare e adottare la formula che meglio illustri la situazione.*

3.4.5.5 ALLEGATI

1.3.1.1.1 La Regione Toscana, in relazione alle indagini avviate nei Comuni della Lunigiana e della Garfagnana in seguito agli eventi sismici del 1995, ha predisposto un programma tipo "Istruzioni tecniche per la programmazione delle indagini sul calcestruzzo gettato in opera e per l'elaborazione dei dati di prova", contenente le informazioni necessarie per la stesura di un piano di verifica della qualità del calcestruzzo (ALLEGATO 6)

Tale programma (ALL. 6) è costituito da tre parti principali:

1. *Il programma d'indagine vero e proprio, a cura del Professionista incaricato (All. 6A – 6G)*
2. *Copia del certificato delle indagini, a cura del Laboratorio incaricato dell'esecuzione delle prove (All. 6I)*
3. *L'interpretazione dei dati di prova, a cura del Professionista incaricato (All. 6L)*

Nello specifico:

All. 6.A INTRODUZIONE

Contiene gli elementi per una descrizione il più dettagliata possibile delle caratteristiche strutturali dell'edificio oggetto d'indagine.

Devono essere riportati in particolare modo i seguenti dati:

- a) data di progettazione e di costruzione dell'edificio con relativa normativa di riferimento
- b) descrizione di eventuali varianti e/o interventi successivi con relativa normativa di riferimento
- c) caratteristiche dell'aggregato strutturale (se costituito da uno o più edifici e se tra questi vi è presenza di giunti tecnici)
- d) tipologie costruttive impiegate e relative caratteristiche dimensionali (sia della struttura portante, che dei solai, dei tamponamenti e dei tramezzi; indicare inoltre se i telai sono orditi in una o più direzioni)

Tali informazioni possono essere desunte dagli elaborati di progetto, ma devono essere comunque verificate mediante saggi conoscitivi eseguiti in situ, di cui deve essere fornita relativa documentazione fotografica.

All. 6.B RUOLI E COMPETENZE DEI SOGGETTI COINVOLTI

L'Ufficio Regionale competente si riserva di modificare le indicazioni qui esposte, nell'eventualità in cui ciò si rendesse necessario per motivi tecnico-amministrativi.

1.3.1.1.2

All. 6.C CRITERI GENERALI PER L'INDIVIDUAZIONE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

DA INDAGARE

1.3.1.1.3

- All. 6.D** DATI CONTENUTI NEL CERTIFICATO
- All. 6.E** MODALITÀ D'ESECUZIONE DELLE PROVE
Preparazione degli elementi strutturali da indagare
- All. 6.E.1** Prove non distruttive
- All. 6.E.2** Prove distruttive
- All. 6.F** TABELLA RIASSUNTIVA DELLE PROVE PREVISTE
In base alla tabella riportata in allegato, il Soggetto incaricato della stesura del Programma d'indagine dovrà dare indicazione per ogni piano degli elementi oggetto d'indagine.
- All. 6.G** PIANTE DELL'EDIFICIO
e seg. I dati contenuti nella tabella in All. 6. F dovranno essere visualizzati sulle piante dell'edificio, riprodotte per ogni piano in formato A4.
- All. 6.H** SCHEDA R. T. "*PROVE QUALITÀ CALCESTRUZZO*"
La corretta e completa compilazione di tale elaborato da parte dei tecnici del Laboratorio incaricato dell'esecuzione delle prove, risulta di fondamentale importanza per avere un quadro esauriente di tutti quegli elementi che concorrono nella definizione della resistenza del calcestruzzo.
La mancata e/o errata e/o confusa compilazione della scheda comporta il NON pagamento delle indagini e delle prove di Laboratorio.
La scheda è stata redatta dal Servizio Sismico Regionale sulla base delle esperienze maturate nelle precedenti campagne d'indagine.
- All. 6.I** COPIA DEL CERTIFICATO EMESSO DAL LABORATORIO INCARICATO DELL'ESECUZIONE DELLE PROVE
- All. 6.L** INTERPRETAZIONE ED ELABORAZIONE DEI DATI DI PROVA
- All. 6.L.1** TABELLA PER L'ELABORAZIONE DEI DATI RELATIVI AL METODO INDIRETTO (SONREB)
- All. 6.L.2** TABELLA PER L'ELABORAZIONE DEI DATI RELATIVI AL METODO DIRETTO (CAROTAGGIO)
- All. 6.L.3** TABELLA RIASSUNTIVA DEI DATI DI PROVA
- All. 6.L.4** PIANTE DELL'EDIFICIO
e seg. I dati contenuti nelle tabelle in All. 6.L e seguenti dovranno essere visualizzati sulle piante dell'edificio, riprodotte per ogni piano in formato A4, con la simbologia riportata in allegato.
- All. 6.M** METODOLOGIE R. T. PER LA LETTURA DEGLI ULTRASUONI NEL METODO SONREB

3.5 Elaborati dello stato di progetto

Le indicazioni di progetto saranno rappresentate con una serie di disegni e relazioni analoghe a quelle rappresentativa dello stato di fatto.

Per le opere di finiture ed impiantistiche dovranno essere descritte, in forma completa e dettagliata, le caratteristiche e le qualità del materiale, anche in rapporto alle finalità della L.R. 56/97 ed i criteri di finanziamento di cui al D.1.4 “Istruzioni Generali”.

3.5.1 Documentazione fotografica

Nell’esecuzione dei lavori si provvederà alla compilazione del Quaderno dei Lavori come illustrato al paragrafo 1.4.

3.5.2 Elaborati grafici di progetto

Gli elaborati progettuali dovranno di norma corrispondere a quelli dello stato di fatto, e consentire una chiara comprensione ed individuazione delle opere previste in progetto.

Nel caso di progettazione di opere di recupero funzionale e distributivo il progetto strutturale sarà redatto evidenziando chiaramente le opere suddette da quelle strettamente connesse all’intervento di miglioramento, anche in riferimento a quanto indicato al punto 3.3.4.

Saranno prodotti i seguenti elaborati grafici:

- ◆ - ARCHITETTONICI
- - STRUTTURALI
- ▲ - SOVRAPPOSTI
- - IMPIANTISTICI (EVENTUALI)

Gli elaborati saranno rappresentati, in linea di massima, alla stessa scala di quello dello stato di fatto.

Qualora non si prevedano particolari od estese opere di miglioramento, lo stato di progetto può essere rappresentato in modo semplificato (riferito ad un elaborato generale tale da consentire una corretta identificazione) e comunque tale da consentire l’individuazione sia della tipologia costruttiva sia dello schema resistente e la localizzazione degli interventi previsti.

◆ A - Elaborati ARCHITETTONICI

Gli elaborati architettonici comprenderanno i seguenti elaborati :

a) Piante

Saranno prodotte le tavole di ciascun piano dell’edificio, compresa la copertura, per una corretta interpretazione degli interventi previsti

b) Sezioni

Saranno fornite almeno le sezioni elaborate nello stato di fatto, aggiungendo eventualmente quelle ritenute significative per una corretta interpretazione degli interventi proposti.

c) **Prospetti**

d) Nel caso siano previste opere che alterino l'aspetto esterno del fabbricato, saranno forniti i nuovi elaborati grafici che illustrano le nuove proposte.

■ **B - Elaborati STRUTTURALI**

Gli elaborati strutturali, a carattere esecutivo, distingueranno:

- le strutture preesistenti;
- le strutture di nuova costruzione, quelle demolite o sostituite;
- gli interventi di consolidamento.

Comprenderanno le seguenti tavole:

a) **Piante**

Saranno graficizzati ciascun piano dell'edificio, compreso la copertura, con indicazione degli interventi proposti; nella pianta della copertura saranno indicate tutte le eventuali torrette da camino, fori, lucernari, abbaini, attici, altane, ed elementi decorativi in genere.

b) **Sezioni**

Saranno fornite almeno quelle corrispondenti al rilievo dello stato di fatto, con aggiunta di quelle ritenute necessarie ad una adeguata identificazione degli elementi di progetto.

c) **Scale ed Ascensori**

Qualora siano previsti interventi di sostituzione o di rinforzo delle strutture attuali, saranno forniti gli elaborati idonei ad individuare in modo chiaro e univoco gli interventi progettuali.

d) **Particolari costruttivi** in scala 1:10 o 1:20

Tutti quelli necessari alla illustrazione e comprensione dell'intervento progettuale di miglioramento e alla loro esecuzione.

In ogni tavola vanno indicate le caratteristiche relative ai materiali, le prescrizioni esecutive, i particolari costruttivi e di dettaglio necessari alla corretta esecuzione dell'intervento.

▲ **C - Elaborati SOVRAPPOSTI**

Gli elaborati sovrapposti saranno relativi al progetto strutturale ed evidenzieranno, mediante le colorazioni giallo e rosso, le opere di demolizione e quelle di nuova realizzazione:

a) **Piante**

Comprenderanno le fondazioni e ciascun piano dell'edificio, compresa la copertura.

b) **Sezioni**

Saranno fornite le tavole corrispondenti a quelle prodotte per lo stato di progetto.

● D - Elaborati degli IMPIANTI TECNICI

Gli elaborati degli impianti tecnici evidenzieranno gli interventi di rifacimento parziale o totale dei principali schemi di distribuzione indicando le precauzioni da prendere nella messa in opera e per la salvaguardia dell'integrità delle strutture edilizie.

Nel caso di precedenti lavori relativi agli impianti che abbiano compromesso l'integrità delle strutture murarie od altre, andrà sempre ripristinata la funzionalità strutturale delle stesse.

Non è necessario produrre tali elaborati qualora non siano previsti interventi sugli impianti esistenti.

3.5.3.1 Relazione di calcolo (eventuale)

Ai fini della verifica sismica le valutazioni da effettuare riguardano i possibili meccanismi di collasso nel piano e fuori del piano delle murature.

In particolare dovranno essere valutate:

- a) la resistenza a taglio, anche convenzionale, dei maschi murari;
- b) la resistenza per azioni ortogonali;
- c) l'efficacia dei collegamenti fra i vari elementi strutturali.

Gli schemi in base ai quali è effettuato il calcolo devono essere coerenti con le condizioni di vincolo fornite dai solai e con l'efficacia dei collegamenti.

Il confronto delle valutazioni cui sopra con quelle ottenute nello stato di fatto devono evidenziare l'effettivo incremento delle capacità dell'edificio di resistere alle azioni sismiche, nonché stimare il livello di protezione raggiunto.

Nel caso vengano proposti soltanto gli interventi "minimi", secondo quanto definito al paragrafo 3.2.1, è auspicabile, anche se non obbligatoria, la verifica di cui sopra.

3.5.3.2 Relazione di calcolo (per edifici in cemento armato)

Le relazioni di calcolo dovranno essere impostate sulla base di quelle elaborate per lo stato di fatto.

Nel caso che i calcoli di verifica siano svolti mediante elaborazione elettronica, la relazione dovrà fornire gli elementi necessari per una agevole e corretta interpretazione dei tabulati meccanografici (numerazione dei nodi e delle aste) con una rappresentazione grafica degli schemi adottati. Per la redazione della relazione di calcolo, si deve far riferimento a quanto contenuto nella Circolare C.N.R. 10024/86: "Analisi delle strutture mediante elaboratore: impostazione e redazione delle relazioni di calcolo".

Dovrà essere indicato il software impiegato e relativa versione, specificando le caratteristiche d'uso.

Dovranno essere forniti su dischetto magnetico i files dati di input e quelli di output.

La stampa dei dati di input e di output dovrà essere chiaramente leggibile, specificando simbologia, unità di misura, convenzioni relative ai segni delle grandezze vettoriali (caratteristiche di sollecitazione, azioni esterne, spostamenti); saranno indicati chiaramente

gli algoritmi di calcolo utilizzati e fornita la rappresentazione grafica completa della discretizzazione operata nella modellazione strutturale.

Occorrerà inoltre eseguire controlli dei risultati ottenuti mediante verifiche con procedimenti semplici anche se approssimati.

Per edifici già progettati per resistere alle azioni sismiche, eseguite le verifiche dello stato di fatto come indicato al punto 3.4.3, si procederà alla valutazione dell'entità degli interventi necessari per garantire la sicurezza, ricordando che gli interventi di miglioramento non devono modificare in maniera sostanziale il comportamento globale dell'edificio.

Il fascicolo dei calcoli conterrà:

- a) l'illustrazione completa della modellazione dell'organismo strutturale risultante a seguito degli interventi progettati precisando le ipotesi assunte e tenendo opportunamente conto delle presenze di elementi non strutturali resistenti; tale illustrazione sarà corredata da rappresentazioni grafiche delle schematizzazioni adottate;
- b) l'analisi dei carichi considerati e lo sviluppo dei calcoli necessari per la determinazione delle azioni di progetto, giustificando i coefficienti sismici adottati;
- c) la descrizione dei metodi di calcolo adottati e degli algoritmi utilizzati, con considerazioni sul rispetto delle ipotesi alla base di tali metodi;
- d) le verifiche delle più significative sezioni delle strutture in elevazione per le combinazioni di carico più gravose;
- e) le verifiche di compatibilità delle deformazioni tra strutture nuove e strutture esistenti.

Le verifiche debbono essere condotte, oltre che conformemente alla normativa antisismica, anche secondo quanto previsto dal D.M. 9.01.1996 e la Circolare attuativa per il cemento armato e l'acciaio.

Per gli edifici inseriti in complessi edilizi, valgono sempre le prescrizioni dettate al precedente punto 2.1. concernenti giunti e contatti tra edifici contigui.

I calcoli strutturali saranno eseguiti mediante metodi basati su modellazioni tridimensionali; se sarà eseguita un'analisi dinamica modale, per ciascuna direzione di verifica, si dovrà ottenere un fattore globale di partecipazione modale pari ad almeno 0.8.

Le verifiche strutturali saranno effettuate in tutte le sezioni più significative e per le più gravose condizioni di carico, esplicitando le tensioni nei materiali presenti in base al rilievo eseguito ed in riferimento a valori ammissibili dedotti dalle prove in situ e di laboratorio su materiali presenti.

Dovrà essere inoltre adeguatamente motivata la schematizzazione di vincolo della struttura di elevazione con quella fondazionale.”

3.5.4 Fondazioni (eventuali)

Sulla base della descrizione delle caratteristiche del terreno (prevista negli elaborati dello stato di fatto, paragrafo 3.4.4) qualora siano previsti interventi “eccezionali” deve essere prodotta una valutazione delle pressioni di contatto terreno-fondazione, per tutte le condizioni di carico definite

dalla normativa vigente, confrontate con la pressione ammissibile del terreno, secondo le modalità previste di legge.

Detta verifica può essere omessa qualora si prevedono soltanto interventi “minimi” oppure qualora siano verificate contemporaneamente le condizioni a) b) c) e d) del punto C.9.3.3 del DM 16/1/96.

3.6 Elaborati economici

Gli seguenti elaborati economici saranno compilati secondo le indicazioni fornite nelle D.3.4. predisposte dal Dipartimento Politiche Territoriali e Ambientali della Regione Toscana e consisteranno in:

- Elenco Prezzi Unitari (E.P.U.);
- Computo Metrico Estimativo (C.M.E.);
- Quadro Economico Riassuntivo (Q.E.).

Qualora nell’Edificio vi siano più Proprietari ammessi direttamente al finanziamento di cui alla L.R. 56/97 andranno compilati un C.M.E. ed un Q.E. **per ogni** U.I. e/o Proprietario; in questo caso le competenze professionali, calcolate sugli importi totali delle opere, andranno ripartite tra i singoli proprietari in proporzione all’importo delle opere preventivate.

Nella redazione del **Computo Metrico Estimativo** dovranno essere adottate le seguenti accortezze:

- per ciascuna opera computata dovrà essere specificato il codice di attribuzione secondo la distinzione riportata nelle - D.1.4 - Istruzioni Generali, nonché il numero dell’allegato grafico di riferimento della contabilità e quello del vano di riferimento in modo da poter individuare univocamente l’opera computata;
- per ciascun progressivo andranno forniti i totali di quantità e d’importo; qualora nello stesso progressivo siano presenti attribuzioni diverse, per ciascuna di queste andranno forniti i sub-totali, ma non il totale globale;
- il computo delle opere dovrà essere organizzato seguendo l’ordine alfa numerico crescente dei codici delle opere previste in progetto, specificate nelle D.3.4 “Elenco descrittivo di opere per la predisposizione dell’Elenco Prezzi e istruzioni per la redazione del C.M.E.”
- in calce al C.M.E. dovrà essere compilata la scheda per il riepilogo dei costi di intervento suddivisi per opere, secondo lo schema contenuto nelle - D.3.4 sopracitate.

Il **Quadro Economico Riassuntivo** dovrà essere redatto secondo lo schema riportato nelle sopracitate D.3.4, suddividendo le spese tecniche in competenze professionali ed oneri per indagini e diagnostica.

Dovranno inoltre essere fornite le indicazioni dei costi complessivi degli interventi previsti espressi, in L/mq e L/mc, le superfici, computate vuoto per pieno ed al lordo delle pareti murarie, ed i volumi totali.

ALLEGATO N. 1

**LEGENDE PER LA REDAZIONE
DEGLI ELABORATI GRAFICI DELL'EDIFICIO
NELLO STATO DI FATTO
E
NELLO STATO DI PROGETTO**

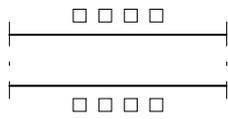
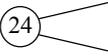
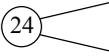
INTRODUZIONE

La presente legenda vuole essere uno strumento utile, quale simbologia di riferimento, per la redazione degli elaborati grafici dello stato di fatto (vedi tabelle da 1 a 6) degli interventi di Miglioramento di cui alle direttive D.2.4 “Istruzioni tecniche per la redazione degli elaborati di indagine, documentazione e progetto, degli interventi di miglioramento sismico degli edifici”.

