

The implementation of short term countermeasures after earthquakes: the experience of the Italian Fire Services

La realizzazione di interventi di messa in sicurezza di edifici in emergenza post sismica: l'esperienza del Corpo Nazionale dei Vigili del fuoco

L. Ponticelli¹, M. Caciolai¹, C. Bolognese²

1 Ministero dell'Interno – Dipartimento dei Vigili del fuoco, del soccorso pubblico e della difesa civile - Direzione Centrale per la Prevenzione e la Sicurezza Tecnica, Roma, Italia

2 Ministero dell'Interno – Dipartimento dei Vigili del fuoco, del soccorso pubblico e della difesa civile – Comando Provinciale VF Alessandria, Italia

ABSTRACT: The implementation of short term countermeasures on buildings damaged by earthquakes by the Italian Fire Services has always been performed by skills of fire fighters particularly specialized in the use of building materials easy to find and work, such as wood. The study of engineered procedures for short term countermeasures began during the Umbria-Marche earthquake and ended in 2010 with the publication of the Handbook STOP (Shoring Templates and Operating Procedures), downstream of the earthquake in L'Aquila. This document contains simplified typological schemes of standard countermeasures and enables teams of firefighters to carry out these temporary works independently, ensuring a qualified and rapid response to the needs of the community. The mentioned procedures allowed the Italian Fire Services to promptly deal with the emergency of 2012 in Emilia Romagna as well as ensuring a rapid response in the international emergency occurred in Nepal in 2015. Well-managed international cooperation experiences within projects Europeans as DRHOUSE and MATILDA were performed. The present paper has the aim of the description of the STOP procedures taken by the Italian Fire Services during recent seismic post emergencies. The handbook STOP and the theoretical manual of the same name can be downloaded for free from the official site www.vigilfuoco.it, in the section "Emergency and rescue."

La realizzazione di interventi di messa in sicurezza di edifici danneggiati da sisma ad opera del Corpo Nazionale dei Vigili del fuoco è da sempre stata affrontata utilizzando la maestria di personale particolarmente specializzato nell'uso di materiali da costruzione di facile reperimento e lavorazione quale il legno. L'opera di ingegnerizzazione degli interventi di messa in sicurezza, iniziata in occasione del terremoto dell'Umbria-Marche, è culminata nel 2010 con la pubblicazione del Vademecum STOP, a valle del terremoto de L'Aquila. Tale documento, recante schemi tipologici semplificati di interventi standard di messa in sicurezza, consente alle squadre dei Vigili del fuoco di realizzare opere provvisoriale in maniera autonoma, garantendo una risposta qualificata e rapida alle esigenze della collettività. Lo strumento procedurale indicato, ha consentito al Corpo Nazionale di affrontare con prontezza l'emergenza del 2012 in Emilia Romagna nonché garantire una risposta rapida nell'emergenza internazionale occorsa in Nepal nel 2015. Molto ben riuscite anche le esperienze di cooperazione internazionale in seno a progetti europei come DRHOUSE e MATILDA. Il presente lavoro ha come obiettivo l'illustrazione del vademecum STOP e delle metodiche principali di realizzazione di interventi di messa in sicurezza adottate dal Corpo Nazionale nel corso delle recenti emergenze post sismiche. Il vademecum STOP ed il manuale teorico omonimo sono scaricabili gratuitamente dal sito www.vigilfuoco.it nella sezione "Emergenza e soccorso".

1 IL VADEMECUM STOP

Al fine di garantire l'uniformità nelle realizzazioni delle opere provvisionali ed elaborare standard progettuali e soluzioni tipo per rendere più rapide ed efficaci le operazioni di messa in sicurezza delle costruzioni danneggiate dal sisma, il Nucleo per il Coordinamento delle Opere Provvisionali ha condotto un'analisi preliminare del problema, sviluppata sulla base di osservazioni sul campo, con lo scopo di individuare le esigenze e le criticità operative. I risultati dell'analisi hanno consentito di individuare le strategie di azione nell'ambito di una specifica filosofia di progetto. Le esigenze riscontrate hanno evidenziato la necessità di:

- fornire indicazioni pratiche sul piano realizzativo;
- mettere a punto strumenti utilizzabili dai Vigili del Fuoco nel contesto di emergenza post-sisma;
- fornire soluzioni pre-codificate applicabili su larga scala, individuando soluzioni tipo, associate a scenari di riferimento.