La legenda si articola in nove tabelle, come di seguito specificato:

- Tab. 0 MODALITA' DI INDICAZIONE DELLA DISLOCAZIONE DEI SONDAGGI, DEI PUNTI DI PRESA E DEGLI ELEMENTI DI PREGIO ARCHITETTONICI
La tabella contiene i simboli con i quali indicare negli elaborati i punti nei quali sono stati effettuati i sondaggi, realizzate le fotografie o localizzati gli elementi di pregio architettonico.
- Tab. 1 CARATTERISTICHE E MATERIALI DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI
La tabella descrive le varie tipologie di realizzazione delle strutture in fondazione, in elevazione: verticali ed orizzontali, ecc.
Qualora l'Ente Proprietario ritenga necessario ed opportuno inserire in legenda una tipologia diversa da quella indicata, questa deve essere preventivamente concordata con il Dip.to Politiche Territoriali ed Ambientali.
- Tab. 2 COLLEGAMENTI
La tabella descrive i tipi di collegamento delle strutture murarie, travi, ecc.
- Tab. 3 DEGRADO E DISSESTO
La tabella fornisce la casistica inerente la presenza dei degradi e dissesti nelle parti strutturali.
- Tab. 4 TRACCE DEL PROCESSO DI FORMAZIONE E TRASFORMAZIONE DELL'EDIFICIO (Rilievo Critico)
La tabella descrive la simbologia utile alla rappresentazione del “Rilievo Critico” dell'edificio.
- Tab. 5 GIUNTI E DISCONTINUITA' STRUTTURALI
La tabella permette di individuare la presenza di eventuali giunti e discontinuita' strutturali.
- Tab. 6 DEGRADO E DISSESTO CONSEGUENTI L'EVENTO SISMICO
La tabella fornisce la casistica inerente la presenza dei degradi e dissesti nelle parti strutturali conseguenti l'evento sismico.
- Tab. 7 CONSOLIDAMENTI
La tabella fornisce la rappresentazione grafica della casistica inerente gli interventi consolidamento delle strutture orizzontali e verticali.
- Tab. 8 INTERVENTI DI NUOVA COSTRUZIONE , DEMOLIZIONE, RIPRISTINO STRUTTURALE E SOSTITUZIONE
La tabella fornisce la rappresentazione grafica della casistica inerente gli interventi di nuova costruzione , demolizione, ripristino strutturale e sostituzione

**0 - MODALITA' DI INDICAZIONE DELLA DISLOCAZIONE DEI SAGGI,
DEI SONDAGGI, DEI PUNTI DI PRESA E DEGLI ELEMENTI DI PREGIO
ARCHITETTONICI**
(RILIEVO CRITICO)

PIANTA	ALZATO	DESCRIZIONE
		Punti e zone in cui sono stati eseguiti dei saggi e/o sondaggi
		Elemento di pregio architettonico (il n° rimanda alla relazione descrittiva)
		Punto di ripresa fotografica (con il n° della foto)
		Punto di ubicazione dei sondaggi geognostici

N.B. la documentazione fotografica deve essere approntata conformemente a quanto illustrato ai punti 2.4.3 e 3.4.1

1 - CARATTERISTICHE E MATERIALI DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

FONDAZIONI

F.0	Assenza di fondazioni
F.1	Muratura
F.2	Getto di calcestruzzo
F.3	Come F.1 + cordolo in c.a. allo spiccato della muratura
F.4	Come F.2 + cordolo in c.a. allo spiccato della muratura
F.5	Fondazioni su platea
F.6	Travi rovesce in c.a.
F.7	Travi rovesce in c.a. su pali
F.8	Plinti in c.a. non collegati
F.9	Plinti in c.a. non collegati su pali
F.10	Plinti in c.a. collegati
F.11	Plinti in c.a. collegati su pali
F.12

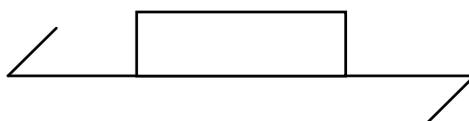
STRUTTURE VERTICALI

SV.1	Muratura a sacco	SV.11	Muratura di mattoni forati
SV.2	C.s. con spigoli, mazzette e/o ricorsi in mattoni pieni e/o in cls	SV.12	Muratura in pietra e laterizio
SV.3	Muratura in pietra sbazzata	SV.13	Muratura in pietra e cls
SV.4	C.s. con spigoli, mazzette e/o ricorsi in mattoni pieni e/o in cls	SV.12	Pareti in calcestruzzo armato
SV.5	Muratura in pietra arrotondata	SV.15	Pareti in calcestruzzo non armato
SV.6	C.s. con spigoli, mazzette e/o ricorsi in mattoni pieni e/o in cls	SV.16	Telai in c.a. non tamponati
SV.7	Muratura in blocchi di tufo o in pietra ben squadrate	SV.17	Telai in c.a. con tamponature deboli (con grandi aperture)
SV.8	Muratura in blocchi di cls prefabbricato, con inerti ordinari	SV.18	Telai in c.a. con tamponature consistenti (senza grandi aperture)
SV.9	C.s. con inerti leggeri	SV.19	Miste (SV. da 1 a 15 associate a SV. da 16 a 18)
SV.10	Muratura di mattoni pieni	SV.20

STRUTTURE ORIZZONTALI

SO.1	Solai in legno senza soletta
SO.2	Solai in legno con catene o tiranti
SO.3	Solai in laterocemento senza soletta
SO.4	Solai in ferro e laterizio senza soletta
SO.5	Solai in ferro e laterizio senza soletta con catene o tiranti
SO.6	Volte in muratura senza catene
SO.7	Volte in muratura con catene
SO.8	Solai in laterocemento con soletta
SO.9	Solai in ferro e laterizio con soletta
SO.10	Solai in legno con soletta
SO.11	Solai a lastra in c.a.
SO.12	controsoffitti leggeri (cannicciato e rete)
SO.13	Solai leggeri (putrelle o travetti e tavelloni, senza caldana e riempimento)
SO.14

N.B.: l'orditura del solaio dovrà essere evidenziata con il seguente simbolo



SCALE

SC.1	Struttura appoggiata in legno
SC.2	Struttura a sbalzo in legno
SC.3	Struttura appoggiata in acciaio
SC.4	Struttura a sbalzo in acciaio
SC.5	Struttura appoggiata in pietra o laterizio
SC.6	Struttura a sbalzo in pietra o laterizio
SC.7	Volta appoggiata in laterizio
SC.8	Volta appoggiata in pietra
SC.9	Struttura appoggiata in c.a.
SC.10	Struttura a sbalzo in c.a.
SC.11

COPERTURE

CO.1	In legno spingenti
CO.2	In legno poco spingenti
CO.3	In legno a spinta eliminata
CO.4	Latero-cementizie con cappa o solette in c.a.
CO.5	In acciaio spingenti
CO.6	In acciaio non spingenti
CO.7	Latero-cementizie o solette in c.a. non spingenti
CO.8	Latero-cementizie senza cappa in c.a.
CO.9

N.B.: La presenza di cordolo perimetrale in c.a. sarà indicata con il simbolo * a fianco della copertura

ARCHITRAVI

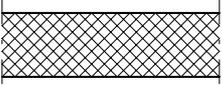
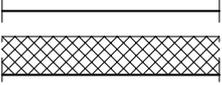
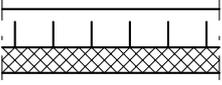
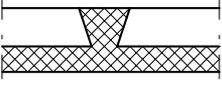
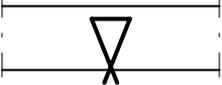
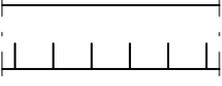
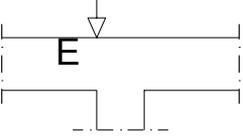
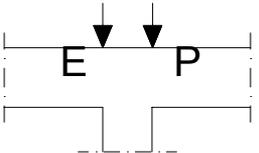
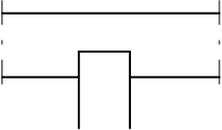
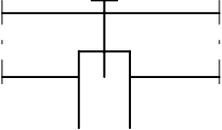
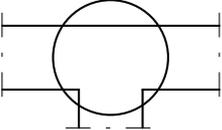
AT.1	In pietra
AT.2	In laterizio armato
AT.3	In cemento armato
AT.4	In legno
AT.5	In ferro
AT.6

ARCHI

AR.1	In pietra senza catene
AR.2	In pietra con catene
AR.3	In laterizio senza catene
AR.4	In laterizio con catene
AR.5	In c.a. senza catene
AR.6	In c.a. con catene
AR.7

2 - COLLEGAMENTI

(Rappresentazione in pianta)

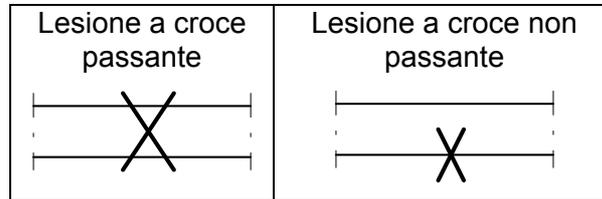
SIMBOLO	DESCRIZIONE
	Cordolo continuo per tutto lo spessore
	Cordolo continuo di spessore parziale
	Collegamento in aderenza (cordolo in c.a., profilato) mediante perforazioni armate
	Collegamento in aderenza (cordolo in c.a., profilato) mediante code di rondine
	Collegamento discontinuo (a coda di rondine)
	Collegamento della soletta in c.a. alle strutture verticali con perforazioni armate
	Catene e tiranti non in tensione: E esistente (indicare quota)
	Catene e tiranti in tensione: E esistente (indicare quota) P progetto (indicare quota)
	Travi in legno semplicemente appoggiata alle murature d'ambito senza collegamenti
	Collegamento di travi in legno alle murature d'ambito con lame o piastre
	Pareti ortogonali ammorsate o con altro tipo di collegamento

3 - DEGRADO E DISSESTO

(Rappresentazione in pianta)

Per le lesioni alle murature la simbologia sotto riportata è riferita a casi in cui queste siano passanti l'elemento; nel caso in cui queste non siano passanti, il relativo simbolo dovrà essere riportato sul solo lato interessato dalla lesione stessa. Ciò vale con particolare riferimento alle strutture portanti, anche se sono da evidenziare le eventuali lesioni sui tamponamenti non portanti.

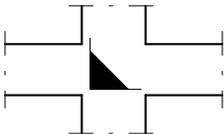
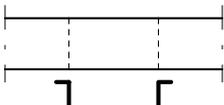
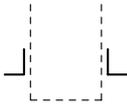
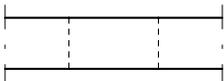
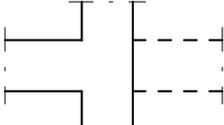
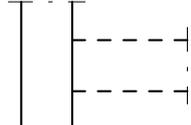
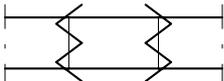
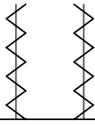
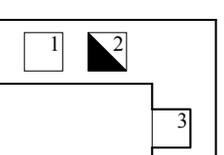
Esempio:



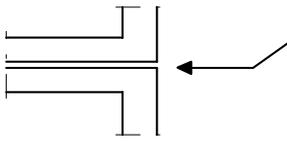
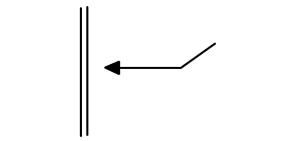
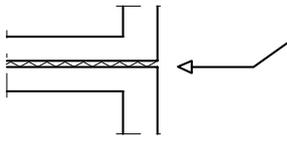
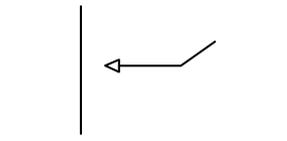
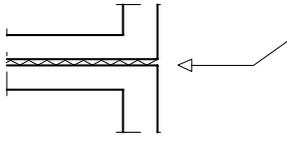
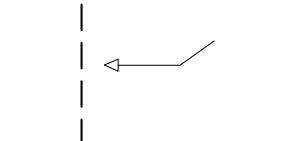
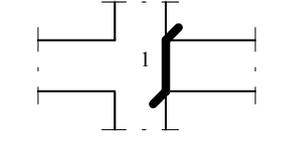
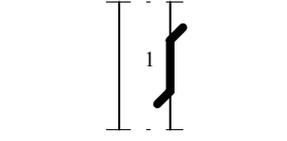
SIMBOLO	DESCRIZIONE	SIMBOLO	DESCRIZIONE
	Lesione isolata		Lesione diffusa
	Lesione a croce		Lesione di architrave
	Lesione a croce		Schiacciamento (con espulsione di materiale)
	Lesione a croce		Crollo
	Discontinuità fra murature perpendicolari		Orditura di solaio inflessa
	Strapiombo della muratura		Orditura di solaio molto fatiscente
	Area di cedimento delle fondazioni		Umidità

N.B.: Sul prospetto rappresentare graficamente l'effettivo stato di degrado e/o dissesto

4 - TRACCE DEL PROCESSO DI FORMAZIONE E TRASFORMAZIONE DELL'EDIFICIO (RILIEVO CRITICO)

PIANTA	ALZATO	DESCRIZIONE
		Spigolo inglobato nella muratura senza ammorsatura
		Apertura tamponata senza ammorsatura
		Apertura tamponata con ammorsatura
		Traccia di elemento eliminato (solaio, volta, copertura, scala, parete, ecc.)
		Apertura ricavata in rottura rispetto alla parete preesistente
	<p>Sul prospetto o sezione rappresentare graficamente la posizione della cavità o della canalizzazione</p>	Canna fumaria (rispettivamente non utilizzata (1), o in uso (2)), canalizzazione importante in traccia (3)

5 - GIUNTI E DISCONTINUITA' STRUTTURALI (STATO DI FATTO)

PIANTA	ALZATO	DESCRIZIONE
		Giunto conforme
		Giunto non conforme, protetto
		Giunto non conforme o pareti in aderenza
		Pareti non ammorsate (il n° 1 indica la parete preesistente)
D	D	Altro tipo di discontinuità strutturale

6 - DEGRADO E DISSESTO CONSEGUENTI L'EVENTO SISMICO

La simbologia riportata in questo paragrafo è mirata a rappresentare il quadro fessurativo degli elementi strutturali e non strutturali rifacendosi alla simbologia usata nei precedenti paragrafi.

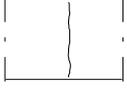
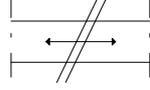
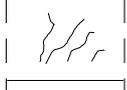
L'indicazione grafica della lesione deve essere corredata dall'indicazione che descrive la lesione secondo le legende della sez. 8 "Estensione e livello del danno" delle ISTRUZIONI PER LA COMPILAZIONE DELLA SCHEDA DI I LIVELLO o in alternativa dai millimetri della lesione.

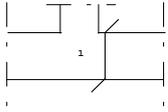
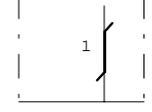
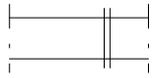
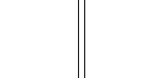
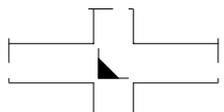
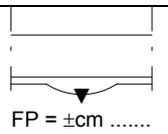
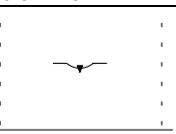
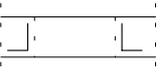
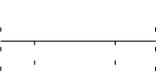
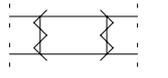
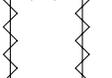
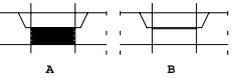
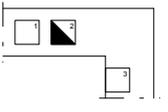
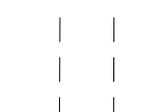
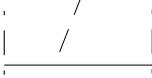
In alzato (prospetto o sezione) rappresentare graficamente l'effettivo stato di degrado e/o dissesto anche in riferimento alle legende di cui sopra.

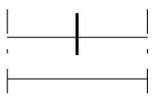
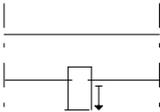
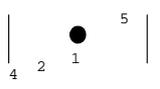
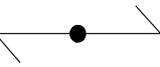
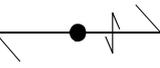
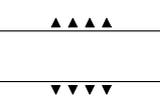
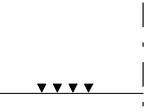
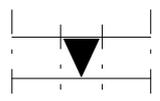
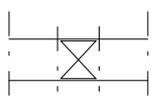
Per le lesioni alle murature la simbologia sotto riportata è riferita a casi in cui queste siano passanti l'elemento; nel caso in cui queste non siano passanti, il relativo simbolo dovrà essere riportato in adiacenza sul solo lato interessato dalla lesione stessa. Cio vale con particolare riferimento alle strutture portanti, anche se sono da evidenziare le eventuali lesioni sui tamponamenti non portanti.

Esempi:

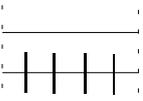
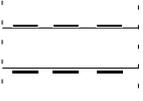
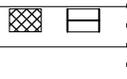
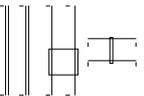
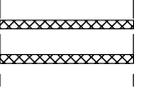
PIANTA		ALZATO
Lesioni diffuse passanti	Lesione diffuse non passanti	Lesione diffuse passanti o non passanti
		
Es.: 6 o 7D o mm	Es.: 6 o 7D o mm	Es.: 6 o 7D o mm
Lesioni a croce passanti	Lesione a croce non passanti	Lesione a croce passanti o non passanti
		
Es.: 3D o mm	Es.: 3D o mm	Es.: 3D o mm

PIANTA	ALZATO	DESCRIZIONE
 Es.: 3D o mm Es.: 6 o 7D o mm	 Es.: 3D o mm Es.: 6 o 7D o mm	a) Lesione isolata sia all'interno del pannello (tipo 3) che agli estremi del pannello passanti o no (tipo 6 o 7)
 Es.: 3D o mm	 Es.: 3D o mm	b) Lesione a croce (tipo 3)
 Es.: 6 o 7D o mm	 Es.: 6 o 7D o mm	c) Lesioni diffuse passanti o no (tipo 6 o 7)

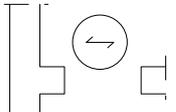
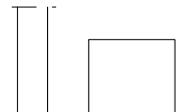
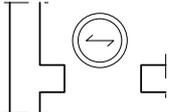
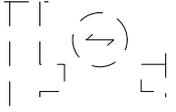
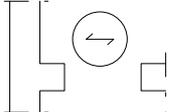
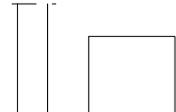
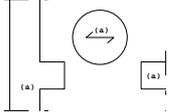
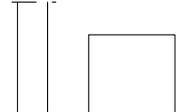
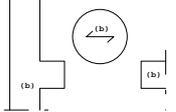
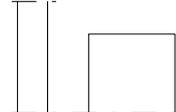
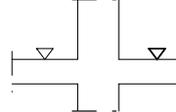
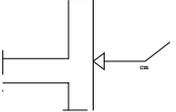
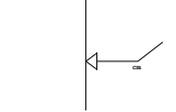
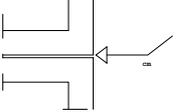
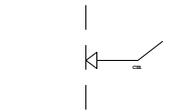
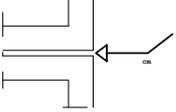
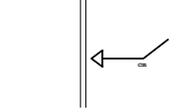
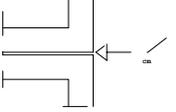
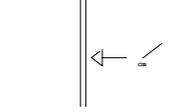
PIANTA	ALZATO	DESCRIZIONE
 <p>Es.: 6 o 7D o mm</p>	 <p>Es.: 6 o 7D o mm</p>	d) Lesione in corrispondenza di pareti non ammortate (il n° 1 indica la parete preesistente)
 <p>Es.: 6 o 7D o mm</p>	 <p>Es.: 6 o 7D o mm</p>	e) Lesione in corrispondenza di pareti in linea non ammortate
 <p>Es.: 6 o 7D o mm</p>	 <p>Es.: 6 o 7D o mm</p>	f) Lesione in corrispondenza di cantonale inglobato nella muratura senza ammortatura
 <p>FP = ±cm</p>	 <p>FP = ±cm</p>	g) Spanciamento del pannello murario fuori dal proprio piano (- interno + esterno)
 <p>Es.: 6 o 7D o mm</p>	 <p>Es.: 6 o 7D o mm</p>	h) Lesione in corrispondenza di apertura tamponata senza ammortatura; il simbolo L indica assenza di ammortamento. (L spalletta e/o architrave di apertura tamponata).
 <p>Es.: 6 o 7D o mm</p>	 <p>Es.: 6 o 7D o mm</p>	i) Lesione in corrispondenza di apertura tamponata con ammortatura
 <p>Es.: 6 o 7D o mm</p>	 <p>Es.: 6 o 7D o mm</p>	l) Lesione in corrispondenza di apertura ricavata in rottura rispetto alla parete preesistente
 <p>A B</p> <p>Es.: 1D o mm</p>	 <p>A B</p> <p>Es.: 8D o mm</p>	m) Lesione di architrave: se si tratta di elemento strutturale indicare come in A, se si tratta di elemento riportato indicare come in B
 <p>Es.: 6 o 7D o mm</p>	 <p>Es.: 6 o 7D o mm</p>	n) Lesione in corrispondenza di canna fumaria o camino (rispettivamente non utilizzata (1), o in uso (2)), canalizzazione importante in traccia (3) messe in luce dall'evento sismico
 <p>Es.: 6 o 7D o mm</p>	 <p>Es.: 6 o 7D o mm</p>	o) Lesione in corrispondenza canalizzazione di piccole dimensioni (es.: impianti elettrici, idrici, ecc.)