Le valutazioni derivanti dall'analisi preliminare hanno suggerito la progettazione di strumenti di supporto alle decisioni utili anche, e soprattutto, nella fase realizzativa degli interventi. Nell'elaborazione sono stati adottati i seguenti criteri progettuali:

- messa a punto di schede tecniche per la realizzazione delle opere provvisionali (STOP - Schede Tecniche delle Opere Provvisionali);
- progettazione inversa e contestualizzata, ossia ricerca di soluzioni progettuali definite a partire dai materiali e dalle tecniche disponibili, e non viceversa come avviene nella progettazione ordinaria;
- capitalizzazione del know-how del CNVVF per la sistematizzazione e diffusione delle conoscenze.

La progettazione delle schede STOP è stata impostata tenendo conto, innanzitutto, dello scenario nell'ambito del quale le schede dovevano essere utilizzate – la fase di emergenza post sisma – e delle relative condizioni al contorno. La filosofia di progetto ha portato quindi a concepire le schede come strumenti di supporto alle

decisioni nelle diverse fasi, dalla pianificazione degli interventi alla loro realizzazione, in modo da rispondere alle seguenti esigenze:

- spiegare agli operatori che intervengono sul campo l'obiettivo che si intende perseguire con l'installazione di una determinata opera provvisoria e i criteri che devono essere adottati per la scelta della tipologia e per la corretta realizzazione dell'opera;
- evidenziare i punti di criticità su cui porre maggiore attenzione per garantire l'efficacia dell'opera;
- tenere conto dei problemi di sicurezza degli operatori durante tutte le fasi realizzative;
- fornire dettagli costruttivi, con particolare riferimento agli aspetti di maggiore criticità;
- velocizzare e standardizzare le operazioni di messa in sicurezza anche al fine di tener conto degli avvicendamenti tra le squadre operanti.

Le esigenze di sicurezza, gli scenari e le particolari condizioni operative hanno portato a definire specifici criteri generali di progetto. Tali criteri, in particolare, hanno cercato di tener conto:

- dell'attenzione alla sicurezza degli operatori chiamati ad operare in una fase in cui possono ripetersi scosse, anche violente;
- delle condizioni operative in cui i Vigili del Fuoco sono chiamati ad operare;
- della necessità di ricercare soluzioni riferite a scenari tipo, conservative e capaci di garantire modularità e semplicità esecutiva;
- del dimensionamento riferito ad un'azione sismica di riferimento per ambiti territoriali omogenei;
- dell'attenzione da prestare ai punti critici, quali i giunti fra le membrature delle opere provvisionali.

Inoltre, a fronte delle necessità di mettere in sicurezza gli edifici in tempi limitati, con maestranze dei Vigili del Fuoco che operano secondo turni che comportano avvicendamenti durante la realizzazione di una stessa opera e in un ambiente di lavoro a rischio, si è optato per:

- definire soluzioni tipo in modo da uniformare modalità e tecniche realizzative e facilitare i passaggi di consegne negli avvicendamenti del personale;
- semplificare quanto più possibile la scelta dei materiali da utilizzare tenendo conto di fattori quali semplice reperibilità e manovrabilità;
- semplificare quanto più possibile le soluzioni ed i particolari costruttivi (ad esempio utilizzando travi a sezione quadrata dimensionate con riferimento all'elemento maggiormente sollecitato, in modo tale da rendere più semplice la realizzazione dei giunti e il computo a piè d'opera del materiale necessario per la sua realizzazione);
- semplificare la fase realizzativa (preparazione e montaggio) cercando, per quanto possibile, di operare in condizioni di sicurezza preferendo il pre-assemblaggio dell'opera, o di parti di essa, in zona di sicurezza.

Infine, per facilitarne l'utilizzo operativo, le schede sono state strutturate seguendo i punti chiave del ragionamento da porre in atto sul campo, e quindi organizzate secondo i seguenti tre step fondamentali:

1. scelta della tipologia di opera, sulla base di un preliminare riconoscimento del cinematismo da presidiare;
2. dimensionamento dell'opera, con l'ausilio di opportuni abachi e tabelle;
3. esecuzione, supportata da avvertimenti sulle criticità globali e locali da gestire, da indicazioni sui particolari costruttivi da adottare per eliminare o controllare le criticità e da avvertenze di carattere generale o specifico da seguire per una corretta realizzazione.



Figura 1 - Struttura logica delle schede STOP.

Le considerazioni sopra esposte e la necessità di standardizzare quanto più possibile l'opera hanno suggerito di ricorrere ad una "pre-progettazione" delle opere per "scenari di riferimento". Ciò ha consentito di pervenire al "Vademecum STOP" che può essere interpretato come una sorta di catalogo di opere pre-dimensionate in funzione di specifiche richieste prestazionali e di determinate variabili geometrico/tipologiche osservabili sul campo. Tale strumento costituisce il riferimento di rapido utilizzo per identificare la soluzione da adottare una volta caratterizzate le variabili richieste dallo specifico problema da affrontare.

2. CRITERI GENERALI DI PROGETTO

I criteri generali di progetto sono stati concepiti tenendo conto della necessità di procedere con la progettazione contestualizzata di interventi tecnici urgenti. Si è optato, quindi, per l'individuazione di soluzioni standardizzate, definite attraverso una preventiva tipizzazione e dimensionamento delle opere per "scenari di riferimento", tenendo conto sia del contesto operativo sia delle tempistiche di realizzazione.

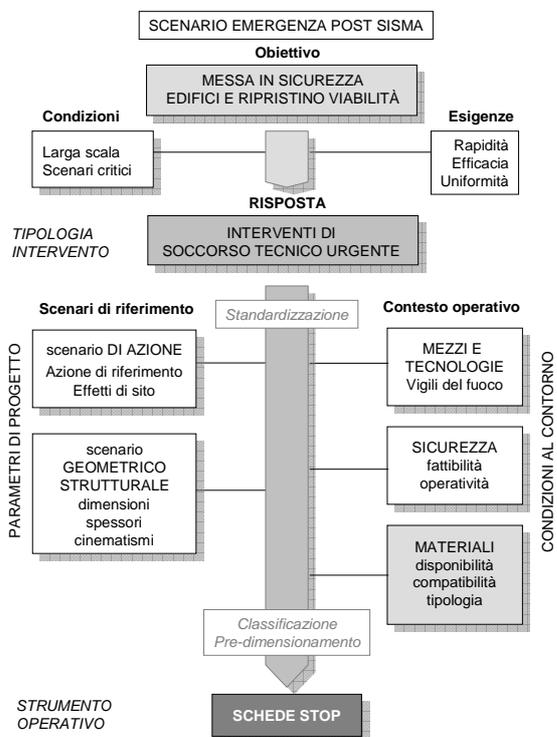


Figura 1 - Schema logico dei criteri di progetto delle schede STOP.

Ulteriori elementi considerati nella progettazione delle opere provvisorie sono legati alle seguenti problematiche:

- la compatibilità dei materiali in relazione ai beni e valori da tutelare;
- la specificità delle attrezzature e delle tecniche di intervento dei Vigili del Fuoco;
- la sicurezza degli operatori, sia in rapporto alla fattibilità sia all'operatività legata al tipo di materiali disponibili.

Prendendo in considerazione tutti questi elementi si è proceduto con la preventiva classificazione di casistiche rappresentative, la definizione di soluzioni tipo e il relativo pre-dimensionamento; infine sono state elaborate le relative schede tecniche contenute nel Vademecum STOP.