PIANTA	ALZATO	DESCRIZIONE
 Es.: 8D o mm	 Es.: 8D o mm	p) Punzonamento di elementi strutturali orizzontali sulle murature
 cm		q) Scorrimento relativo tra elemento orizzontale portante e muratura
 Es.: mm		r) Dissesto su volte (1, 2, 4, 5)
 Es.: mm		s) Dissesto nell'orditura principale del solaio
 Es.: mm		t) Dissesto nell'orditura secondaria del solaio
 cm	 cm	u) Area di cedimento delle fondazioni
 cm		v) Crollo provocato dal sisma
 Es.: 4D o mm	 Es.: 4D o mm	z) Schiacciamento (con espulsione di materiale)

7 - CONSOLIDAMENTI

PIANTA	ALZATO	DESCRIZIONE
		Iniezioni di miscele leganti
		Applicazione di lastre in cls e rete metallica
		Pilastrini in breccia (in c.a. o di metallo)
		Cerchiatura di travi o pilastri (totale o parziale)
		Cerchiatura di apertura
		Risarcitura localizzata (muratura) o ripristino con conglomerato (c.a.)
		Irrigidimento del solaio o volta con soletta in cls
		Irrigidimento solaio in legno con doppio tavolato
		Consolidamento della fondazione
		Altro tipo di consolidamento (con richiamo alla relazione tecnica generale)
		Consolidamento di fondazione con palo

8 - INTERVENTI DI NUOVA COSTRUZIONE, DEMOLIZIONE, RIPRISTINO STRUTTURALE, SOSTITUZIONE, CONSOLIDAMENTO, ECC. (PROGETTO)

PIANTA	ALZATO	DESCRIZIONE
		Elementi confermati nello stato di fatto
		Elementi di nuova costruzione. Va aggiunto il relative simbolo del materiale [Vedi Tab. 1]
		Elementi da demolire
		Elementi da sostituire con materiali analoghi a quelli preesistenti (ripristino strutturale). Va aggiunto il simbolo relativo al materiale impiegato [Vedi Tab. 1]
		Elementi da sostituire anche con materiali diversi da quelli preesistenti. Va aggiunto il simbolo relativo al materiale impiegato [Vedi Tab. 1]
		Elementi da consolidare. Va aggiunto il simbolo relativo al tipo di consolidamento [Vedi Tab. 6]
		Quote uguali o diverse rispetto allo stato di fatto
		Giunto da creare
		Giunto da eliminare
		Giunto da conservare nello stato di fatto
		Giunto da modificare (specificare il tipo di intervento)

ALLEGATO N. 2

QUADERNO DEI LAVORI

COMUNE SCHEDA (domanda di contributo) N. _____

/ _____

**REGIONE TOSCANA
GIUNTA REGIONALE**

**Dipartimento Politiche
Territoriali e Ambientali**

LEGGE REGIONALE N° 56 DEL 30 LUGLIO 1997

**INTERVENTI SPERIMENTALI DI PREVENZIONE
PER LA RIDUZIONE DEL RISCHIO SISMICO
NELL'AREAL DELLA LUNIGIANA, GARFAGNANA
E MEDIA VALLE DEL SERCHIO**

QUADERNO DEI LAVORI

COMUNE

LOCALITÀ

EDIFICIO

SCHEDA

DIRETTORE dei LAVORI

N° intervento Descrizione: _____

DESCRIZIONE E MODALITÀ DI ESECUZIONE DELL'INTERVENTO

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

NUMERO DELLE FOTOGRAFIE INTERESSATE (secondo numerazione progressiva riportata in planimetria e/o sezione)

.....
.....
.....

EVENTUALI MODIFICHE AGLI INTERVENTI DI PROGETTO

.....
.....
.....
.....
.....
.....

NUOVI ELABORATI PROGETTUALI

..... Tav. n°

..... Tav. n°

..... Tav. n°

EVENTUALI ANNOTAZIONI

.....
.....
.....
.....
.....
.....

SCHEDE FOTOGRAFICHE

FOTO n. _____ *Intervento di*

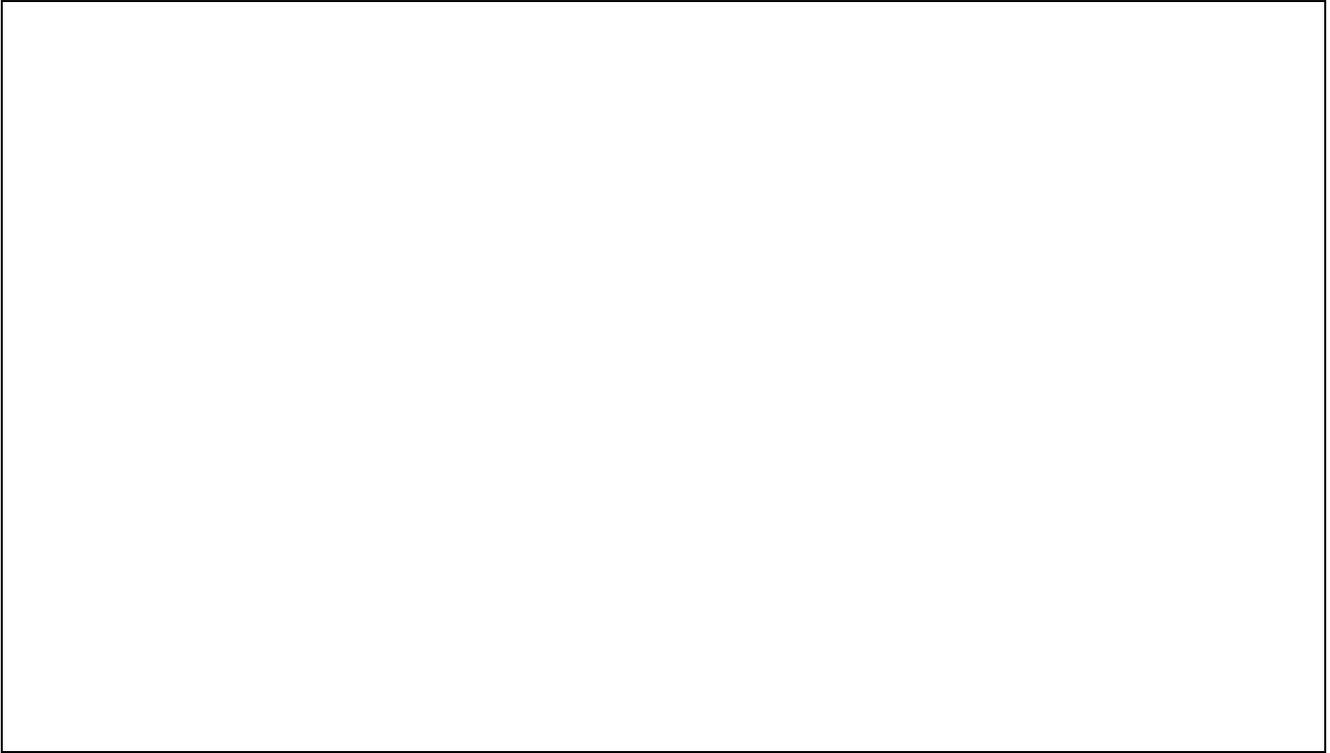
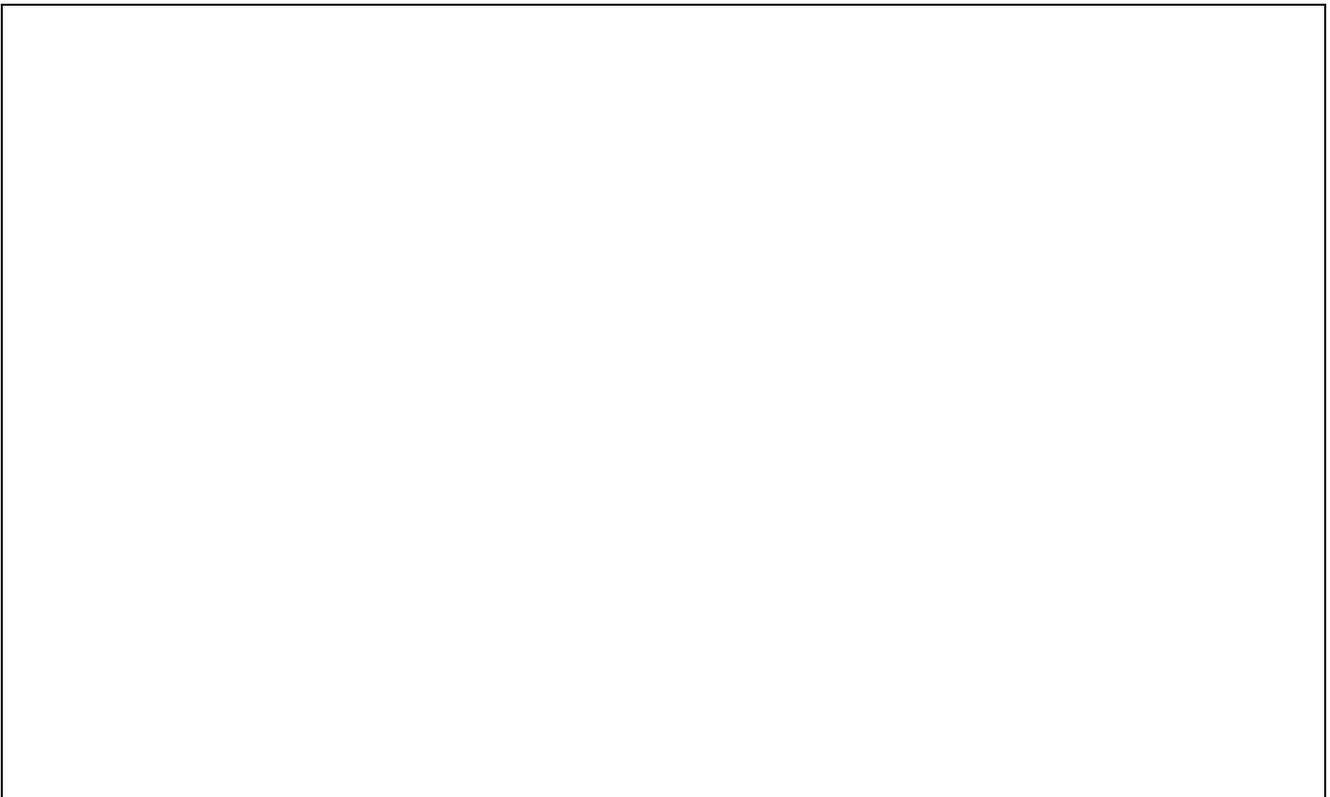


FOTO n. _____ *Intervento di*



PLANIMETRIA / SEZIONE / PROSPETTO con i punti di ripresa delle fotografie _____

A large, empty rectangular box with a thin black border, occupying most of the page. It is intended for the user to draw a planimetry, section, or perspective view of a building, and to indicate the points from which photographs were taken.

NB: In caso di edifici a più piani compilare più schede

ALLEGATO N. 3

**DIRETTIVE DEL MINISTERO
PER I BENI CULTURALI ED AMBIENTALI**

**RACCOMANDAZIONI: INTERVENTI SUL PATRIMONIO MONUMENTALE
A TIPOLOGIA SPECIALISTICA IN ZONE SISMICHE**

ALLEGATO N. 4

**DIRETTIVE DEL MINISTERO
PER I BENI CULTURALI ED AMBIENTALI**

DIRETTIVE PER LA REDAZIONE ED ESECUZIONE DI PROGETTI DI
RESTAURO COMPRENDENTI INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO E
MANUTENZIONE NEI COMPLESSI ARCHITETTONICI DI VALORE
STORICO-ARTISTICO IN ZONA SISMICA

ALLEGATO N. 5

**SCHEMA DI VULNERABILITÀ
SISMICA G.N.D.T. / C.N.R.**

I e II LIVELLO

**D.2.4 - ISTRUZIONI TECNICHE -
ALLEGATO 6**

***ISTRUZIONI TECNICHE PER LA PROGRAMMAZIONE
DELLE INDAGINI SUL CALCESTRUZZO
E PER L'ELABORAZIONE DEI DATI DI PROVA***

Aggiornamento

INDICE

- All. 6.A** INTRODUZIONE
- All. 6.B** RUOLI E COMPETENZE DEI SOGGETTI COINVOLTI
 - 1.3.1.1.4**
- All. 6.C** CRITERI GENERALI PER L'INDIVIDUAZIONE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI DA INDAGARE
 - 1.3.1.1.5**
- All. 6.D** DATI CONTENUTI NEL CERTIFICATO
- All. 6.E** MODALITÀ D'ESECUZIONE DELLE PROVE - PREPARAZIONE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI DA INDAGARE:
A cura del personale dell'Amministrazione Comunale e/o Provinciale o dell'Impresa Edile da essa incaricata
- All. 6.E.1** Prove non distruttive - A cura dei tecnici del Laboratorio incaricato
- All. 6.E.2** Prove distruttive - A cura dei tecnici del Laboratorio incaricato
- All. 6.F** TABELLA RIASSUNTIVA DELLE PROVE PREVISTE
- All. 6.G** PIANTE DELL'EDIFICIO
e seg.
- All. 6.H** SCHEDA R. T. "***PROVE QUALITÀ CALCESTRUZZO***"
- All. 6.I** COPIA DEL CERTIFICATO EMESSO DAL LABORATORIO INCARICATO DELL'ESECUZIONE DELLE PROVE
- All. 6.L** INTERPRETAZIONE ED ELABORAZIONE DEI DATI DI PROVA
- All. 6.L.1** TABELLA PER L'ELABORAZIONE DEI DATI RELATIVI AL METODO INDIRETTO (SONREB)
- All. 6.L.2** TABELLA PER L'ELABORAZIONE DEI DATI RELATIVI AL METODO DIRETTO (CAROTAGGIO)
- All. 6.L.3** TABELLA RIASSUNTIVA DEI DATI DI PROVA
- All. 6.L.4** PIANTE DELL'EDIFICIO
- All. 6.M** METODOLOGIE R. T. PER LA LETTURA DEGLI ULTRASUONI NEL METODO SONREB

INTRODUZIONE

Comune di ...

EDIFICIO ...

Località ...

Contiene gli elementi per una descrizione il più dettagliata possibile delle caratteristiche strutturali dell'edificio oggetto d'indagine, suddiviso negli eventuali edifici o aggregati strutturali che lo compongono.

(Per le definizioni di tali termini si rimanda al punto 1.1 del Manuale per il *Rilevamento dell'esposizione e vulnerabilità sismica degli edifici – Istruzioni per la compilazione della scheda di I livello*)

Devono essere riportati in particolar modo i seguenti dati:

- e) data di progettazione e di costruzione dell'edificio con relativa normativa di riferimento
- f) descrizione di eventuali varianti e/o interventi successivi con relativa normativa di riferimento;
- g) caratteristiche dell'aggregato strutturale (se costituito da uno o più edifici e se tra questi vi è presenza di giunti tecnici);
- h) tipologie costruttive impiegate e relative caratteristiche dimensionali (sia della struttura portante, che dei solai, dei tamponamenti e dei tramezzi; indicare inoltre se i telai sono orditi in una o più direzioni).

Tali informazioni possono essere desunte dagli elaborati di progetto, ma devono essere comunque verificate mediante saggi conoscitivi eseguiti in situ, di cui deve essere fornita relativa documentazione fotografica.

RUOLI E COMPETENZE DEI SOGGETTI COINVOLTI

COMUNE DI ...

EDIFICIO ...

Loc. ...

I soggetti coinvolti nella determinazione della qualità del cls, ognuno con le proprie competenze, sono:

a. Amministrazione Comunale e/o Provinciale

Alle Amministrazioni Comunali e/o Provinciali spetta il reperimento di tutto il materiale necessario allo svolgimento del programma di indagini, quali elaborati grafici, computi metrici, capitolato di appalto, certificato di collaudo.

Il pagamento degli oneri da corrispondere all'Impresa Edile è a carico dell'Amministrazione Comunale e/o Provinciale, che dovrà anche assicurare l'assistenza tecnica per la predisposizione delle indagini, designando una ditta edile o utilizzando personale della stessa Amministrazione per le operazioni di stonacatura e di demolizione pertinenti alle prove, molatura delle superfici del cls posto in vista, montaggio trabattelli o ponteggi per operare su elementi posti ad altezze elevate, e tutte le operazioni di ripristino degli intonaci, risarcitura delle parti di murature demolite e decappaggio delle carote prelevate.

L'Ufficio Tecnico deve, inoltre, assicurare gli indirizzi e l'assistenza all'Impresa, al Professionista incaricato, al Laboratorio e all'Ufficio Regionale, affinché quanto necessario per le indagini sia condotto positivamente.

Rimane di competenza dell'Amministrazione interessata l'approvazione ultima dei programmi elaborati dai Professionisti incaricati.

b. Responsabile dell'Ufficio Tecnico o Professionista incaricato

È responsabile della stesura del programma d'indagine e dell'elaborazione dei dati derivanti dalle prove, come riportati nel Certificato emesso dal Laboratorio incaricato, al fine della determinazione della resistenza effettiva del calcestruzzo indagato, ovvero del valore di R_{ck} da assumere in fase di un'eventuale progettazione d'intervento di miglioramento e/o adeguamento sismico e/o per la definizione del livello di vulnerabilità dell'edificio stesso.

c. Personale dell'Amministrazione Comunale e/o Provinciale e/o Impresa Edile

Le operazioni che riguardano l'Impresa sono descritte nell'*All.6.E* per quanto riguarda la preparazione degli elementi strutturali per le prove, ed interesseranno anche la fase finale dei lavori per il decappaggio del foro del carotaggio.

In ogni caso, almeno un operaio dovrà essere a disposizione durante l'esecuzione delle prove (stonacature suppletive, demolizioni che si riterranno necessarie per il miglior svolgimento delle prove da parte dei Tecnici di Laboratorio).

Si vuole sottolineare l'importanza di questa fase operativa, in quanto il lavoro dei tecnici del Laboratorio deve essere ben predisposto **prima della data stabilita per l'inizio delle prove**, onde evitare inutili ritardi sul piano di lavoro che possono compromettere la buona riuscita delle giornate di prove.

d. Laboratorio autorizzato al rilascio del Certificato per prove di qualità sui materiali

Il Laboratorio si occuperà dell'esecuzione delle prove indicate nell'apposita tabella (v. *All. 6.F*), compreso il prelievo delle carote **che dovranno essere sempre passanti** sull'intero elemento strutturale, salvo eccezioni da concordare con la R.T..

Si precisa che durante l'esecuzione della prova di carotaggio il laboratorio dovrà porre tutte le attenzioni necessarie ad **evitare il taglio di barre di armatura** (ferri longitudinali e staffe). In particolare si ricorda che la zona su cui effettuare il prelievo deve essere individuata in una fascia interna a due staffe consecutive. In ogni caso occorre preventivamente individuare la posizione dei ferri sulle facce opposte dell'elemento strutturale in modo da evitare il tranciamento degli stessi.

Qualora vengano intercettate barre di armatura, il Laboratorio deve immediatamente sospendere la prova di carotaggio interrompendo il prelievo ed è tenuto ad informare i Tecnici dell'Ufficio Regionale in merito alla decisione di prelevare comunque un provino non passante o se si rende necessario, per le dimensioni ridotte dell'elemento strutturale o altro, ricercare un nuovo elemento da indagare.

Nel caso di prelievo non passante, si deve procedere con estrema cautela e decisione al momento della rottura, senza creare ulteriore situazione di stress per il campione e facendo in modo di ottenere un distacco dello stesso dal resto dell'elemento strutturale praticando una leggera e decisa azione di leva sul bordo in vista del prelievo, operazione che sarà fatta esclusivamente dai tecnici del Laboratorio.

Nel caso d'interruzione del provino, la foto della sua porzione costituisce un documento importante al fine di valutare la superficie di rottura.

Il Laboratorio deve, inoltre, assicurare un'organizzazione autonoma del cantiere, predisposta in modo tale da consentire l'esecuzione delle indagini nel totale rispetto delle indicazioni regionali (numero di tecnici coinvolti, numero di giorni di prova, successione delle fasi operative ...).

Dovrà provvedere a fornire all'Ufficio scrivente tutte le informazioni ed i dati richiesti per ciascun elemento strutturale indagato attraverso la completa e corretta compilazione delle apposite schede d'indagini diagnostiche, "**Scheda prove qualità calcestruzzo**", stilate dalla Regione Toscana, corredate della necessaria **documentazione fotografica**, secondo quanto indicato negli Allegati suddetti delle I.T. Regionali.

Il Laboratorio dovrà, infine, stilare il **Certificato** secondo quanto indicato nell'*All. 6.D* del presente documento e trasmetterlo in originale o copia fotostatica all'Ufficio competente rappresentante la Committenza..