2.1 Azione sismica di riferimento

Un terremoto distruttivo che comporta danni alle strutture tali da richiedere interventi di messa in sicurezza, anche con l'impiego di opere provvisorie, solleva la necessità di definire l'azione rispetto alla quale le stesse opere devono essere dimensionate. Solitamente, per definire condizioni di sicurezza di parti strategiche del territorio (ad esempio la viabilità

principale) o per obiettivi di salvaguardia dei beni storico-monumentali, tali opere devono essere realizzate già dalle prime fasi dell'emergenza sismica. Da un punto di vista funzionale, infatti, l'opera provvisoria per la messa in sicurezza delle costruzioni danneggiate ha la finalità di contrapporsi alla ulteriore mobilitazione dei cinematici attivati e contenere, per quanto possibile, la prosecuzione del danno evitando quanto meno il crollo, ovvero fungere da elemento protettivo di aree operative o che permettono lo svolgimento di funzioni strategiche. Se l'opera è realizzata già nella fase dell'emergenza sismica, la sua prestazione deve essere riferita alle sollecitazioni che si possono produrre nel breve periodo dopo la scossa principale.

L'azione di progetto da considerare nel dimensionamento delle opere provvisorie deve, pertanto, essere riferita alle ulteriori azioni sismiche ragionevolmente prevedibili nella fase temporale immediatamente successiva alla sua installazione nell'area di intervento. Qualora la realizzazione avvenga nella fase immediatamente post-evento, è quasi certo che l'opera provvisoria installata sarà più volte chiamata a reagire ad ulteriori azioni sismiche severe, tanto più quanto la scossa principale è stata violenta e tanto più quanto l'opera provvisoria è installata nel breve periodo rispetto alla scossa principale.

L'esperienza insegna che dopo un terremoto distruttivo si susseguono altre scosse violente la cui intensità, solitamente, non supera quella della scossa principale, a meno che non si attivino altri terremoti in zone sismogenetiche limitrofe. In tale fase acuta, gli ipocentri delle varie scosse interessano diverse parti della faglia o sistema di faglie attivate. Partendo da tali considerazioni, un criterio che può essere seguito per definire l'entità dell'azione rispetto alla quale progettare le opere che vengono installate nel breve termine può essere quello di considerare un'azione paragonabile a quella che ha determinato il danno che ha richiesto l'introduzione dell'opera provvisoria. In assenza di dati strumentali estesi sul territorio, una quantificazione dell'azione sismica effettivamente associata all'evento principale può essere derivata per via empirica a partire

dal grado di intensità macrosismica osservato nell'area di intervento.

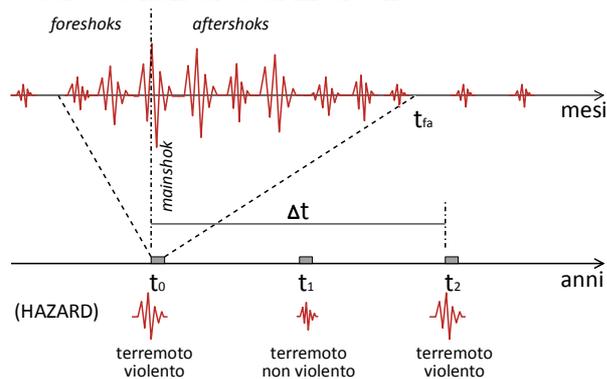


Figura 0 - Le valutazioni di hazard si basano su calcoli probabilistici degli eventi mainshock nel lungo termine nei quali non si considerano gli aftershocks. Per la definizione delle azioni sismiche attese nella fase dell'emergenza post-sismica le previsioni di hazard perdono di significatività ed è più corretto riferirsi a criteri macrosismici.

I valori di intensità possono, infatti, essere empiricamente correlati a valori rappresentativi di accelerazione al suolo. La necessità di introdurre opere provvisionali può essere associata al grado di intensità macrosismica risentita. D'altra parte, l'intervento urgente ed esteso su un territorio colpito da un terremoto distruttivo abbisogna, già nel breve periodo, di criteri pragmatici per l'individuazione di soluzioni applicabili su larga scala. Tutto questo ha suggerito la definizione di una strategia basata su soluzioni progettuali standardizzate, dimensionate con riferimento a due classi prestazionali, rapportate alle intensità macrosismiche osservate. In particolare, valutando le varie relazioni empiriche proposte in letteratura che correlano l'intensità macrosismica con accelerazione al suolo, si è optato per un dimensionamento delle opere provvisionali con riferimento a due livelli di azione sismica, corrispondenti a diversi range di intensità macrosismica registrata o attesa nel breve periodo. Il riferimento alla intensità macrosismica osservata ha anche il vantaggio di essere legato all'effettiva azione sismica risentita al sito, ossia di tenere implicitamente conto degli eventuali effetti di sito che hanno portato ad incrementare il valore di accelerazione rispetto a quello di riferimento (sito in roccia con superficie piana ed orizzontale). Tali effetti di Amplificazione, dovuti alle caratteristiche di sito,

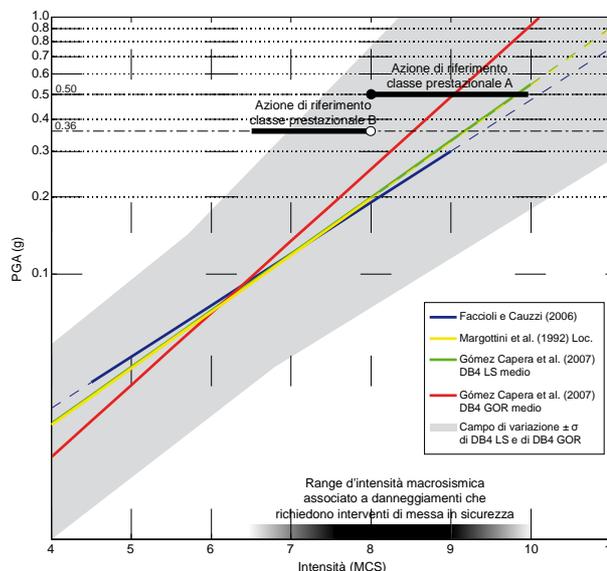


Figura 4 - Relazioni empiriche tra intensità macrosismica e accelerazione al suolo con indicati i posizionamenti delle azioni di riferimento utilizzate per le classi prestazionali A e B nell'ambito delle fasce di intensità associate a danneggiamenti che richiedono l'installazione delle opere provvisionali.

Tabella 1 *Criterio macrosismico per la definizione della classe prestazionale delle opere provvisionali da realizzare nella fase immediatamente post-sisma.*

Classe prestazionale	Ambito di intervento	Accelerazione di riferimento
A	Installazioni in aree danneggiate caratterizzate da una intensità macrosismica risentita o prevista ¹ uguale o superiore al VIII grado della scala MCS	0.50 g
B	Installazioni in aree danneggiate caratterizzate da una intensità macrosismica risentita e prevista nel breve termine inferiore al VIII grado della scala MCS oppure Installazioni che vengono realizzate in aree danneggiate a distanza di molti mesi dalla scossa principale	0.36 g

⁽¹⁾ Nella fase immediatamente post-sisma è opportuno prevedere una estensione del massimo grado registrato a tutta l'area del sistema di faglie correlato alla scossa principale, in modo da tenere conto della possibile migrazione degli ipocentri delle successive scosse di assestamento.

concorrono a definire il livello di scuotimento al sito determinato dalle scosse successive. Nel caso del terremoto dell'Aquila, tali valori convenzionali delle azioni di riferimento sono paragonabili a quelli massimi effettivamente registrati rispettivamente in prossimità della zona epicentrale e nell'area ad essa circostante, dove i danni riportati erano comunque tali da richiedere interventi di messa in sicurezza. In assenza di specifiche determinazioni, basate sull'analisi del livello di scuotimento

risentito, le classi prestazionali furono definite associando ai comuni che erano classificati in zona 1 secondo l'OPCM 3274/03 la classe A e ai comuni classificati in zona 2 la classe B. Più in generale, volendo fare una corrispondenza tra le azioni convenzionali poste alla base delle classi prestazionali A e B e le azioni sismiche previste dalle NTC 2008, si può affermare che:

- con riferimento all'intero territorio nazionale, le opere di classe A e B consentono di rispondere alle accelerazioni attese nello scenario caratterizzato dal massimo valore di accelerazione prevista per un periodo di ritorno di 475 anni, corrispondente a 0.28 g, aggravato da un coefficiente di amplificazione locale per effetti geomorfologici pari rispettivamente a 1.8 e 1.3;
- con riferimento all'area abruzzese, caratterizzata da un valore di a_g per la città dell'Aquila, per un periodo di ritorno di 475 anni, corrispondente a 0.26 g, le opere di classe A e B consentono di rispondere rispettivamente a valori di amplificazione locale per effetti geomorfologici pari a 1.9 e 1.4.