Il pagamento degli oneri da corrispondere al Laboratorio esecutore delle prove è a carico dell'Amministrazione locale e/o della Regione Toscana, a seconda delle modalità amministrative di volta in volta definite dalla stessa R. T.

Si sottolinea che l'Amministrazione competente provvederà ad effettuare al Laboratorio il pagamento degli oneri di spesa previsti, previo parere favorevole dell'Ente Regionale.

La valutazione della corretta esecuzione delle indagini sarà effettuata da tecnici regionali appositamente incaricati.

e. Ufficio Regionale – Dip.to P.T.A. Area – Servizio Sismico Regionale

L'Ufficio si fa carico di un coordinamento complessivo delle attività e dei vari soggetti coinvolti al fine dell'ottimizzazione dei dati, restando inteso che ciò nulla toglie alla responsabilità dell'Ufficio Tecnico in merito alla scelta ed estensione delle indagini ed alla valutazione ed utilizzazione dei risultati.

Le indagini, concordate congiuntamente tra l'Ufficio scrivente ed i Tecnici del Laboratorio al fine di ottimizzare lo svolgimento delle stesse, devono essere svolte con il seguente ordine:

1. *Metodo Sonreb, ovvero:* - *sclerometrico su tutti gli elementi individuati in All. 6.F, tabella1;*
- *ultrasuoni su tutti gli elementi individuati in All. 6.F, tabella1;*
2. *Carotaggio, ove previsto, solo sugli elementi individuati in All. 6.F, tabella 1;*

Per confrontare i valori e quindi l'attendibilità dei metodi su alcuni elementi saranno effettuati tutti i metodi di indagine descritti ai punti *a) e b)*, mentre su altri è prevista la sola applicazione del **Metodo Sonreb**.

ALL. 6. C

- 1.3.1.1.6 Criteri generali per l'individuazione degli elementi
- 1.3.1.1.7 strutturali significativi da indagare.

COMUNE DI ...
EDIFICIO ...
Loc. ...

1.3.1.1.8

Poiché per motivi economici e di tempo non è pensabile estendere la campagna di prove su tutti gli elementi strutturali dell'edificio indagato, occorre prevedere le indagini su un numero di elementi tale da rappresentare in maniera significativa le caratteristiche medie dei getti di cls in termini di omogeneità, di qualità, di resistenza meccanica e di degrado della struttura nella sua interezza.

In tale fase è necessario mediare tra diverse esigenze:

- non arrecare troppi danni alle strutture (con l'esecuzione di carotaggi);
- contenere i costi;
- limitare i margini di incertezza dei dati di prova operando con metodi diversi accoppiabili tra loro e utilizzando le varie prove per tararne altre (i sondaggi di tipo distruttivo possono venire utilizzati anche per tarare le indagini non distruttive).

Occorre precisare che:

- le strutture progettate per sopportare soltanto i carichi verticali, non essendo incluse negli elenchi normativi di zone a rischio sismico al momento della redazione del progetto, sono caratterizzate dalla presenza di telai portanti orditi in una sola direzione;
- le strutture progettate per resistere anche a sollecitazioni di tipo orizzontale hanno in genere i telai portanti orditi almeno in entrambe le direzioni;
- anche in zone classificate sismiche da tempo è facile trovare edifici in c.a. progettati e realizzati con telai portanti orditi in una sola direzione e con orizzontamenti non sufficientemente rigidi.

In base a queste considerazioni si può assumere che, in ogni caso, i piani più bassi sono i più sollecitati ai carichi verticali e alle azioni sismiche ed in queste zone è necessario pertanto che il cls risponda in modo più rigoroso a standard di resistenza meccanica elevati.

Tra i pilastri dei piani bassi, i più sollecitati per azioni sismiche si trovano in genere in posizione di bordo o d'angolo, rimanendo valide le considerazioni relative alla presenza di piani soffici.

I fattori di valutazione da tenere quindi presente nella scelta degli elementi strutturali disponibili risultano in via approssimativa i seguenti:

- **livello di sollecitazione presente nell'elemento strutturale:** occorre scegliere ove possibile alcuni tra gli elementi presenti nella struttura maggiormente sollecitati, provvedendo a verificarne lo stato tensionale per carichi verticali (calcolo dei tassi di lavoro), qualora si prevedesse di eseguire sui medesimi prove di tipo diretto (prelievo di campioni da sottoporre a prova di compressione, con conseguente ed inevitabile indebolimento delle sezioni resistenti);
- **disposizione in pianta ed in elevazione degli elementi strutturali;**
- **dimensioni planovolumetriche e presenza di nuclei rigidi:** in un edificio di limitato sviluppo planivolumetrico e privo di nuclei rigidi in c.a. collocati in posizioni laterali o di bordo o d'angolo e le cui maglie sono distribuite uniformemente, la scelta degli elementi strutturali da indagare può effettuarsi senza particolari accorgimenti, in quanto è da ritenersi bassa la probabilità di effetti torsionali.
- **disposizione del sistema resistente:** l'individuazione degli elementi strutturali campione è opportuna per maglie di telaio e per piani, al fine di verificare con uniformità ad ogni livello la qualità strutturale di tutti i telai esistenti;
- **individuazione delle armature:** deve essere effettuata sulla base degli elaborati progettuali originari sia per i ferri longitudinali che per le staffe, avendo cura di verificarne la corrispondenza con lo stato di fatto. La corretta ed accurata esecuzione di tali operazioni consentirà, infatti, di evitare modifiche in corso d'opera al programma d'indagine previsto, dovute al sopraggiunto pericolo di incorrere nel taglio di porzioni di barre di armatura durante il prelievo di un campione.

Poichè negli edifici in c.a. esistenti si identificano come più probabili i meccanismi di collasso di piano (travi forti e colonne deboli), nella scelta degli elementi strutturali da indagare si deve privilegiare l'elemento pilastro rispetto all'elemento trave, su cui si procederà all'esecuzione prevalentemente di prove di tipo indiretto.

In particolare:

Elemento pilastro:

Occorre scegliere quale zona oggetto di prove, quella soggetta a modeste sollecitazioni tenendo presente che:

- si possono ottenere valori falsati, in quanto gli stati tensionali peggiori si hanno in prossimità della testa e del piede del pilastro dove il cls può avere una segregazione fra i componenti elevata;
- la diminuzione di sezione resistente derivante dal prelievo può comportare problemi in una zona particolarmente sollecitata e in presenza di un calcestruzzo di qualità scadente; quindi non verranno prese in considerazione zone limitrofe al piede o alla testa del pilastro; inoltre tale zona dovrà avere un cls abbastanza omogeneo.

Pertanto si sceglierà una zona in una fascia intermedia rispetto all'altezza del pilastro, dove il momento è pressoché nullo.

Elemento Trave:

Per quanto riguarda le travi il ragionamento è simile: in questo caso non si hanno in genere fenomeni di segregazione dei componenti del cls, se non alla base della trave stessa. Si sceglieranno, per comodità operative, travi alte e si eseguirà l'eventuale carotaggio nella parte sottostante il soffitto sul fianco della trave, avendo cura, ove possibile, di porsi a circa $1/5$ della luce della trave.

Inoltre, per evitare di tagliare ferri di armatura, bisogna fare il campionamento in prossimità della parte di trave in cui si hanno le tensioni inferiori, cioè nelle vicinanze dell'asse neutro.

Bisogna tenere presente però, che se è vero che nella zona descritta si hanno dei momenti bassi, è anche vero che in questa zona si possono trovare i ferri sagomati che assorbono le sollecitazioni di taglio.

DATI CONTENUTI NEL CERTIFICATO

COMUNE DI ...

EDIFICIO ...

Loc. ...

a. Prove per la determinazione dell'indice sclerometrico

- *Data esecuzione delle prove*
- *Riferimento alla Normativa vigente*
- *Tipo di pacometro utilizzato*
- *Tipo di sclerometro utilizzato*
- *Indicazione della taratura dello strumento*
- *Direzione della battuta sclerometrica*
- *Indicazione degli elementi strutturali indagati*
- *Eventuale presenza di vernici o altro sull'elemento stesso non rimovibili*
- *Valori degli indici di rimbalzo per ogni battuta*
- *Valore medio degli stessi*
- *Deviazione standard*
- *Tabelle riassuntive*
- *Individuazione degli elementi strutturali indagati su planimetria fornita insieme al Programma d'indagine*
- *Note su particolari situazioni riscontrate durante l'esecuzione delle prove*

b. Prove con il metodo della velocità degli impulsi ultrasonici

- *Data esecuzione delle prove*
- *Riferimento alla Normativa vigente*
- *Tipo di apparecchiatura ad ultrasuoni utilizzata*
- *Indicazione della taratura dello strumento*
- *Indicazione degli elementi strutturali indagati*
- *Indicazioni dei punti di prova, definiti mediante lettere*
- *Indicazione della univocità della zona indagata con i diversi metodi di prova*
- *Sostanza utilizzata per facilitare l'aderenza delle sonde*
- *Tempo di attraversamento delle onde ultrasoniche per ogni lettura (μ s)*
- *Velocità media degli ultrasuoni per ogni elemento indagato (m/s)*
- *Tabelle riassuntive dei dati di prova*
- *Individuazione degli elementi strutturali indagati su planimetria fornita insieme al Programma d'indagine*
- *Note su particolari situazioni riscontrate durante l'esecuzione delle prove*

c. Prelievo di campioni di calcestruzzo

- *Data esecuzione delle prove*
- *Riferimento alla Normativa vigente*
- *Tipo di carotatrice utilizzata a sola rotazione e ad acqua*
- *Velocità di rotazione (giri/minuto)*
- *Indicazione direzione di prelievo*
- *Indicazione degli elementi strutturali indagati*

- *Indicazione della univocità della zona d'indagine con i diversi metodi di prova*
- *Indicazione del contrassegno utilizzato per i provini*
- *Metodo di rettificazione delle superfici*
- *Indicazioni sul tipo di prelievo (passante/non passante)*
- *Eventuale rottura del provino*
- *Diametro esterno carota*
- *Diametro interno carota*
- *Altezza provino prima e dopo la cappatura*
- *Sezione resistente*
- *Massa del provino (kg)*
- *Massa volumica del provino (kg/mc)*
- *Diametro massimo degli inerti*
- *Tipo di inerte*
- *Presenza di spezzoni di armatura o altro*
- *Misurazione della velocità degli ultrasuoni sui provini*
- *Data della prova a compressione*
- *Tensione di rottura*
- *Tabelle riassuntive*
- *Individuazione degli elementi strutturali indagati su planimetria fornita insieme al Programma d'indagine*
- *Note su particolari situazioni riscontrate durante l'esecuzione delle prove*
- *Note su particolari situazioni provocate dalle operazioni di carotaggio (ad es. taglio di barre di armatura), che dovranno essere documentate attraverso foto del provino e della zona d'indagine.*

Il Certificato dovrà essere corredato da un'esauriente ed esplicativa documentazione fotografica per ogni tipo di prova effettuata, per ogni elemento e per ogni superficie indagata dello stesso. È richiesta, inoltre, la documentazione fotografica dei provini prima della preparazione alla prova a compressione e dopo la rettificazione degli stessi, con il contrassegno visibile.

Si ricorda che nel Certificato rilasciato dal Laboratorio sono indicati solo i valori di prova senza alcuna interpretazione degli stessi, che resta responsabilità dell'Ufficio Tecnico di competenza o del Professionista incaricato dallo stesso.

Si sottolinea che l'Amministrazione competente provvederà ad effettuare al Laboratorio il pagamento degli oneri di spesa previsti, previo parere favorevole dell'Ente Regionale. La valutazione della corretta esecuzione delle indagini sarà effettuata da tecnici regionali appositamente incaricati.

**MODALITÀ D'ESECUZIONE DELLE PROVE
PREPARAZIONE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI DA INDAGARE**

**A CURA DEL PERSONALE DELL'AMMINISTRAZIONE COMUNALE E/O PROVINCIALE
O DELL'IMPRESA EDILE DA ESSA INCARICATA**

Le operazioni di seguito descritte dovranno necessariamente essere effettuate prima della data programmata per le indagini sugli elementi strutturali indicati nelle *Tabelle in Allegato F e seguenti*.

Esse sono valide per i due tipi di prove che si effettueranno: metodo Sonreb (sclerometro e ultrasuoni) e carotaggio.

1. Rimozione dell'intonaco o altro materiale posto a ricoprimento dell'elemento strutturale, mediante scalpello e martello, fino allo strato superficiale di calcestruzzo, avendo cura di lasciare il più indisturbato possibile lo strato superficiale di lattume cementizio;
2. L'operazione di cui al punto 1. deve essere estesa per l'intera larghezza del pilastro, da un'altezza baricentrica di circa 150 cm, per un'altezza totale di 60 cm (almeno 80 cm nei pilastri da carotare), per le due facce opposte dell'elemento strutturale.
3. Molatura della superficie di cls fino a riportarla in condizioni di lisciatura omogenea per la zona descritta al precedente punto 2., mediante mola a grana media per calcestruzzi, escludendo quindi l'impegno di mezzi meccanici che potrebbero intaccare in maniera invasiva lo strato superficiale del calcestruzzo.

Ogni elemento indicato in *Tabella 1 (All. F)* viene individuato durante un sopralluogo dal Professionista incaricato e contrassegnato sul posto con i codici riportati nella *Tabella 2 dei codici identificativi (All. F)*, mediante gessetti colorati o altro.

Nel caso in cui durante il sopralluogo non fosse possibile indicare le aree d'indagine su entrambi i lati opposti dell'elemento, si ricorda di preparare l'elemento stesso **anche sulla faccia opposta, alla medesima altezza e secondo le medesime modalità.**

Nel caso in cui il pilastro presenti lateralmente dei tramezzi o dei tamponamenti, sarà necessario praticare un **foro di circa 10 cm di diametro** a lato della zona stonacata per permettere il passaggio dei cavi dello strumento ad ultrasuoni del Laboratorio.

Si rammenta, inoltre, all'Amm. Comunale la necessità di **richiudere immediatamente i fori provocati dalle operazioni di carotaggio** effettuate dal Laboratorio per evitare di sottoporre ad ulteriore stress gli elementi strutturali indagati.

MODALITÀ D'ESECUZIONE DELLE PROVE

A CURA DEI TECNICI DEL LABORATORIO INCARICATO

Prima dello svolgimento delle diverse prove i Tecnici che si occuperanno della loro effettuazione devono predisporre la compilazione della parte generica dalla scheda fornita dalla Regione Toscana, riportando i dati generali e geometrici di ogni elemento e dell'area soggetta ad indagine.

La scheda va inoltre completata con note esplicative in forma di appunti che contengano eventuali altre informazioni e notizie utili per l'interpretazione dei risultati di prova (es.: superficie del cls non molabile a causa di un intonaco ben integrato con lo strato superficiale).

PROVE NON DISTRUTTIVE

Metodo Sonreb (sclerometro ed ultrasuoni)

Il metodo prevede l'uso combinato di due metodi indiretti di indagine per la valutazione della resistenza del cls: il metodo sclerometrico e il metodo ad ultrasuoni.

I margini di incertezza delle singole prove vengono in tal modo mitigati dando quindi maggiore affidabilità sulla bontà dei dati rilevati.

A) Lo **sclerometro** è uno strumento "a massa battente" con cui si misura la durezza superficiale dell'elemento strutturale.

La durezza superficiale, da evidenze sperimentali, è strettamente collegata alla resistenza e durabilità dei materiali esaminati.

Si ricorda che l'uso del solo metodo sclerometrico comporta delle percentuali di incertezza, rispetto ai valori reali di resistenza del cls, pari circa al $\pm 30\%$, come riportato anche in letteratura.

Il metodo, infatti, fornisce una misura della durezza superficiale del cls attraverso un indice di rimbalzo; si capisce come i dati forniti siano fortemente influenzati dallo stato di carbonatazione dello strato superficiale di cls, dalla presenza di lesioni, dal grado di invecchiamento della struttura, da inerti affioranti o subito al di sotto dello strato di lattume cementizio.

La campagna sclerometrica sarà utile per avere un quadro generale della condizione e dell'omogeneità dei getti.

Lo strumento dovrà essere tarato su Incudine di prova, il cui modello sarà indicato sul *Certificato*.

L'esecuzione delle battute sclerometriche andrà effettuata secondo le seguenti fasi:

1. Rilevazione della disposizione dei ferri d'armatura dell'elemento strutturale indagato mediante pacometro e loro segnatura sull'elemento stesso tramite gessetti o altro.
Tale operazione deve essere eseguita sia per le barre longitudinali che per le staffe, con particolare riferimento al passo delle staffe ai nodi ed alla modalità di chiusura delle stesse.
La corretta esecuzione di tale fase operativa è legata all'esigenza di evitare l'intercettamento di barre d'armatura da parte delle onde ultrasoniche ed il taglio di porzioni di armature durante l'operazione di carotaggio. Nel caso in cui tale evenienza dovesse verificarsi, i tecnici del Laboratorio sono tenuti ad assumersi le responsabilità del caso (v. *All. 6. E.2*).
2. Battute sclerometriche da eseguire in una zona compresa tra due staffe consecutive e con le modalità di seguito descritte.
La battuta viene eseguita su una superficie resa omogenea e uniforme dall'uso di una mola, disponendo lo strumento con un angolo pari a 0^0 rispetto all'orizzontale. Possono usarsi altri angoli, ma 0^0 è il più semplice da mantenere per tutte le battute.
Lo strumento è appoggiato alla superficie da provare con l'asta di percussione in posizione di massima estensione; l'asta di percussione viene pressata contro la superficie da provare.
Nel momento in cui si raggiunge il fine corsa dell'asta dentro il fusto dello sclerometro si ha il colpo di martello della massa battente; si ha l'indicazione su scala graduata del ritorno del martello in percento dello spostamento iniziale prima dell'urto.
3. Le operazioni comprendono n. 12 battute per ogni zona di misura individuata, su entrambe le facce dell'elemento strutturale, alla stessa quota.
4. Ogni battuta sclerometrica andrà annotata su l'apposita scheda, che verrà fornita dalla Regione Toscana.
5. Documentazione fotografica dell'elemento strutturale prima, durante e dopo la prova.

Nel caso in cui la dispersione dei valori ottenuti sia eccessiva, la prova deve essere ripetuta relativamente ai valori non congruenti così da escludere la possibilità di errori nell'esecuzione o nella scelta dell'area indagata.

- B)** Il **metodo ad ultrasuoni** consiste nella misurazione indiretta della resistenza del cls attraverso la rilevazione della velocità media di onde acustiche trasmesse a frequenze ultrasoniche all'interno dell'elemento strutturale da provare.

Una sorgente emette le onde in un punto su una faccia del pilastro o della trave, opportunamente pre-trattato; le onde si propagano nel mezzo cls e vengono ricevute da un trasduttore posto sulla faccia opposta (trasmissione diretta) in allineamento con il trasduttore emittente.

Conoscendo la distanza percorsa dalle onde si ricava la velocità di queste.

Con questi dati si ottiene poi una misura della resistenza del mezzo, il cls.

Il metodo ad ultrasuoni, da effettuarsi a carico del Laboratorio, viene effettuato con apposita strumentazione.

Lo strumento dovrà essere tarato su Cilindro di taratura, il cui modello sarà indicato sul *Certificato*.

Dopo l'effettuazione delle battute sclerometriche le fasi di esecuzione saranno le seguenti:

1. Sui pilastri appartenenti a telai intermedi o di bordo affiancati da tamponamenti, per facilitare le operazioni di passaggio dei cavi dei trasduttori verrà eseguito a fianco e in corrispondenza della fascia di cls da indagare, a carico dell'impresa, un foro di 10 cm di

- diametro (a seconda delle esigenze dei Tecnici del Laboratorio le dimensioni possono variare);
2. L'elemento strutturale da sottoporre a indagine ultrasonica preventivamente preparato in superficie con le modalità descritte precedentemente va trattato con spalmatura di vaselina al fine di migliorare l'aderenza tra trasduttori e superficie di cls ed eliminare le micro asperità o vuoti che possono falsare la misura, a carico del Laboratorio;
 3. Misurazione il più possibile precisa della lunghezza netta del percorso che l'onda dovrà fare, cioè della distanza tra i 2 trasduttori;
 4. Applicazione dei trasduttori sulle due facce opposte dell'elemento, nella stessa zona compresa tra due staffe consecutive indagata con le battute sclerometriche e verifica del loro allineamento;
 5. Lettura del tempo impiegato dall'onda nel giungere dal trasduttore emittente al ricevente;
 6. Le operazioni comprendono n° 3 letture per punto di indagine dell'elemento strutturale, i cui valori andranno mediati.
 7. Documentazione fotografica dell'elemento strutturale dopo la prova, che mostri la segnatura sull'elemento stesso delle barre d'armatura con evidenziata/e la/e zona/e indagate e che comprovi in modo inequivocabile che l'area d'indagine è sempre stata la medesima per tutti i tipi di prova effettuati. (n° 1 foto)

Si sottolinea l'importanza che la misurazione della velocità degli ultrasuoni venga effettuata esattamente nella stessa area precedentemente indagata con le battute sclerometriche, e che tale corrispondenza sia verificabile tramite la documentazione fotografica.

Nel caso in cui la dispersione dei valori ottenuti sia eccessiva, la prova deve essere ripetuta relativamente ai valori non congruenti così da escludere la possibilità di errori nell'esecuzione o nella scelta dell'area indagata.

Nel caso la lettura dei tempi di propagazione risulti eccessivamente alta, con relative velocità basse ($V < 3000$ m/s), o nel caso nelle letture risulti un'eccessiva dispersione dei valori, è richiesta la conferma dei dati con l'effettuazione di nuove letture, e in ogni caso, si dovrà segnalare il caso sulla scheda della R.T. tramite nota, riportando altresì le possibili cause o ipotesi sulle stesse.

I controlli non distruttivi, mediante metodo combinato sclerometro-ultrasuoni, andranno effettuati su tutti gli elementi strutturali riportati nelle *Tabelle in Allegato F e seguenti*.

Il Laboratorio è tenuto a comunicare preventivamente alla stipula del contratto la metodologia utilizzata per la misurazione degli ultrasuoni, al fine di poterne ricevere l'approvazione da parte dell'Ufficio scrivente.

Si sottolinea che l'Amministrazione competente provvederà ad effettuare al Laboratorio il pagamento degli oneri di spesa previsti, previo parere favorevole dell'Ente Regionale.

La valutazione della corretta esecuzione delle indagini sarà effettuata da tecnici regionali appositamente incaricati.

MODALITÀ D'ESECUZIONE DELLE PROVE

A CURA DEI TECNICI DEL LABORATORIO INCARICATO

PROVE DISTRUTTIVE

Metodo: Carotaggio

Questa tipologia di prove prevede:

1. Rilevazione della disposizione dei ferri d'armatura su entrambe le facce dell'elemento strutturale indagato mediante pacometro e loro segnatura sull'elemento stesso tramite gessetti o altro.
Tale operazione deve essere eseguita sia per le barre longitudinali che per le staffe, con particolare riferimento al passo delle staffe ai nodi ed alla modalità di chiusura delle stesse. La corretta esecuzione di tale fase operativa è legata all'esigenza di non incorrere nel taglio di porzioni di armature durante l'operazione di carotaggio.
Il verificarsi del taglio di porzioni d'armatura durante le operazioni di carotaggio, che deve essere comunicato tempestivamente all'Amm.ne competente, comporterà la mancata corresponsione da parte dell'Amministrazione suddetta degli oneri di spesa previsti e l'obbligo per il Laboratorio di ripristinare le prestazioni strutturali preesistenti.
2. I carotaggi, definiti in base ai sopralluoghi effettuali, ai risultati ottenuti dai saggi eseguiti sulla struttura e ai dati forniti dalle verifiche dello stato tensionale dei pilastri per carichi verticali (calcolo dei tassi di lavoro), vanno effettuati sugli elementi strutturali riportati nelle tabelle in *All.F*.
3. Realizzazione di carotaggi con diametro di corona tale da garantire carote di diametro pari ad almeno 92÷94 mm. (laddove le dimensioni geometriche della sezione lo consentano, anche in termini di disposizione dei ferri di armatura).
L'uso di diametri minori dovrà essere concordato con l'Ufficio Regionale e comunque i campioni potranno avere un diametro netto di carota di poco inferiore, ma non meno di 82÷85 mm (in dipendenza del rapporto diametro carota/diametro max inerte).
Si sottolinea pertanto la necessità per il Laboratorio di disporre di carotieri di diversi diametri da poter utilizzare, con intesa preventiva della R. T, a seconda delle necessità che si possono manifestare in cantiere.
4. La carota dovrà essere **sempre passante** su tutto l'elemento al fine di consentire un prelievo non disturbato.
Nel caso in cui non fosse possibile effettuare un prelievo continuo, per il pericolo incorrere nel taglio di porzioni d'armatura, per le dimensioni notevoli del pilastro, per il rischio di rovinare con tale operazione dettagli architettonici o di arredo di particolare pregio o per le difficoltà operative del ripristino, ed il carotaggio dovesse essere limitato ad una sola porzione dell'elemento strutturale, il Laboratorio è tenuto a sentire i Tecnici dell'Ufficio Regionale in merito alla decisione di prelevare un provino non passante o, se si rendesse necessario, di ricercare un nuovo elemento strutturale sul quale fare il prelievo.
Nel caso di prelievo non passante, si deve procedere con estrema cautela e decisione al momento della rottura, senza creare ulteriore situazione di stress per il campione e facendo in modo di ottenere un distacco dello stesso dal resto dell'elemento strutturale praticando

una leggera e decisa azione di leva sul bordo in vista del prelievo, operazione che sarà fatta esclusivamente dai tecnici del Laboratorio.

Nel caso d'interruzione del provino, la foto della sua porzione costituisce un documento importante al fine di valutare la superficie di rottura.

5. Le prove distruttive saranno effettuate tramite carotatrice ad acqua a sola rotazione (e non a roto-percussione), con un sistema di fissaggio del fusto della macchina direttamente sull'elemento strutturale al fine di ridurre lo stress del prelievo al minimo e limitare il più possibile le vibrazioni innescate, **in modo da ottenere una carota con diametro costante ad asse rettilineo.**

Si dovrà avere particolare attenzione ad impiegare una velocità moderata in modo che il campione non risulti disturbato e quindi non utilizzabile ai fini della prova di rottura.

6. Prelievo dei provini di cls, da parte dei Tecnici del Laboratorio, secondo modalità predefinite al fine di evitare che il campione risulti disturbato e quindi non utilizzabile al fine della prova a rottura;
7. Esecuzione delle prove a rottura e rilascio delle relative certificazioni, presso il Laboratorio autorizzato.

Le fasi di esecuzione dei carotaggi saranno le seguenti:

1. Esecuzione delle fasi 1, 2, 3, 4 descritte nell'*All. 6.E*;
2. La zona per il prelievo va individuata in una fascia interna a 2 staffe consecutive e coincidente con la zona indagata con le due prove precedenti;
Ovviamente, occorre effettuare il carotaggio in zone di piccola sollecitazione, poiché tale operazione provoca inevitabilmente un indebolimento della sezione inoltre, essendo meno armate delle altre, risulta più semplice trovare la zona ideale per il carotaggio, evitando di incorrere nel pericolo di tagliare ferri di armatura;
Per sondaggi su pilastri si individuerà una zona a metà altezza dell'elemento strutturale;
Per eventuali sondaggi su travi si individuerà una zona a circa 1/4 o 1/5 della luce della trave.
In ogni caso occorre preventivamente individuare la disposizione dei ferri con l'uso del pacometro come descritto nell'*All. 6. E.1*;
3. Documentazione fotografica della zona che comprovi in modo inequivocabile che l'area indagata è la medesima di quella interessata precedentemente dal metodo Sonreb (n° 1 foto);
4. Esecuzione del carotaggio da parte dei Tecnici di Laboratorio mediante uso di apposita carotatrice ad acqua a sola rotazione, senza percussione.
5. Realizzazione di fotografie dell'operazione (n° 1 foto);
6. Estrazione da parte dei Tecnici di Laboratorio del provino di cls con le cautele del caso, protezione e conservazione fino alla consegna al Laboratorio,
7. Realizzazione in cantiere per ogni provino estratto di almeno 1 fotografia che consenta di evidenziare le dimensioni degli inerti, le eventuali asperità, fessurazioni e altro, riportando l'identificazione;
8. Compilazione da parte dei Tecnici della suddetta scheda fornita dalla Regione Toscana;
9. Classificazione del provino da parte dei Tecnici mediante segnatura del codice identificativo riportato in *All. F - Tabella 2*;
10. Sulla base della carota, nel senso di entrata della corona diamantata, andrà evidenziato da parte dei Tecnici la parte alta della carota e la parte bassa, ad esempio mediante delle frecce.
11. Ripristino del foro, da parte dell'Impresa coinvolta dall'Ente proprietario, mediante uso di malta antiritiro ed espansiva ad alto dosaggio di cemento e basso rapporto acqua/cemento.
La miscela va pressata all'interno del foro, previa pulizia dello stesso in modo da garantire la perfetta integrazione dei due getti, con idonei mezzi al fine di ottenere il miglior risultato.

12. Trasporto dei provini da parte dei Tecnici del Laboratorio e documentazione fotografica prima dell'esecuzione delle prove, al fine di poterle confrontare con quelli di cui al precedente punto 7.
13. Misurazione della velocità degli ultrasuoni sui provini.
In tal modo sarà possibile fare una correlazione tra la velocità effettuata in situ sul pilastro e quella effettuata sul provino prelevato nello stesso punto dove è stato eseguito precedentemente il Metodo Combinato Sonreb. Sarà, inoltre, un ulteriore strumento per valutare l'omogeneità dei dati raccolti con le differenti tipologie di prove.
14. Prove di compressione secondo la norma UNI 6132 da parte del Laboratorio.
15. Realizzazione di fotografie durante e dopo l'esecuzione della prova a compressione.
16. Conservazione del campione in sacchetto per essere consegnato alla Regione Toscana.
17. Rilascio del certificato.

Si sottolinea l'importanza che il prelievo del campione venga effettuato esattamente nella stessa area precedentemente indagata con le battute sclerometriche e con gli ultrasuoni, e che tale corrispondenza sia verificabile tramite la documentazione fotografica.

Si sottolinea che l'Amministrazione competente provvederà ad effettuare al Laboratorio il pagamento degli oneri di spesa previsti, previo parere favorevole dell'Ente Regionale.
La valutazione della corretta esecuzione delle indagini sarà effettuata da tecnici regionali appositamente incaricati.

Ottenendo i dati per le tre differenti prove sempre sulla stessa area d'indagine, sarà possibile confrontare i risultati ottenuti con le diverse metodologie d'indagini.

La documentazione fotografica effettuata sia in situ che in Laboratorio dovrà essere raccolta in CD-rom e consegnata all'Ufficio Regionale, ma una selezione delle stesse dovrà essere consegnata stampata su carta fotografica o stampata da file.

Si sottolinea l'importanza della documentazione fotografica quale utile strumento a posteriori per poter fare delle valutazioni sulla qualità del calcestruzzo, avvalorate dall'esame visivo e da particolari condizioni che si possano riscontrare sugli elementi strutturali sia prima che dopo l'esecuzione delle prove.

Talvolta, infatti, elementi che ad un primo esame visivo non rivelano particolari situazioni da segnalare, possono dare risultati imprevisti od incongruenti, che una buona documentazione fotografica può aiutare a meglio comprendere.

Si rammenta, infine, all'Amm. Comunale la necessità di **richiudere immediatamente i fori delle carote** per evitare di sottoporre ad ulteriore stress gli elementi strutturali indagati.

PROGRAMMA DELLE INDAGINI SUI MATERIALI

COMUNE DI ...

EDIFICIO ...

Loc. ...

In base alla tabella riportata in allegato, il Soggetto incaricato della stesura del Programma d'indagine dovrà dare indicazione per ogni piano degli elementi oggetto d'indagine.

TABELLA 1

TABELLA RIASSUNTIVA DELLE PROVE PREVISTE

Numero d'ordine	N° PIANO	N° PILASTRO	N° TRAVE	TIPO DI PROVA DA EFFETTUARE	CODICE IDENTIFICATIVO	NOTE
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						

TABELLA 2

LEGENDA PER LA COLONNA CODICE IDENTIFICATIVO:

DESCRIZIONE	CODICE	SIGNIFICATO
Elemento strutturale:	P	Pilastro
	T	Trave
Piano cui si effettua la prova:	ST	Seminterrato
	T	Terra
	1	Primo
	STT	Sottotetto
Numero di pilastro o trave, come da elaborato	NUMERO	Numero di pilastro o trave
Metodo di prova:	C	Carotaggio
	SO	Sonreb

ALL.6.G

PIANTE DELL'EDIFICIO

COMUNE DI ...

EDIFICIO ...

Loc. ...

I dati contenuti nella tabella in *All. 6. F* dovranno essere visualizzati sulle piante dell'edificio, riprodotte per ogni piano in formato A4, mediante indicazione dell'elemento strutturale da indagare e sua definizione con codice identificativo, indicazione del verso di effettuazione del Metodo Sonreb e d'ingresso della carota, distinzione degli elementi indagati per fasi successive (I fase delle indagini, II fase, estensione)

ALL.6.H

SCHEMA R. T. "PROVE QUALITÀ CALCESTRUZZO"

COMUNE DI ...

EDIFICIO ...

Loc. ...

La corretta e completa compilazione da parte dei tecnici del Laboratorio incaricato dell'esecuzione delle prove di tale elaborato, di seguito riportato, risulta di fondamentale importanza per avere un quadro esauriente di tutti quegli elementi che concorrono nella definizione della resistenza del calcestruzzo.

La mancata e/o errata e/o confusa compilazione della scheda comporta il non pagamento delle indagini e delle prove di Laboratorio.

La scheda è stata redatta dal Servizio Sismico Regionale sulla base delle esperienze maturate nelle precedenti campagne d'indagine.

SCHEDA PROVE QUALITA' CALCESTRUZZO

Data e luogo della prova _____
 Operatore _____
 Condizioni di prova - presenza di umidità SI NO
 Strumento adoperato per rimozione intonaco _____
 Spessore intonaco rimosso mm ~ _____

ELEMENTO STRUTTURALE

PIANO N° _____ Foto n° _____ Codice Elemento: _____
PILASTRO N° _____ TRAVE N° _____ N° _____

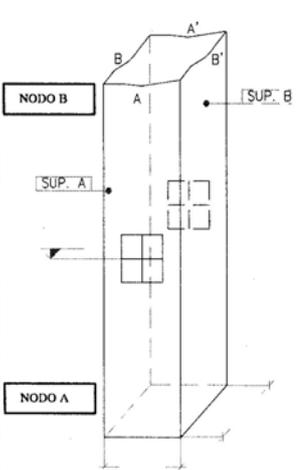
interno
 esterno

di bordo
 interna

ARMATURE

N°	Ø FERRI

STAFFE Ø _____
 PASSO cm _____
 COPRIFERRO MM _____
 VERIFICA CHIUSURA STAFFE
 SI NO
 PASSO STAFFE NODO A cm _____
 PASSO STAFFE NODO B cm _____



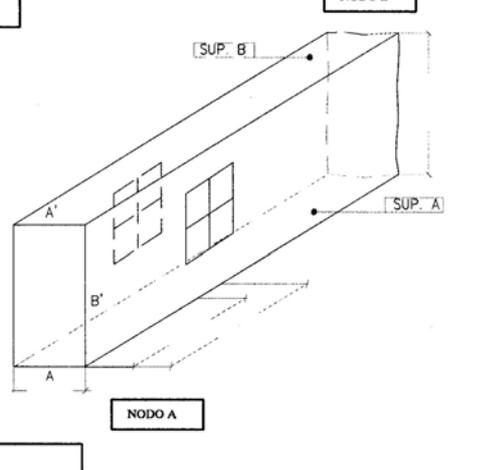


Foto n° _____
Foto n° _____

Foto n° _____
Foto n° _____

SEZIONE

PROSPETTO

Posizione dell'elemento e condizioni dello strato superficiale di c.l.s.	Qualità (da esame visivo) del cls	Tipologia di inerti
<input type="checkbox"/> esterno con intonaco	<input type="checkbox"/> cls friabile alla molatura	<input type="checkbox"/> affioranti
<input type="checkbox"/> esterno senza intonaco	<input type="checkbox"/> cls resistente alla molatura	<input type="checkbox"/> non affioranti
<input type="checkbox"/> interno con intonaco	<input type="checkbox"/> presenza rilevante di asperità	<input type="checkbox"/> ciottoli di fiume
<input type="checkbox"/> interno senza intonaco	<input type="checkbox"/> presenza modesta di asperità	<input type="checkbox"/> inerte di cava
<input type="checkbox"/> _____	<input type="checkbox"/> _____	<input type="checkbox"/> dimensioni cm _____

DATI DI LETTURA METODO SONREB (SCLEROMETRO + ULTRASUONI)

LATO DELL'ELEMENTO STRUTTURALE A					ZONA DI INDAGINE 1						
VALORI INDICI DI RIMBALZO PROVA SCLEROMETRICA											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Indici di rimbalzo scartati				Scarto quadratico Medio				Indice di rimbalzo medio			
MAX			MIN								
LATO DELL'ELEMENTO STRUTTURALE A'					ZONA DI INDAGINE 2						
VALORI INDICI DI RIMBALZO PROVA SCLEROMETRICA											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Indici di rimbalzo scartati				Scarto quadratico Medio				Indice di rimbalzo medio			
MAX			MIN								
TEMPO ULTRASUONI [μ SEC]						Distanza tra le sonde [M]			Velocità Media		
1	2	3	4	5	6						
Note sulla lettura degli ultrasuoni _____											
LATO DELL'ELEMENTO STRUTTURALE B					ZONA DI INDAGINE 1						
VALORI INDICI DI RIMBALZO PROVA SCLEROMETRICA											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Indici di rimbalzo scartati				Scarto quadratico Medio				Indice di rimbalzo medio			
MAX			MIN								
LATO DELL'ELEMENTO STRUTTURALE B'					ZONA DI INDAGINE 2						
VALORI INDICI DI RIMBALZO PROVA SCLEROMETRICA											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Indici di rimbalzo scartati				Scarto quadratico Medio				Indice di rimbalzo medio			
MAX			MIN								
TEMPO ULTRASUONI [μ SEC]						Distanza tra le sonde [M]			Velocità Media		
1	2	3	4	5	6						
Note sulla lettura degli ultrasuoni _____											

TIPO SCLEROMETRO _____	TIPO ULTRASUONI _____
------------------------	-----------------------

TIPO CAROTATRICE _____		Ø LORDO CORONA _____		Ø NETTO CAROTA _____	
Tipo di prelievo		N° GIRI/MIN. _____		TEMPO IMPEGATO MIN. _____	
<input type="checkbox"/> carota orizzontale <input type="checkbox"/> carota verticale		<input type="checkbox"/> passante <input type="checkbox"/> non passante		LUNGHEZZA CAROTA _____ rottura della carota _____	
CONDIZIONI DEL PROVINO DI C.L.S. DOPO L'ESTRAZIONE		QUALITÀ (DA ESAME VISIVO) DEL CLS DEL PROVINO		TIPOLOGIA DI INERTI DEL PROVINO	
<input type="checkbox"/> Superficie liscia <input type="checkbox"/> Superficie disturbata rottura di n. _____ ferri <input type="checkbox"/> presenza di lesioni longitudinali superficiali <input type="checkbox"/> presenza di lesioni longitudinali passanti		<input type="checkbox"/> cls friabile <input type="checkbox"/> cls resistente aderenza matrice inerte <input type="checkbox"/> Buona <input type="checkbox"/> Scarsa <input type="checkbox"/> _____		<input type="checkbox"/> dimensioni medie elevate cm _____ presenza di inerti grossi cm _____ ciottoli di fume inerte di cava	

ISTRUZIONI PER LA COMPILAZIONE DELLA SCHEDA

- **Numerazione scheda:** numero progressivo determinato dalla squadra dei tecnici rilevatori. La numerazione procederà dal piano più basso a quello più alto.
- **Data di effettuazione della prova.**

- **Nome dell'operatore e indicazione dello strumento adoperato per effettuare la prova (tipo e marca).**
La battuta sclerometrica e la lettura della velocità ultrasonica vengono eseguite su una superficie resa omogenea e uniforme dall'uso di una molatrice. Lo sclerometro verrà disposto con un angolo pari a 0° rispetto all'orizzontale. L'angolazione con la quale si effettua la prova è determinante; infatti, angolazioni diverse danno valori diversi, quindi, è necessario mantenere la stessa angolazione per tutta la serie di battute, onde evitare disomogeneità dei dati. Lo strumento è appoggiato alla superficie da provare con l'asta di percussione in posizione di massima estensione; l'asta di percussione viene pressata contro la superficie da provare. Al momento in cui si raggiunge il fine corsa dell'asta, dentro il fusto dello sclerometro si ha il colpo di martello della massa battente; si ha l'indicazione su scala graduata del ritorno del martello in percento dello spostamento iniziale prima dell'urto. Al fine di ottenere buoni risultati, è necessario effettuare la battuta con cura, assicurandosi di mantenere per le dodici battute la posizione corretta ed evitare la sovrapposizione delle battute nello stesso punto e di colpire gli inerti.