Tali valori consentono di tenere in considerazione gli effetti amplificativi di sito che si possono avere in gran parte dei fondovalle anche in prossimità di terrazzi alluvionali, conoidi, creste e versanti, piane alluvionali.

2.2 Problematiche realizzative

La salvaguardia dei beni danneggiati richiede una rapida realizzazione delle opere provvisorie. Più tardi si inserisce l'opera provvisoria più la struttura subirà una evoluzione del quadro di danneggiamento come conseguenza del susseguirsi delle scosse nella fase sismica. Per questo è opportuno intervenire con la realizzazione delle opere il prima possibile. D'altra parte, attuare una immediata installazione dell'opera, significa operare in una fase in cui l'azione sismica può manifestarsi durante l'intervento di realizzazione.

Da un punto di vista della sicurezza degli operatori e delle caratteristiche dell'opera stessa, realizzare un'opera provvisoria in piena attività sismica è, pertanto, cosa ben diversa dall'operare in situazioni ordinarie, anche se l'opera è progettata per resistere a future azioni sismiche. L'intervento realizzativo nella fase di emergenza sismica comporta dunque, per gli operatori, criticità molto maggiori di quelle associate a realizzazioni effettuate a distanza di molti mesi o anni dalla scossa principale. Questo richiede necessariamente l'adozione di soluzioni e tecniche realizzative che, a parità di risultato finale, consentano di salvaguardare la sicurezza degli operatori.

In ultima analisi le opere provvisorie in emergenza sismica vanno concepite e gestite secondo i principi e i criteri propri degli interventi tecnici urgenti in scenari critici.

2.3 Struttura ed impiego

Le nove schede STOP attualmente disponibili sono organizzate in maniera tale da risultare di semplice lettura e di rapida applicazione anche da parte di operatori meno esperti.



Istituzione gruppo di lavoro

Vigili del Fuoco
Università di Udine (Coord. Scientifico)

Contenuti del Vademecum

Schede STOP

STOP PR - puntelli di ritengo
STOP CP - cerchiatura pilastri muratura
STOP TA - tirantatura in acciaio
STOP IP - incamiciatura pareti murarie
STOP SA - puntelli di sostegno aperture

STOP FP - fasciatura con fasce in poliestere
STOP PC - puntelli contrasto
STOP SB - puntelli sostegno solai e balconi
STOP SV - centinatura archi e volte

Figura 5 - Sommario delle schede STOP.

Effettuata l'individuazione della tipologia di danno strutturale nonché verificata la possibilità di applicazione delle schede ai casi reali da parte di personale esperto, la realizzazione dell'intervento è seguita passo per passo.

2.3 Struttura ed impiego

Le nove schede STOP attualmente disponibili sono organizzate in maniera tale da risultare di semplice lettura e di rapida applicazione anche da parte di operatori meno esperti. Effettuata l'individuazione della tipologia di danno strutturale nonché verificata la possibilità di applicazione delle schede ai casi reali da parte di personale esperto, la realizzazione dell'intervento è seguita passo per passo.

STRUTTURA DELLA SCHEDA

Specificazione e descrizione del cinematismo da contrastare
Obiettivo dell'opera provvisoria

Schemi tipo

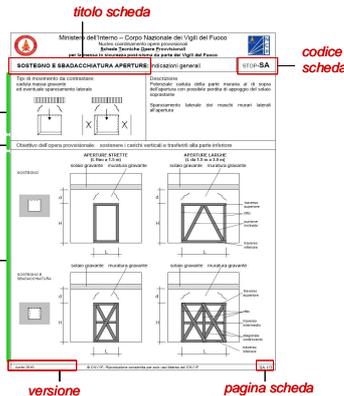


Figura 6 - Struttura della scheda STOP per le sbradacchiature

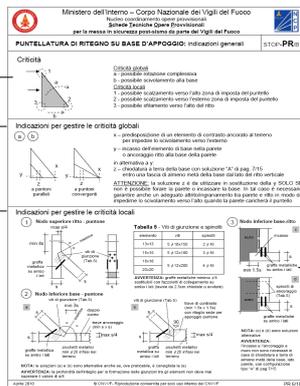
Ogni scheda è fornita di schemi tipologici esemplificativi e di indicazioni pratiche per la realizzazione di particolari costruttivi.

CRITICITÀ

evidenziazione problematiche

gestione criticità globali

gestione criticità locali



particolari costruttivi

Figura 7 - Particolari costruttivi della scheda STOP per i puntelli lignei di ritegno.

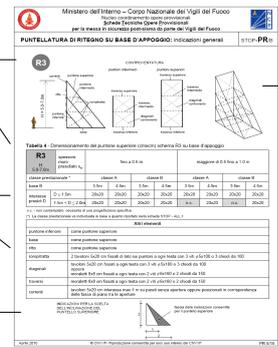
Il dimensionamento delle opere di messa in sicurezza non richiede particolari abilità di calcolo da parte degli operatori ma solo un'attenta misurazione di grandezze significative utili per l'individuazione delle soluzioni tecniche più idonee.

DIMENSIONAMENTO

codice configurazione

tabelle di dimensionamento elementi primari e secondari

avvertenze



schemi di riferimento

Figura 8 - Tabella di dimensionamento di puntelli di ritegno della scheda STOP PR.

Nell'esempio riportato in figura 8, valido per il dimensionamento di puntelli di ritegno in legno di pareti in muratura, si vede che i parametri di ingresso sono costituiti da:

- spessore della muratura;
- interasse massimo tra i presidi;
- dimensione della base di appoggio dell'opera;
- classe prestazionale sismica.

Grazie al predimensionamento effettuato a monte e riportato nel manuale STOP, nessun particolare calcolo è richiesto all'operatore che realizza l'opera.

Ogni scheda è completata da indicazioni di uso e di sicurezza.

ISTRUZIONI

campo di utilizzo

indicazioni generali

avvertenze



Figura 9 - Istruzioni di uso e di sicurezza di una scheda STOP.

3. ESEMPI REALIZZATIVI



Figura 10 - Intervento di tirantatura passante diffusa.



Figura 11 - Intervento di cerchiatura con fasce di poliestere.



Figura 12 - Intervento di puntellamento di ritegno.



Figura 13 - Intervento di puntellamento di ritegno.



Figura 14 - Intervento di puntellamento di contrasto.



Figura 15 - Intervento di cerchiatura di torre.



Figura 16 - Intervento di tirantatura e ritegno di volta.



Figura 19 - Intervento di messa in sicurezza STOP con squadra multinazionale (IT-HR-SL).

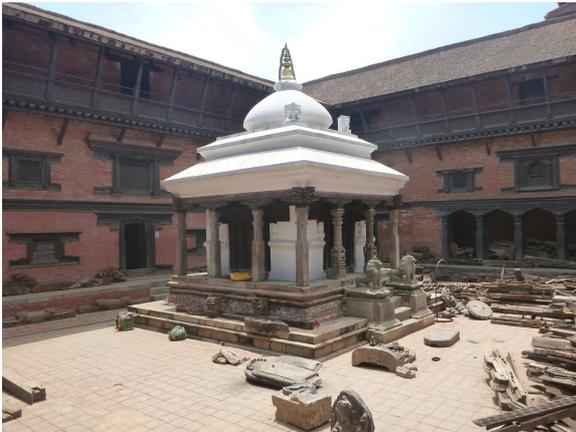


Figura 17 - Tempio nepalese (museo Patan - Kathmandu).

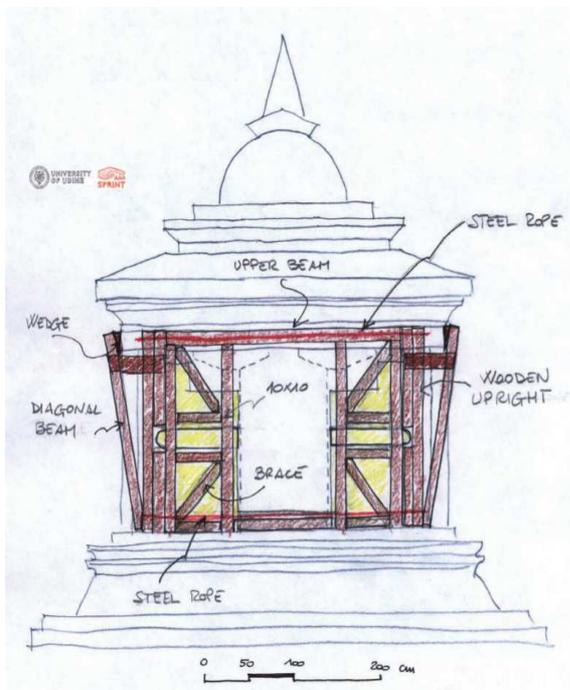


Figura 18 - Intervento di messa in sicurezza del tempio del museo Patan - Kathmandu (con UNIUD).

5. BIBLIOGRAFIA

Manuale opere provvisorie. L'intervento tecnico urgente in emergenza sismica, (Grimaz e altri 2010) Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco

Archivio NCP L'archivio NCP comprende gli atti e gli elaborati tecnici prodotti dal Nucleo e quelli forniti, per il tramite del MiBAC, dalle altre Istituzioni e dai privati relativi agli interventi di messa in sicurezza condivisi e realizzati dal CNVVF.

Bellizzi, 2000 Bellizzi M., (2000). *Le opere provvisorie nell'emergenza sismica*. Agenzia di Protezione Civile – Servizio Sismico Nazionale – Roma.

Borri e Grazini, 2004 Borri A., Grazini A., (2004). *Criteri e metodologie per il dimensionamento degli interventi con FRP nel miglioramento sismico degli edifici in muratura*. Atti del XI Congresso Nazionale "L'Ingegneria Sismica in Italia", Genova, 25-29 gennaio 2004.

Dolce et al., 2006 Dolce M., Liberatore D., Moroni C., Perillo G., Spera G., Cacoso A., (2006). *Manuale per le opere provvisorie urgenti post-sisma (OPUS)*. Convenzione tra il Dipartimento della Protezione Civile, ufficio Servizio Sismico

Nazionale e l'Università degli Studi della Basilicata. <http://postterremoto.altervista.org>

Di Pasquale e Dolce, 1999 Di Pasquale G., Dolce M., (1999). *Raccomandazioni per le opere di messa in sicurezza*. Comitato tecnico-scientifico istituito a seguito dell'Ordinanza 2847/98 a seguito del terremoto del 9.9.1998 (Pollino).

Faccioli e Cauzzi, 2006 Faccioli, E. and C. Cauzzi (2006). *Macroseismic intensities for seismic scenarios estimated from instrumentally based correlations*, Proc. First European Conference on Earthquake Engineering and Seismology, paper number 569.

FEMA, 2009 FEMA *Urban Search & Rescue, U.S. Army Corps of Engineers, (2009)*. Shoring operations guide. www.disasterengineer.org

Gómez Capera et al., 2007 Gómez Capera A.A., Albarello D., Gasperini P., (2007). *Aggiornamento relazioni fra l'intensità macrosismica e PGA*. Progetto DPC-INGV S1, Deliverable D11, <http://esse1.mi.ingv.it/d11.html>

NTC, 2008 *Nuove norme tecniche per le costruzioni*. D.M. 14 gennaio 2008.

Margottini et al., 1992 Margottini, C., Molin D., Serva L. (1992). *Intensity versus ground motion: A new approach using Italian data*, Engineering Geology, 33, 1, pp. 45-58