La lettura della velocità degli ultrasuoni all'interno dell'elemento strutturale verrà effettuata dopo aver misurato la distanza netta che le onde acustiche percorreranno nel mezzo; tale spessore andrà impostato sullo strumento. Si spalmerà della vasellina sulle zone dove andranno poste le sonde per migliorare la superficie di contatto e limitare al minimo le discontinuità presenti. Si ricorda che queste ultime disturbano in modo determinante la lettura dei dati. Si posizioneranno in modo stabile (per il tempo delle letture) le due sonde sulle facce opposte dell'elemento e si registreranno le letture delle velocità leggibili sul display dello strumento.

- **Ulteriori indagini effettuate:** Se sullo stesso elemento sono state effettuate in precedenza altre prove di qualità, indicare il tipo di prova e il numero di scheda relativo.
- **Strumento adoperato per rimozione intonaco:** indicazione del tipo di attrezzo (manuale o elettrico), utilizzato per rimuovere lo strato di intonaco o altro materiale posto a ricoprire l'elemento strutturale e per la molatura della superficie del cls fino a riportarla in condizioni di lisciatura omogenea.

DATI DELL'ELEMENTO STRUTTURALE

- **Piano al quale viene effettuata la prova:** dati relativi al piano dove si trova l'elemento.
- **Foto:** fotografie scattate all'elemento e indicate sulla planimetria dei punti di presa fotografici. Il numero riportato sarà riferito all'allegata scheda di documentazione fotografica.

- **Codice elemento:** indicazione della codifica dell'elemento. Elemento strutturale: P = Pilastro T = Trave.
Piano cui si effettua la prova: ST = Seminterrato T = Terra I = Primo
Numero di pilastro o trave, come da elaborato strutturale
Metodo di prova: C = Carotaggio SO = Sonreb S = Sclerometro

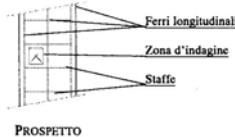
- ES.: P/1/23/SO = Pilastro (P); Piano primo (1); Numero dell'elemento da planimetria strutturale (23); Tipo di prova effettuata: Sonreb (SO).
Dati sull'elemento strutturale (PILASTRO): indicazione del numero dell'elemento in esame con la stessa numerazione riportata sulla planimetria strutturale; Sarà specificata la posizione dell'elemento in pianta (interno, esterno o esterno d'angolo); dopo aver rilevato l'armatura del pilastro tramite pacometro; le altezze da terra del baricentro di ognuna delle zone d'indagine di cui sopra.

Foto: particolari della zona indagata da eseguire dopo la prova. Il numero riportato sarà riferito all'allegata scheda di documentazione fotografica.
Dati sull'elemento strutturale (TRAVE): indicazione del numero dell'elemento in esame con la stessa numerazione riportata sulla planimetria strutturale; Sarà specificata: la posizione dell'elemento in pianta (di bordo, interno); le dimensioni dell'elemento strutturale; le dimensioni delle zone di indagine individuate sul lato A dopo aver rilevato l'armatura del pilastro tramite pacometro; distanze dagli appoggi di ognuna delle zone d'indagine (di norma a 1/4 o 1/5 della luce della trave).

Foto: particolari della zona indagata da eseguire dopo la prova. Il numero riportato sarà riferito all'allegata scheda di documentazione fotografica.
Zona di indagine: sono indicate schematicamente 4 zone di indagini, per il lato A e quattro per il lato B dell'elemento strutturale (Pilastro - Trave). Le letture degli ultrasuoni vanno effettuate, per trasmissione diretta in almeno due zone che possono essere disposte orizzontalmente o verticalmente, come indicato graficamente nella scheda.

SEZIONE DELL'ELEMENTO STRUTTURALE E ARMATURE

- **Sezione:** dimensioni dell'elemento strutturale in esame - in pianta per i pilastri e in sezione per le travi - ed eventuali schemi.
- **Armature:** in seguito al rilevamento dell'armatura dell'elemento strutturale tramite strumento idoneo, e all'indicazione sullo stesso tramite gessetti colorati o altro dei ferri longitudinali e delle staffe, è possibile determinare il passo delle staffe e il copriferro; il diametro dei ferri laddove lo strumento ne permetta la misurazione; la posizione dei ferri in pianta in riferimento allo strutturale. Laddove è possibile, verificare il rilevamento dei ferri ottenuto con lo strumento con i dati del progetto o con limitati saggi distruttivi. Da eseguire una foto del particolare.



- **Condizioni di prova, dello strato superficiale di cls e dell'inerte:** Si ricorda che l'uso del solo metodo sclerometrico comporta delle percentuali di incertezza, rispetto ai valori reali di resistenza del cls, pari circa al ± 30%. Il metodo, infatti, fornisce una misura della durezza superficiale del cls attraverso un indice di rimbalzo, quindi i dati forniti sono fortemente influenzati dallo stato di carbonatazione dello strato superficiale di cls, dovuto alla presenza di umidità, dal grado di invecchiamento della struttura, dalla presenza di lesioni, da inerti affioranti subito al di sotto dello strato di latine cementizio e dalla loro tipologia. E' quindi di fondamentale importanza rimuovere lo strato superficiale di cls.

VALORI INDICI DI RIMBALZO

Le istruzioni seguenti valgono per le due zone di indagine e per entrambi i lati dell'elemento strutturale su cui vanno effettuate le battute sclerometriche e le letture delle velocità degli ultrasuoni.

- **Numero battute:** nella tabella devono essere inseriti i valori ottenuti dalle dodici battute sclerometriche
- **Indici di rimbalzo scartati:** nelle due caselle saranno inseriti rispettivamente il valore più alto ottenuto con le battute sclerometriche, ed il valore più basso che saranno scartati dalla serie delle dodici battute
- **Indice di rimbalzo medio:** nella casella sarà indicato il valore medio ottenuto dalle dieci battute, avendo precedentemente scartato la più alta e la più bassa rilevate.
- **Scarto quadratico medio:** nella casella sarà indicato il valore ottenuto dalla formula dello scarto quadratico medio s_n per poter verificare di quanto gli $n=10$ valori degli indici di rimbalzo (g_i) si discostano dal valore medio g_{med}

$$s_n = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (g_i - g_{med})^2}{n-1}}$$

VALORI VELOCITA' ULTRAUONI

- **Numero Letture:** nella tabella devono essere inseriti i valori ottenuti dalle sei letture.
- **Velocità media:** nella casella sarà indicato il valore medio ottenuto dalle quattro letture, avendo precedentemente scartato la più alta e la più bassa rilevate.
- **Distanza tra le sonde.**

TIPO CAROTATRICE

- **Strumento adoperato per effettuare il prelievo:** la carotatrice dovrà essere del tipo ad acqua solo a rotazione, senza percussione, il diametro della carota sarà deciso d'intesa tra l'impresa e i tecnici del Laboratorio in base alla disposizione dei ferri rilevata mediante pacometro e in base al criterio generale che il diametro del provino estratto deve essere maggiore di tre volte la dimensione massima dell'inerte. In generale, le operazioni di carotaggio andranno concordate congiuntamente dai tecnici del Laboratorio e dell'impresa. Saranno inseriti, quindi, i dati relativi al diametro lordo e netto della corona diamantata, il numero di giri al minuto e il tempo impiegato per l'operazione di carotaggio.
- **Tipo di prelievo:** la direzione di perforazione può produrre danni. Una perforazione perpendicolare alla direzione del getto produce una diminuzione di resistenza variabile tra il 5% e l'8% per conglomerato avente $R_{ck} = 250 \text{ Kg/cm}^2$; è praticamente nulla per $R_{ck} = 400 \text{ kg/cm}^2$. Una perforazione in direzione parallela a quella di getto comporta riduzioni minori. Inoltre è necessario specificare se la carota è passante o non passante. Le carote non si devono fratturare durante il prelievo, il trasporto in laboratorio, fino al trattamento ai fini della prova. Dopo l'estrazione del provino, con le dovute cautele, esso sarà protetto e conservato fino alla consegna ai tecnici del Laboratorio. Sarà indicata anche la lunghezza del provino.

COPIA DEL CERTIFICATO DI LABORATORIO

COMUNE DI ...
EDIFICIO ...
Loc. ...

Tale documento viene rilasciato all'Amministrazione committente dal Laboratorio incaricato dell'esecuzione delle prove.

**ELABORAZIONE ED INTERPRETAZIONE
DEI DATI DI PROVA**

In riferimento a quanto affermato al punto **3.4.5.4 delle I.T.**, relativamente ai limiti delle prove e dell'interpretazione delle indagini sul calcestruzzo, si riportano di seguito le formulazioni presenti in letteratura tecnica per l'elaborazione dei dati forniti dal Laboratorio esecutore delle prove, al fine di giungere alla determinazione del valore di Resistenza del cls proprio dell'edificio indagato.

METODO INDIRETTO SONREB (SCLEROMETRO ED ULTRASUONI)

Tale prova deve essere effettuata nella stessa zona destinata al prelievo della carota e tale corrispondenza deve essere verificabile tramite documentazione fotografica.

L'applicazione di tale metodo consente di ricavare, per ogni singola zona di cui si vuole esaminare il valore di resistenza del calcestruzzo, il valore locale della velocità di propagazione longitudinale di impulsi ultrasonici e dell'indice di rimbalzo dello sclerometro.

Ogni singola area omogenea viene così individuata dalla coppia di valori:

- a) VELOCITÀ DI PROPAGAZIONE
- b) INDICE DI RIMBALZO

Per ovviare all'effetto delle fluttuazioni naturali locali si utilizzano come valori della coppia i valori medi delle due grandezze.

La coppia di valori medi ottenuti permette di entrare in un grafico sperimentale di correlazione, ricavato ad hoc o desunto dalla letteratura.

Tali correlazioni consistono in famiglie di curve di isoresistenza in un piano n (indice di rimbalzo) in ordinata, e V^l (velocità di propagazione) in ascissa.

Esistono in letteratura tre differenti formulazioni, tratte da articoli pubblicati in bibliografia tecnica, corrispondenti alle curve di isoresistenza:

- **ARTICOLO J. GASPARIRIK**, *“Prove non distruttive in edilizia”*, Quaderno didattico A.I.P.N.D., Brescia 1992

$$R_{c1} = 0.0286 * S^{1,246} * V^{1,85} \quad (\text{con } R_c \text{ in N/mm}^2 \text{ e } V \text{ in Km/sec})$$

- **ARTICOLO A. DI LEO, G. PASCALE**, *“Prove non distruttive sulle costruzioni in cemento armato”*, Convegno Sitemea Qualità e Prove non Distruttive per l’Affidabilità e la Sicurezza delle Strutture Civili, Bologna, Saie '94, 21 ottobre 1994

$$R_{c2} = 1.2 * 10^{-9} * S^{1,058} * V^{2,446} \quad (\text{con } R_c \text{ in N/mm}^2 \text{ e } V \text{ in m/sec})$$

- **ARTICOLO R. GIACCHETTI, L. LACQUANITI**, *“Controlli non distruttivi su impalcati da ponte in calcestruzzo armato”* Nota tecnica 04, 18980, Università degli Studi di Ancona, Facoltà di Ingegneria, Istituto di Scienza e Tecnica delle Costruzioni

$$R_{c3} = 7,695 * 10^{-10} * S^{1,4} * V^{2,6} \quad (\text{con } R_c \text{ in Kg/cm}^2 \text{ e } V \text{ in m/sec})$$

in cui:

V = Velocità di propagazione degli ultrasuoni

S = Indice medio di rimbalzo

Rc = Resistenza cubica convenzionale del calcestruzzo standard

CONCLUSIONI

Secondo Faccaor il metodo combinato Sonreb applicato alle strutture permette di ricavare il carico di rottura con le seguenti approssimazioni:

- $\pm 15\%$ quando è nota la composizione del materiale e possono essere ricavate carote di taratura.
- $\pm 25\%$ quando è nota correttamente la composizione del calcestruzzo
- $\pm 30\%$ quando è nota la composizione del calcestruzzo e non si possono estrarre carote per la taratura del metodo.

In questo sono comprese tutte le cause d'errore, includendo quello di composizione del calcestruzzo delle tecniche di misura sia distruttive che non distruttive.

L'utilizzazione di tale metodo non è indicata per i calcestruzzi con strati superficiali degradati e nelle zone con elevata concentrazione di ferri d'armatura, soprattutto quando tali ferri sono paralleli e vicini alla traiettoria di propagazione degli impulsi ultrasonici ed infine nelle zone con difetti apparenti del calcestruzzo.

I limiti dell'applicazione di tale metodo combinato sono numerosi e derivano dai limiti dei due metodi componenti e al fatto che si misurano delle grandezze, durezza e velocità del suono, che sono variamente correlabili con la resistenza.

Il metodo si applica in una zona omogenea di calcestruzzo, con le modalità operative e le precauzioni consigliate per i due metodi componenti.

L'ORIENTAMENTO DELLA REGIONE TOSCANA

Si riporta di seguito il fac-simile della tabella elaborata dall'Ufficio regionale da utilizzare per l'elaborazione dei dati derivanti dal metodo Sonreb.

Le formule di cui sopra sono state trasformate secondo un'unica unità di misura, ovvero Rc in Kg/cm² e V in m/sec.

ALL. 6. L.1

TABELLA PER L'ELABORAZIONE DEI DATI FORNITI DAL METODO INDIRETTO (SONREB)

DENOMINAZIONE EDIFICIO INDAGATO - CORPO...										
PROVE NON DISTRUTTIVE - Metodo Combinato SONREB			ELEMENTI STRUTTURALI INDAGATI ANCHE CON METODO DISTRUTTIVO				ELEMENTI STRUTTURALI INDAGATI SOLO CON METODO NON DISTRUTTIVO			
	ELEMENTO INDAGATO (PILASTRO O TRAVE)									
	DATA EFFETTUAZIONE PROVE									
	SCLEROMETRO	Indice di rimbalzo medio S								
		Resistenza Stimata del CIs [Kg/cm ²]								
	ULTRASUONI	Velocità media [m/s]								
	RESISTENZA STIMATA CIs (Kg/cm ²)	Formula A (Rc3) 1980								
		Formula B (Rc2) 1994								
		Formula C (Rc1) 1992								
	differenza percentuale B/A									
differenza percentuale C/A										
differenza percentuale C/B										

La R. T. provvederà a fornire a coloro che ne facciano richiesta il modello Excel della tabella suddetta, predefinito per fornire direttamente i valori di resistenza del cls secondo le tre differenti formulazioni, in base al valore medio dell'Indice di rimbalzo e della velocità d'attraversamento delle onde ultrasoniche.

Per una migliore visualizzazione dei dati, gli elementi indagati sono stati suddivisi in base al tipo di prove cui sono sottoposti.

METODO DIRETTO (CAROTAGGIO)

Questo tipo d'indagine consiste nel prelievo di una carota dall'elemento strutturale da sottoporre a prove di Laboratorio, per misurare il valore della rottura a compressione del provino (R_{car}) ed è regolata dalla UNI 6131 e dalla UNI 6132.

Trattandosi di un'indagine "diretta" sul cls è indubbiamente più affidabile delle prove non distruttive, poiché misura "direttamente" la resistenza a compressione del calcestruzzo.

Il fatto di essere una prova distruttiva rimane, tuttavia, un elemento che incide negativamente sulla scelta di tale tipologia d'indagine.

Sulle carote si possono effettuare prove di rottura a compressione, per la determinazione del modulo elastico e del modulo di Poisson e prove chimiche.

Il valore di resistenza ricavato dallo schiacciamento dei provini (R_{car}) non sempre è rappresentativo dell'effettiva qualità del conglomerato in opera, a causa di molti fattori perturbativi intrinseci a tale metodologia di prova, da cui il dato di Laboratorio deve essere depurato.

FATTORI D'INFLUENZA

Nella determinazione della resistenza caratteristica del calcestruzzo, i fattori d'influenza sono molti ed al momento non si dispone di un'esperienza sufficientemente vasta per poterne stabilire, con una certa affidabilità, gli effetti.

I risultati forniti dal carotaggio non coincidono con quelli che si otterrebbero con prove condotte su cubi confezionati durante il getto delle strutture, a causa della diversità dell'ambiente di maturazione e dei danni prodotti dall'estrazione.

In definitiva, la rilevazione delle caratteristiche in situ è operazione che richiede esperienza sia nell'esecuzione delle prove che nell'interpretazione dei risultati, che nel loro utilizzo.

1.41 principali fattori che possono alterare il valore della resistenza in situ sono:

– Pressione di consolidamento:

I valori di resistenza del conglomerato, ottenuti dallo schiacciamento delle carote, risultano influenzati dalla posizione del prelievo nell'elemento strutturale.

La variazione di resistenza si verifica in funzione dell'altezza dell'elemento gettato, a causa della diversa pressione che si determina nella pasta durante la presa e l'indurimento.

Tale pressione dà luogo ad una progressiva riduzione dell'aria occlusa e alla migrazione dell'acqua presente, con conseguente aumento localizzato del peso specifico del materiale.

Questo fenomeno implica variazioni di resistenza tanto maggiori quanto più il conglomerato è di qualità scadente.

In elementi strutturali verticali si hanno variazioni di resistenza del $50 \div 70\%$ tra la base e la sommità.

La R.T. ha deciso che le prove per la verifica della qualità del calcestruzzo devono essere eseguite in una fascia intermedia rispetto all'altezza del pilastro, per evitare mediante le operazioni di carotaggio la riduzione della sezione resistente in zone particolarmente sollecitate

– **Ambiente di maturazione:**

E' uno dei fattori che influenza maggiormente il valore della resistenza del conglomerato.

La maturazione delle strutture in opera è diversa da quella ottenuta da campioni standard e tende, inoltre, a variare in funzione delle stagioni.

L'effetto dell'ambiente di maturazione può essere individuato secondo due parametri:

1. *Perdita d'umidità della superficie.*

Questo fenomeno genera uno strato superficiale, che può estendersi fino ad una profondità di circa 5 cm, di minor resistenza a causa della segregazione e dell'impoverimento della miscela.

L'inclusione nell'elemento di prova di una porzione superficiale del getto, provocherà una riduzione del valore di rottura del provino, con abbattimenti variabili tra il 10% ed il 25%.

2. *Differente maturazione tra strutture e campioni standard.*

La resistenza caratteristica valutata su cilindri di controllo maturati in cantiere, differisce da quella valutata sulle carote maggiormente in estate ed in inverno che in autunno.

Ciò comporta in estate ed inverno una sopravvalutazione della qualità del calcestruzzo.

La deviazione standard nelle carote risulta maggiore di quella dei cilindri di controllo.

I valori massimi si notano per gli elementi strutturali in estate.

L'ambiente di maturazione influenza la resistenza anche dopo 28 giorni dal getto, dando luogo ad incrementi minori per elementi maturati all'aria aperta (8% dopo 3 mesi), rispetto ad elementi maturati in ambiente umido (13% dopo 3 mesi).

La diminuzione della resistenza sembra annullarsi all'aumentare dell'età di maturazione, si può quindi ritenere che il taglio di conglomerato giovane comporti anche sconnessioni interne che riducono la compattezza del materiale.

1.4.1 Fattori connessi col metodo di prova

– **Operazioni di perforazioni:**

Le operazioni di perforazione possono dar luogo a disturbi sul campione estratto, ripercuotendosi sui valori della resistenza meccanica.

La coppia torcente esercitata dal meccanismo di prelievo produce una riduzione di resistenza media del 10%.

All'aumentare della coppia torcente diminuiscono le caratteristiche meccaniche dei campioni estratti.

Si ottiene un decremento di resistenza maggiore se l'operazione viene effettuata prima di 28 gg..

– **Direzione di perforazione:**

Le operazioni di perforazione possono dar luogo al danneggiamento del campione, provocando un decremento della resistenza meccanica, dipendente dalla direzione in cui è avvenuto il getto.

Perforazioni perpendicolari alla direzione del getto producono una diminuzione di resistenza variabile tra il 5 e l'8% per conglomerato avente resistenza caratteristica di 250 kg/cm², mentre è praticamente nulla per resistenza caratteristica di 400 kg/cm².

Perforazioni in direzione parallela a quella di getto comportano riduzioni minori.

– **Dimensioni delle carote:**

I valori della resistenza del conglomerato sono influenzati dal diametro, dall'altezza della carota e dalla dimensione massima dell'inerte.

- *Mantenendo costante il rapporto altezza/diametro della carota e facendo variare il rapporto diametro carota/dimensione massima dell'inerte, si nota non tanto un'apprezzabile variazione del valore medio della resistenza quanto un aumento sensibile del coefficiente di variazione.*

Questo fatto dipende dalla distribuzione casuale degli inerti: in una carota di diametro più grande è più probabile trovare almeno un inerte di grandi dimensioni. Inoltre, alcuni inerti piccoli o frantumi d'inerti sotto l'azione del carico esterno possono distaccarsi dalla superficie laterale, indebolendo la sezione in misura maggiore quanto più questa è piccola, poiché la malta attiva è presente su una bassa percentuale di area esterna dell'inerte ed ha spessore modesto.

La sezione resistente, quindi, non coincide con quella geometrica e la tensione specifica di rottura risulta minore di quella effettiva.

Il taglio di materiale costituito da inerti di notevoli dimensioni non produce danni, poiché le parti di pietra tagliate sono saldamente legate al nucleo centrale grazie alla notevole quantità di malta che ricopre buona parte della pietra.

La sezione resistente, quindi, coincide con quella geometrica ed il rapporto carico/area rappresenta la reale resistenza del materiale.

Pertanto è opportuno, e del resto richiesto dalle norme UNI, prelevare carote di diametro almeno pari a 3 volte il diametro massimo dell'inerte e con altezza di carota pari a 2 volte il diametro della stessa.

Per rapporti inferiori (*microcarotaggi*), a causa dell'elevata dispersione dei risultati, occorre eseguire un numero maggiore di carotaggi per ottenere risultati affidabili.

- *Mantenendo costante il rapporto diametro carota/dimensione max inerte e facendo variare il rapporto altezza/diametro della carota, i valori della resistenza diminuiscono con l'aumento del rapporto, a causa della minore influenza dell'azione di contenimento esercitata dalle piastre della macchina di prova.*

– **Armature incluse:** La presenza di spezzoni d'armatura contribuisce a diminuire la resistenza misurata sulla carota in misura difficilmente quantificabile; va pertanto evitato il prelievo di carote inglobanti spezzoni d'armatura.

Non è possibile dedurre una relazione di carattere generale dato l'elevato numero di parametri, ma si può considerare una diminuzione di resistenza variabile tra lo 0,5 e il 12%.

INTERPRETAZIONE DEI DATI

L'interpretazione dei dati dei Laboratori e riportati nel Certificato, è un problema che non trova soluzione in alcuna norma, poiché non esiste uno standard nazionale di riferimento sulla materia.

La responsabilità, sia per l'individuazione degli elementi strutturali da indagare al fine di estrarne un campione significativo, sia per l'interpretazione dei dati di prova al fine della determinazione del valore di resistenza del cls, è rimessa al Professionista incaricato o all'Ufficio Tecnico competente.

Si ricorda che il valore di resistenza fornito dallo schiacciamento del provino (Resistenza di carota), non coincide con quello che si otterrebbe da prove condotte su cubi confezionati durante il getto delle strutture (Resistenza cubica convenzionale), a causa dei fattori perturbativi sopra esposti.

I fattori più importanti che concorrono a determinare il valore di resistenza delle carote sono:

- | | |
|-------|--|
| R_1 | Rapporto lunghezza/diametro |
| R_2 | Direzione di perforazione dei getti (orizzontale o verticale) |
| R_3 | Dimensioni del campione |
| R_4 | Posizione del prelievo nell'ambito dell'elemento strutturale |

I fattori più importanti che determinano le variazioni dei valori di resistenza fra le carote, i cubi e i cilindri standard sono:

- | | |
|-------|--|
| V_5 | Disturbo conseguente alle operazioni di prelievo |
| V_6 | Presenza di armature |
| V_7 | Passaggio dalla resistenza cilindrica a quella cubica |
| V_8 | Modalità di preparazione e stagionatura |
| V_9 | Maturazione (età) al momento della prova |

La valutazione dell'entità con cui ciascuno di tali fattori condiziona il valore della resistenza è incerta.

Le formulazioni presenti in letteratura per l'elaborazione di tali dati tengono conto dei suddetti fattori attraverso dei coefficienti correttivi che, applicati al valore R_{car} , consentono di ottenere sia il valore di resistenza del cls in situ, sia la resistenza cubica convenzionale.

Si precisa di seguito il significato dei termini utilizzati:

- 5) **R_{car}** = Resistenza di carota, ovvero resistenza misurata dalla rottura della carota.
Il valore viene fornito dalla prova a compressione effettuata dal Laboratorio sul campione prelevato dall'elemento strutturale.

- 6) **R_{cil}** = Resistenza cilindrica, ovvero di un provino cilindrico standard (rapporto di snellezza $H/D=2$).
Si ottiene tramite coefficienti correttivi che consentono di depurare il valore di resistenza R_{car} da fattori perturbativi (eventuale disturbo causato dalle operazioni di prelievo, rapporto di snellezza $\neq 2$, direzione di perforazione, presenza di barre d'armatura).
Viene stimata con formule note in letteratura :
 - *BS 1881 Part. 120*
 - *Concrete Society*
 - *Cestelli Guidi*

- 7) **$R_{eff.cub.in situ}$** = Resistenza effettiva cubica, ovvero resistenza di un provino cubico standard al momento del carotaggio sulla struttura esaminata.
Il valore si ottiene moltiplicando R_{cil} per un fattore di correzione che tiene conto delle diverse dimensioni di un provino cubico rispetto ad uno cilindrico (differente rapporto altezza-lato, differente rapporto massa-superficie, differente direzione di prova)
Viene stimata con formule note in letteratura :
 - *BS 1881 Part. 120*
 - *Concrete Society*

- *Cestelli Guidi*
- *D.M. febbraio 1992 art. 4.0.2. (“Resistenze di calcolo”)*

8) **R_{cub. Conv.}** = Resistenza convenzionale, ovvero del calcestruzzo a 28 gg., ottenuta da cubi confezionati al momento del getto in opera e maturati in condizioni standard.

Si ottiene incrementando mediante coefficienti correttivi $R_{eff.cub.in situ}$ per tenere conto dei fattori perturbativi dovuti alle operazioni di getto, alle differenti condizioni termoigrometriche ed all'età di maturazione.

Viene stimata con formule note in letteratura:

- *Concrete Society*
- *Cestelli Guidi*
- *D.M. 09/01/96 – Appendice 2*

Per quanto riguarda la correlazione fra la resistenza convenzionale (quella misurata in condizioni standard sui provini normalizzati) e la resistenza in situ, va osservato che le operazioni di getto nelle casseforme possono essere causa di segregazione, sia per l'attrito esercitato dalle pareti delle casseforme, sia per l'azione di griglia dovuta a certe disposizioni di armatura, sia per le differenze delle dimensioni e del peso specifico dei componenti del calcestruzzo.

Altro motivo di differenza fra la resistenza convenzionale e quella in situ è dovuta alla variazione delle condizioni termoigrometriche nelle quali avviene la stagionatura in opera, non sempre compensate da provvedimenti di protezione delle superfici esposte.

In definitiva, l'effetto delle modalità di preparazione e di stagionatura determina, a parità di altre condizioni, resistenze in situ generalmente minori di quelle convenzionali.

Tutti i metodi presenti in letteratura per la valutazione della resistenza caratteristica del calcestruzzo attribuiscono a ciascuno dei fattori importanza diversa, ne consegue che i vari procedimenti possono portare allo stesso risultato numerico o, al contrario, a risultati numerici differenti in base al valore attribuito ad ogni parametro.

Di seguito si riportano alcuni dei metodi suddetti e se ne illustrano i criteri d'interpretazione dei dati derivanti dalla rottura a compressione della carota.

A - METODO PROPOSTO DALLE BRITISH STANDARD (BS) 1881 PART. 120:

Il metodo tiene conto solo dei fattori R_1 e V_7 .

Esso fornisce la **Resistenza Cubica in Situ** del cls, attraverso l'elaborazione dei seguenti dati:

1. R_{car} = Resistenza misurata dalla rottura della carota; il valore viene assunto dal dato fornito dal laboratorio di prove;
2. **Rapporto di snellezza** della carota ($n = H/\phi$), variabile tra 1 e 2;
3. Applicazione di un **fattore correttivo** (R_1) che tiene conto della snellezza della carota, variabile da 0,92 (per rapporti di snellezza pari a 1) ed 1 (per rapporti di snellezza pari a 2), desunto dalla curva fornita dalle BS 1881 di seguito riportata;

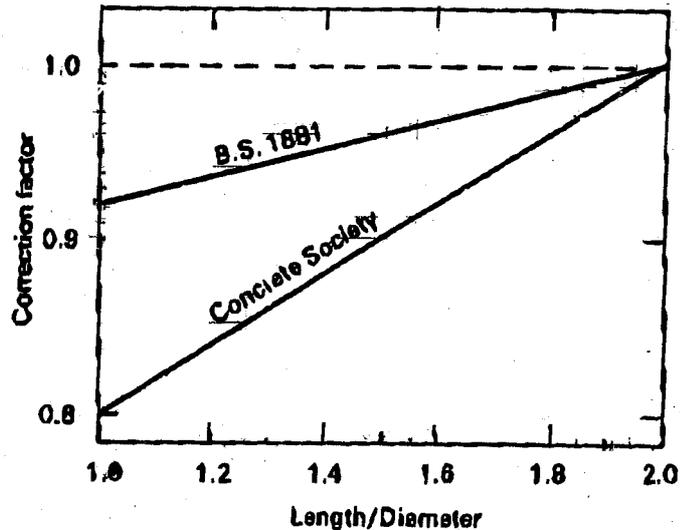


Figure 5.5 Length/diameter ratio influence (based on refs 4 and 24)

1. **Resistenza cilindrica corretta:** si ottiene tramite la seguente formula

$$R_{\text{carota}} * R_1$$

2. **Resistenza cubica equivalente:** si ottiene tramite la seguente formula

$$R_{\text{cilindrica corretta}} * 1,25 \quad (\text{con } 1,25 = 1/0,8)$$

B - METODO PROPOSTO DALLA CONCRETE SOCIETY:

Il metodo tiene conto di tutti i fattori tranne che di V_8 e V_9 .

Esso fornisce la **Resistenza Cubica in Situ** e la **Resistenza Cubica Convenzionale** del cls, attraverso l'elaborazione dei seguenti dati:

1. R_{car} : Resistenza misurata dalla rottura della carota; il valore viene assunto dal dato fornito dal laboratorio di prove;
2. **Rapporto di snellezza** della carota ($n = H/\phi$), variabile tra 1 e 2;
3. **Resistenza cilindrica:** si ottiene tramite la seguente formula

$$R_{\text{cilindrica}} = (2 / (1,5 + 1/n)) * R_{\text{carota}}$$

dove il coefficiente a numeratore vale 2 per il passaggio alla resistenza cilindrica a partire da quella della carota.

4. **Resistenza cubica attuale stimata(in situ):** si ottiene tramite la seguente formula

$$R_{\text{cubica attuale stimata}} = 1,25 * R_{\text{cilindrica}}$$

dove il coefficiente a numeratore vale 1,25 per il passaggio dalla resistenza cilindrica a quella cubica.

5. Fattore di correzione che tiene conto delle dimensioni del campione prelevato, della dimensione massima dell'inerte di cls presente nel mix-design, della presenza di barre di armatura inglobate nel provino, considerate in termini di distanza dalla faccia esterna della carota e di diametro della barra.

L'espressione per il coefficiente correttivo da applicare alla resistenza della carota in cui è presente una barra parallela alla base è:

$$1 + 1,5 * \left(\frac{\Phi}{d} * \frac{b}{h} \right)$$

in cui:

è il diametro della barra

b è la distanza della barra dalla base più vicina della carota

Se non si hanno carote con ferri inglobati, il fattore di correzione è considerato pari a 1;

6. **Resistenza cubica convenzionale stimata:** si ottiene dal prodotto della **Resistenza cubica attuale stimata** per un coefficiente moltiplicativo 1,3.

L'incremento del 30% (coefficiente moltiplicativo 1,3), è dovuto al fatto che le condizioni di preparazione e stagionatura dei getti in cantiere sono peggiori di quelle per provini standard.

$$R_{\text{cubica convenzionale stimata}} = R_{\text{cubica attuale stimata}} * 1,3$$

C - METODO RIPORTATO SULL'ARTICOLO DI CESTELLI GUIDI:

Il metodo tiene conto di tutti i fattori tranne che di V_8 .

Esso fornisce la **Resistenza Cubica in Situ** e la **Resistenza Cubica Convenzionale** del cls, attraverso l'elaborazione dei seguenti dati:

1. R_{car} : Resistenza misurata dalla rottura della carota; il valore viene assunto dal dato fornito dal laboratorio di prove;
2. **Rapporto di snellezza** della carota ($n = H/\phi$), variabile tra 1 e 2;
3. **Resistenza cilindrica effettiva** si ottiene tramite la seguente formula:

$$R_{\text{cilindrica effettiva}} = (2 / (1,5 + 1/n)) * R_{\text{carota}}$$

Dove il coefficiente 2 fornisce la resistenza cilindrica a partire da quella della carota.

4. **Resistenza cubica effettiva:** si passa dalla resistenza cilindrica effettiva a quella cubica applicando il coefficiente che tiene conto della diversa forma e che può variare da 1,10 a 1,25.

$$R_{\text{cubica effettiva}} = R_{\text{cilindrica effettiva}} * 1,20$$

Dove il coefficiente $1,20 = (1/0,83)$ fornisce la resistenza cubica a partire da quella cilindrica. Il fattore $1/0,83$ è riportato nella normativa (D.M. 1992).

5. **Resistenza cubica convenzionale**: si passa quindi dalla resistenza in situ a quella convenzionale

$$R_{\text{cubica convenzionale}} = R_{\text{cubica effettiva}} * 1,5$$

1.4.1.1 conclusioni

Il confronto tra i vari metodi porta a differenze dei valori dell'ordine del 10%.

Lo scarto dei risultati forniti dal metodo B e C è dato dalla differenza fra:

$$1,3 * 1,25 = \mathbf{1,625} \quad \text{Metodo Concrete Society}$$

$$1,5 * 1,20 = \mathbf{1,8} \quad \text{Metodo Cestelli Guidi}$$

Il fattore moltiplicativo per il passaggio dalla resistenza di un provino cilindrico a quella di uno cubico, varia in funzione della classe di conglomerato ($200 \leq R_{ck} < 500$).

A seconda dei valori che si attribuiscono nel passaggio dalla resistenza cilindrica a quella cubica nel *Metodo Cestelli Guidi* ($1,10 \div 1,25$), la differenza percentuale fra i due metodi varia dal un minimo del 2% ad un massimo del 15%, dove il *Metodo Concrete Society* fornisce i valori più bassi.

Il fattore moltiplicativo per il passaggio dalla resistenza in situ alla resistenza convenzionale ($1,3$ *Metodo Concrete Society* e $1,5$ *Metodo Cestelli Guidi*) implica un aumento della resistenza, in considerazione delle differenti condizioni dell'ambiente di maturazione, della pressione di consolidamento e della compattazione del conglomerato.

Se il confronto viene fatto tra i valori di resistenza in situ, lo scarto dei risultati forniti dal metodo **B** e **C** è dato dalla differenza fra:

$$1,25 \quad \text{Metodo Concrete Society}$$

$$1,20 \quad \text{Metodo Cestelli Guidi}$$

In questo caso la differenza è del 4%, dove il *Metodo Concrete Society* fornisce i valori più alti.

Nei tre diversi metodi si afferma che la resistenza del cls misurata su una carota estratta orizzontalmente è minore di quella che si può misurare su una carota estratta verticalmente dallo stesso getto.

La prova di carotaggio fornisce risultati attendibili solo se dal calcestruzzo da esaminare possono essere estratti provini non difettosi con superficie laterale liscia.

Per quanto riguarda l'influenza delle dimensioni dei campioni sui valori di resistenza, alcuni studi presenti in letteratura (Tucker) spiegano tale l'effetto per mezzo della teoria di "addizione-resistenza".

1. *La resistenza del materiale è indipendente dall'area del campione su cui si fanno test, ammesso che il rapporto lunghezza-diametro sia costante nei test di compressione.*
2. *La deviazione standard della resistenza alla compressione diminuisce con l'aumentare del diametro della carota; comunque, se si confrontano due gruppi di carote con diverso diametro, si ottiene lo stesso risultato quando il numero di provini dei due gruppi è tale che l'addizione delle aree della loro sezione risulta uguale.*

Così, se si utilizzano diametri piccoli per i provini, è necessario che se ne provino un gran numero, per mantenere la variazione interna al test uguale a quella per carote di grande diametro.

L'ORIENTAMENTO DELLA REGIONE TOSCANA

Si ricorda che la normativa tecnica italiana non richiede espressamente l'utilizzo di una delle tre formule, né specifica se utilizzare come valore di riferimento la Resistenza cubica in situ o la Resistenza cubica convenzionale.

L'Ufficio Regionale ritiene preferibile considerare il valore ottenuto dalla Resistenza cubica in situ, che fornisce un dato più vicino alla reale condizione del calcestruzzo in opera. Spetta comunque al Professionista o all'Ufficio Tecnico competente valutare e adottare la formula che meglio illustri la situazione.

Si riporta di seguito il fac-simile della tabella elaborata dall'Ufficio scrivente da utilizzare per l'elaborazione dei dati derivanti dalle prove distruttive.

ALL. 6. L.2

TABELLA PER L'ELABORAZIONE DEI DATI FORNITI DAL METODO DIRETTO (CAROTAGGIO)

DENOMINAZIONE EDIFICIO - CORPO...						
ELEMENTO INDAGATO (TRAVE O PILASTRO)						
DATA ESECUZIONE PROVE						
PROVE DISTRUTTIVE - CAROTAGGI (provini estratti orizzontalmente) LABORATORIO ARCHITETTURA FIRENZE	Dati Geometrici del provino	Diametro [φ] (cm)				
		Altezza H (cm)				
		Area Resistente (cmq)				
		Rapporto di snellezza [λ]				
		Inverso del rapporto di snellezza [1/λ]				
		Diametro max inerte [φ] (cm)				
		Rapporto diametro provino/diametro max				
	Tipo inerte					
	Massa (Kg)					
	Peso specifico (Kg/mc)					
	Note					
	Velocità media in situ (m/s)					
	Presenza spezzoni armatura					
	Rcarota [Kg/cm²]					
	BS 1881 Part. 120	Fattore di correzione (BS)				
		Rcarota [Kg/cm ²] x Fattore di correzione (BS)				
		Rcub equiv. in situ [Kg/cm ²] = Rcarota x Coeff. Correz. x 1.25				
	Concrete Society	Coeff. C delle CS $C=2.5/(1.5+1/\lambda)$				
		Rcub in situ stimata [Kg/cm ²] = Rcarota x C				
		Rcub convenzionale stimata [Kg/cm ²] = Rcub attuale x 1.3				
Cestelli Guidi	Coeff. C Formula articolo $C=2/(1.5+1/\lambda)$					
	Reff cil [Kg/cm ²] = Rcarota x C					
	Reff.cub. in situ [Kg/cm ²] = Rreff.cil/0.83					
	Rcub. convenzionale [Kg/cm ²] = Rreff.cub. in situ x 1.5					

La R. T. provvederà a fornire a coloro che ne facciano richiesta il modello Excel della tabella suddetta, predefinito per fornire direttamente i valori di resistenza del cls secondo le tre differenti formulazioni.

L'elaborazione dei dati, come l'intera programmazione delle indagini, deve essere effettuata suddividendo il complesso edilizio negli eventuali edifici o aggregati strutturali che lo compongono (per le definizioni di tali termini si rimanda al punto 1.1 del Manuale per il *Rilevamento dell'esposizione e vulnerabilità sismica degli edifici – Istruzioni per la compilazione della scheda di I livello*)

I valori finali di resistenza del calcestruzzo devono essere quindi raccolti piano per piano, rilevando:

- l'esistenza o meno di omogeneità e coerenza tra i dati ottenuti con il metodo diretto e quelli derivanti dal metodo diretto
- la presenza di incongruenze, ovvero di elevati valori della deviazione standard, nelle letture ultrasoniche e sclerometriche
- gli elementi strutturali che presentano valori di $R_{ck} < 150 \text{ Kg/cm}^2$ (valore minimo per il cls strutturale, come definito dal D.M. LL. PP. 16/01/96)
- rapporto diametro provino/diametro max inerte, peso specifico, snellezza dei provini
- qualsiasi annotazione eventualmente presente sul certificato emesso dal Laboratorio incaricato

Sulla base dei dati così raccolti, il Professionista o l'Ufficio Tecnico competente deve fornire una propria valutazione sulla qualità del calcestruzzo, dando motivazione di eventuali risultati inferiori ai limiti imposti dalla normativa attualmente vigente.

Si ricorda, infine, di tenere conto della normativa di riferimento vigente all'epoca della costruzione dell'edificio oggetto delle indagini, che potrebbe presentare prescrizioni di resistenza del cls meno restrittive di quelle attuali.

ALL. 6. L.3

TABELLA RIASSUNTIVA DEI DATI DI PROVA

COMUNE DI ...

EDIFICIO ...

Loc. ...

I dati contenuti nelle tabelle in *All. 6.L.1 e 6.L.2* dovranno essere raccolti nella tabella riassuntiva di seguito riportata, avendo cura di evidenziare i valori di resistenza del calcestruzzo inferiori al limite imposto dalla normativa vigente per il calcestruzzo strutturale.

A tal proposito si ricorda che tale limite è fissato a 150 kg/cm^2 nel D.M. LL. PP. 16/01/96 (normativa tecnica per le strutture in c.a), mentre è stato innalzato a 250 kg/cm^2 nella recente Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri n°3274 del 20/03/2003 (normativa sismica).

L'Ufficio Regionale ritiene, tuttavia, di procedere nella verifica della qualità del cls assumendo come riferimento minimo da soddisfare quello contenuto nel D.M. LL. PP. 16/01/96, pari a 150 kg/cmq.

TABELLA RIASSUNTIVA DEI DATI DI PROVA

LABORATORIO E DATA ESECUZIONE PROVE	ELEMENTO STRUTTURALE	TEMPO DI ATTRAVERSAMENTO (microsecondi)		TEMPO MEDIO (microsecondi)		DISTANZA SONDE (cm)	VELOCITÀ ULTRASUONI (m/s)		DEVIAZIONE STANDARD		SCLEROMETRO	DATI CAROTE			DATI SONDEB	NOTE
		letture del tempo	Tempo medio singole serie	Tempo medio delle due serie	Velocità sulla media singola serie		Velocità sulla media due serie	deviazione standard singola serie	deviazione standard due serie	Indice di Rimbato Medio S		Velocità ultrasuoni su carote (m/sec)	Rcar (Kg/cmq)	Rcarb in situ Media (Kg/cmq)		
1		prima serie														
		seconda serie														
2		prima serie														
		seconda serie														
3		prima serie														
		seconda serie														
4		prima serie														
		seconda serie														
5		prima serie														
		seconda serie														
6		prima serie														
		seconda serie														
7		prima serie														
		seconda serie														
8		prima serie														
		seconda serie														
9		prima serie														
		seconda serie														
10		prima serie														
		seconda serie														

 Valori inferiori al limite per il cis strutturale.

PIANTE DELL'EDIFICIO

COMUNE DI ...

EDIFICIO ...

Loc. ...

I dati contenuti nella tabella in *All. 6.L.3* dovranno essere visualizzati anche sulle piante dell'edificio, riprodotte per ogni piano in formato A4, accanto al corrispondente elemento strutturale indagato.

In particolar modo si dovranno evidenziare i seguenti valori di prova rilevati:

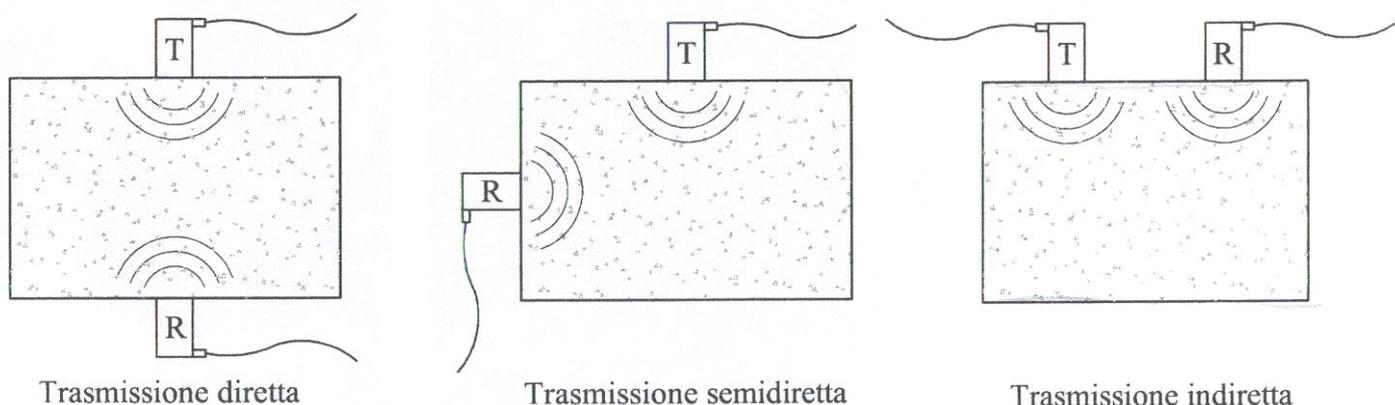
- valore medio dell'indice di rimbalzo (I_m)
- valore medio della velocità di attraversamento delle onde ultrasoniche (V_m)
- valore di rottura della carota (R_{car})
- valore medio di resistenza stimata (ricavato con metodo indiretto Sonreb)
- valore medio di resistenza cubica in situ (ricavato con metodo diretto carotaggio)

2.LETTURA ULTRASUONI NEL METODO SONREB

Nell'esecuzione del Metodo Sonreb la corretta lettura degli ultrasuoni è di grande importanza per la buona riuscita della prova.

La misurazione della velocità di propagazione delle onde ultrasoniche può essere effettuata per trasmissione diretta (per trasparenza), semidiretta ed indiretta, tuttavia, considerato il percorso effettivamente compiuto dalle onde, **il metodo diretto è indubbiamente il più affidabile ed è l'unico che la Regione Toscana accetta per tale indagini.**

PIANTA PILASTO



Metodo richiesto dalla R.T.

La precisione nella misurazione del tempo di attraversamento delle onde ultrasoniche dipende da due fattori:

1. Buon accoppiamento fra la superficie del trasduttore e la faccia del calcestruzzo.
2. Buon allineamento fra le due sonde.

Accoppiamento

Se la superficie dell'elemento da indagare è abbastanza liscia, è sufficiente spolverare il manufatto ed infraporre un grasso leggero o medio.

Se la superficie è umida non vi sono problemi.

Se la superficie è moderatamente scabra, si può usare un grasso più consistente.

Se la superficie è decisamente irregolare, si può rendere le aree di applicazione dei trasduttori lisce mediante un riempitivo quale stucco, dando il tempo al materiale di permeare la superficie e di fare presa.

Allineamento

Qualora l'allineamento tra le due sonde non risulti ottimale, la lettura del tempo risulta difficoltosa per l'instabilità dello stesso, come appare anche dal display dell'apparecchio e la lettura deve essere ripetuta assicurandosi del corretto allineamento delle sonde lungo la traiettoria.

Per la corretta esecuzione della prova è importante preparare gli elementi strutturali in modo appropriato, come riportato nell'*All.6.E.*; la modalità operativa del Metodo Sonreb è descritta nell'*All.6.E.1.*

Le operazioni comprendono n.3 letture per punto di indagine dell'elemento strutturale, i cui valori andranno mediati.

Si sottolinea l'importanza che la misurazione della velocità degli ultrasuoni venga effettuata esattamente nella stessa area precedentemente indagata con le battute sclerometriche e preventivamente trattata con mola abrasiva per rendere omogenea la superficie e che tale corrispondenza sia verificabile tramite la documentazione fotografica.

Questa corrispondenza è richiesta per poter effettuare un confronto con i dati ricavati dal carotaggio, il valore di R_{car} e la velocità rilevata sul provino prima della prova a compressione.

Di seguito si riportano i metodi di rilevamento delle letture degli ultrasuoni adottati dalla Regione Toscana.

LETTURA ULTRASUONI - METODO 1

PRIMA SERIE (vedi Fig. 1)

L'area individuata è la stessa dove sono state effettuate le battute sclerometriche e dove si effettuerà il prelievo del campione.

Dopo aver eseguito le battute sclerometriche, si provvede a ritrattare la superficie con la mola abrasiva per renderla omogenea.

Viene posta sulla faccia A dell'elemento strutturale la sonda trasmittente e sulla faccia A' dell'elemento strutturale la sonda ricevente.

1. Spalmatura di vasellina al fine di migliorare l'aderenza tra trasduttori e superficie di cls ed eliminare le micro asperità o vuoti che possono falsare la misura;
2. Applicazione dei trasduttori nella stessa zona indagata con le battute sclerometriche e dove verrà prelevato il campione;
3. **Primo accoppiamento:** centralmente all'area individuata per il carotaggio; lettura del tempo impiegato dall'onda nel giungere dal trasduttore emittente al trasduttore ricevente;
4. **Secondo accoppiamento:** spostamento delle sonde di un centimetro verso l'alto rispetto al centro, ripristino dello strato di vaselina e lettura del tempo impiegato dall'onda nel giungere dal trasduttore emittente al trasduttore ricevente;
5. **Terzo accoppiamento:** spostamento delle sonde di un centimetro verso il basso rispetto al centro, ripristino dello strato di vaselina e lettura del tempo impiegato dall'onda nel giungere dal trasduttore emittente al ricevente;

Dopo aver letto i tempi di attraversamento ponendo sulla faccia A dell'elemento strutturale la sonda trasmittente e sulla faccia A' dell'elemento strutturale la sonda ricevente, vengono invertite le sonde, ponendo quindi la sonda trasmittente sulla faccia A' e la sonda ricevente sulla faccia A.

SECONDA SERIE

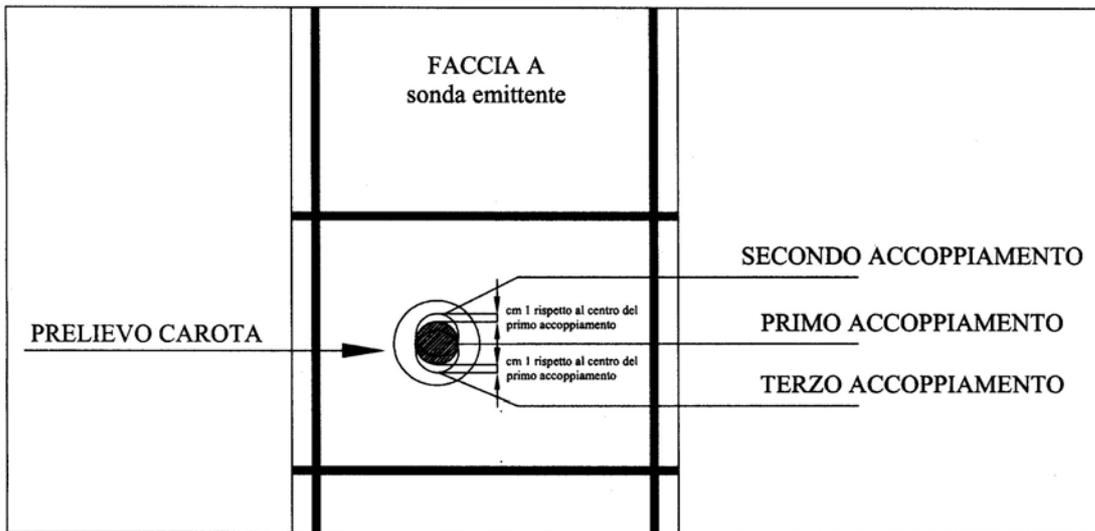
L'area individuata è la stessa della prima serie.

Viene posta sulla faccia A' dell'elemento strutturale la sonda trasmittente e sulla faccia A dell'elemento strutturale la sonda ricevente.

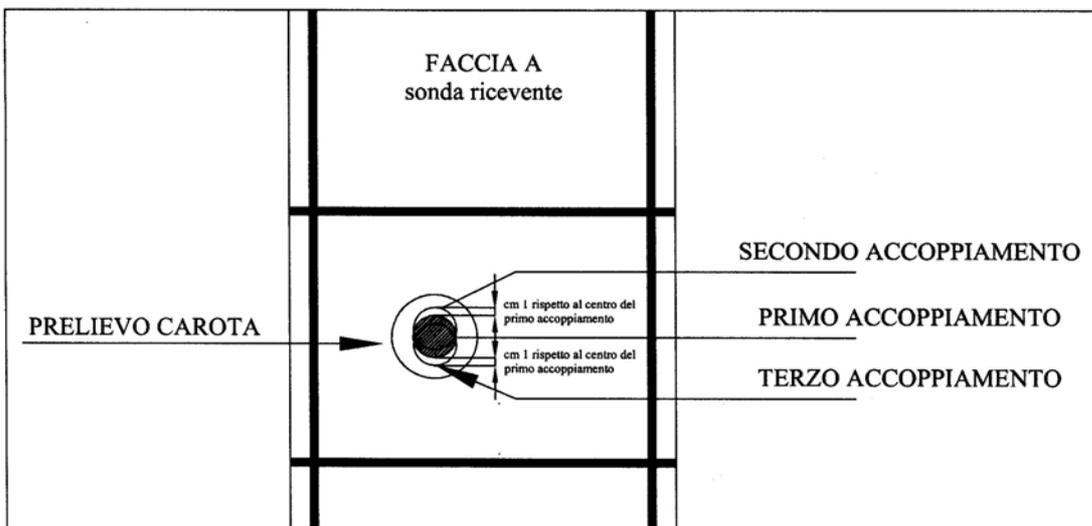
1. Spalmatura di vasellina al fine di migliorare l'aderenza tra trasduttori e superficie di cls ed eliminare le micro asperità o vuoti che possono falsare la misura;
2. Applicazione dei trasduttori nella stessa zona indagata con le battute sclerometriche e dove verrà prelevato il campione;
3. **Primo accoppiamento:** centralmente all'area individuata per il carotaggio; lettura del tempo impiegato dall'onda nel giungere dal trasduttore emittente al trasduttore ricevente;
4. **Secondo accoppiamento:** spostamento delle sonde di un centimetro verso l'alto rispetto al centro, ripristino dello strato di vaselina e lettura del tempo impiegato dall'onda nel giungere dal trasduttore emittente al trasduttore ricevente;
5. **Terzo accoppiamento:** spostamento delle sonde di un centimetro verso il basso rispetto al centro, ripristino dello strato di vaselina e lettura del tempo impiegato dall'onda nel giungere dal trasduttore emittente al ricevente;

La media dei tempi di attraversamento viene calcolata sulla base delle sei letture effettuate, da cui si ricava la relativa velocità.

In seguito la carota viene prelevata nella zona delimitata dalle letture degli ultrasuoni.



PRIMA SERIE



SECONDA SERIE

3

4.

5.

6.

7.LETTURA ULTRASUONI - METODO 2

PRIMA SERIE (vedi Fig. 2)

L'area individuata è la stessa dove sono state effettuate le battute sclerometriche e dove si effettuerà il prelievo del campione, quindi su quest'area si applica il *Metodo Sonreb*.

Dopo aver eseguito le battute sclerometriche, si provvede a ritrattare la superficie con la mola abrasiva per renderla omogenea.

1. Spalmatura di vasellina al fine di migliorare l'aderenza tra trasduttori e superficie di cls ed eliminare le micro asperità o vuoti che possono falsare la misura;
2. Applicazione dei trasduttori nella stessa zona indagata con le battute sclerometriche sclerometriche e dove verrà prelevato il campione;
3. **Primo accoppiamento:** centralmente all'area individuata per il carotaggio e lettura del tempo impiegato dall'onda nel giungere dal trasduttore emittente al trasduttore ricevente;
4. **Secondo accoppiamento:** lettura del tempo impiegato dall'onda nel giungere dal trasduttore emittente al trasduttore ricevente nello stesso punto del primo accoppiamento, dopo aver staccato le sonde e ripristinato lo strato di vasellina;
5. **Terzo accoppiamento:** lettura del tempo impiegato dall'onda nel giungere dal trasduttore emittente al trasduttore ricevente nello stesso punto del primo e secondo accoppiamento, dopo aver staccato le sonde e ripristinato lo strato di vasellina;

Dopo aver letto i tempi di attraversamento ponendo sulla faccia A la sonda trasmittente e sulla faccia A' la sonda ricevente, si mantengono le sonde sulla stessa faccia e s'individua un'altra area dove effettuare le letture.

La seconda area, a seconda delle condizioni superficiali del pilastro e della disposizione delle armature, viene individuata o nello stesso quadrante compreso tra le staffe o nel quadrante direttamente superiore o inferiore al primo.

SECONDA SERIE

Viene individuata l'area nella quale effettuare la sola lettura dei tempi di attraversamento degli ultrasuoni.

1. Spalmatura di vasellina al fine di migliorare l'aderenza tra trasduttori e superficie di cls ed eliminare le micro asperità o vuoti che possono falsare la misura;
2. Applicazione dei trasduttori nella stessa zona indagata con le battute sclerometriche sclerometriche e dove verrà prelevato il campione;
3. **Primo accoppiamento:** centralmente all'area individuata per il carotaggio e lettura del tempo impiegato dall'onda nel giungere dal trasduttore emittente al trasduttore ricevente;

4. **Secondo accoppiamento:** lettura del tempo impiegato dall'onda nel giungere dal trasduttore emittente al trasduttore ricevente nello stesso punto del primo accoppiamento, dopo aver staccato le sonde e ripristinato lo strato di vasellina;
5. **Terzo accoppiamento:** lettura del tempo impiegato dall'onda nel giungere dal trasduttore emittente al trasduttore ricevente nello stesso punto del primo e secondo accoppiamento, staccando le sonde, ripristinando lo strato di vasellina e riattaccando le sonde dopo aver staccato le sonde e ripristinato lo strato di vasellina;

La media dei tempi di attraversamento eseguita sulla base fatta con le sei letture effettuate nelle due zone.

In seguito, la carota viene prelevata nella prima area indagata, quella in cui è stata effettuato il *Metodo Sonreb*, ed il valore medio di velocità da assumere in fase d'interpretazione dei risultati è quello relativo alla sola media delle tre letture effettuate nella zona del prelievo.

