



### OPERE PROVVISORIALI PER LA MESSA IN SICUREZZA

**Mettere in sicurezza significa preservare opere e incolumità delle persone, consentire la fruibilità interna dei fabbricati e dell'ambiente circostante.**

**Ma è anche condizione essenziale per i successivi interventi di recupero, riparazione e rafforzamento che devono avvenire in sicurezza.**

**In emergenza sismica mettere in sicurezza significa realizzare opere provvisorie**

#### SLIDE 3

**(Da OPUS)**

Nella fase della prima emergenza post-terremoto, uno dei problemi più delicati che le autorità di protezione civile ed i tecnici dei Centri Operativi devono affrontare riguarda **l'esecuzione di opere provvisorie per la messa in sicurezza di strutture** (demolizioni, puntellamenti, messa in opera di tiranti metallici, cerchiature, transennamenti, etc.) **fortemente danneggiate**. Si tratta di **interventi, caratterizzati quasi sempre dalla somma urgenza, che risultano necessari per evitare il progredire del danno, anche determinato dalle repliche sismiche, e/o per tutelare l'incolumità delle persone e/o per ripristinare rapidamente le normali attività socio-economiche**. Gli aspetti più complessi di queste opere, sono riconducibili alla **scelta della più idonea tipologia d'intervento, alla corretta esecuzione e all'ottimizzazione dei costi**. In particolare, quest'ultimo aspetto riveste una rilevante importanza, considerato il numero degli interventi che vengono effettuati dopo un evento sismico significativo e che costituiscono, nella generalità delle realizzazioni, **opere destinate ad essere rimosse nella successiva fase della riparazione definitiva**. Infatti, una volta rimossi, i **puntelli in legno non sono più riutilizzabili**, mentre **gli elementi tubolari in acciaio vengono frequentemente presi a nolo** e, considerati i tempi tecnici e amministrativi per giungere alle riparazioni definitive, incidono sensibilmente sul costo totale del ripristino. In Umbria e Marche dopo il sisma del 26 settembre 1997 sono stati effettuati un grandissimo numero di interventi, in particolare sui beni storici e monumentali, il cui costo complessivo ha raggiunto diverse decine di miliardi di lire. Anche l'altro aspetto, relativo alla **scelta della più idonea tipologia d'intervento**, viene sostanzialmente risolto facendo riferimento agli **usuali interventi in campo statico, spesso senza una adeguata considerazione dei possibili fenomeni dinamici legati all'evoluzione della serie sismica in atto, né delle pesanti interferenze nelle comunicazioni** nel già inadeguato reticolo viario urbano dei nostri centri storici, conseguenti all'adozione generalizzata di alcune ingombranti tipologie d'intervento. **In complesso, le soluzioni adottate appaiono, spesso, inefficaci, antieconomiche o eccessive, quando anche non suscitino motivata preoccupazione.**

#### SLIDE 4

Volendo indagare su questa prassi operativa, si evince che **per lungo tempo, fino al 1968 (Belice), furono i PUNTELLI l'unica tipologia di intervento provvisoria utilizzato nell'emergenza sismica.**

**I puntellamenti in legno sono di antica origine, e derivano dall'esperienza pratica delle popolazioni, sebbene spesso siano stati applicati in maniera errata e curando poco alcuni dettagli (collegamento alla struttura, contrasto a terra, controventamento, etc.), essenziali all'efficacia dell'intervento.**

Altre tipologie d'intervento, come i **tiranti** e le **cerchiature d'acciaio**, erano già note all'epoca, tuttavia **venivano utilizzate esclusivamente in una fase successiva a quella dell'emergenza, nell'ambito del processo di consolidamento definitivo della struttura, attuato dalle imprese edili.**

Esempi di opere provvisorie finalizzate alla messa in sicurezza degli scenari dell'emergenza, soprattutto a seguito di sisma e di crolli, sono rinvenibili nella documentazione storica e fotografica di molti eventi. *“La Casa dell'Oratore ha sofferto moltissimo, e per rendersi alla meglio sicuro ha riparato provvisoriamente con de' Puntelli”.* Questo stralcio di cronaca del terremoto della Valtiberina del 30 settembre 1789, raccontato da un cronista di Citerna, testimonia l'origine antica dei puntelli come intervento provvisorio per la messa in sicurezza degli edifici danneggiati da un terremoto.

#### SLIDE 5

Una prima pallida innovazione da parte del CNVVF, si ebbe a seguito del terremoto del Friuli del 1976. In quell'occasione alcune squadre di Pompieri, composte in parte da capaci carpentieri, operarono interventi provvisori facendo ricorso a tiranti metallici e travi di legno, quest'ultime con la funzione di elemento di ritegno.

#### SLIDE 6

Non possiamo parlare di opere provvisorie per la messa in sicurezza senza citare il Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco.

Fu a seguito della riforma al Corpo delle Garde-pompes (la cui organizzazione fu estesa a tutto l'Impero, compresa l'Italia) voluta da Napoleone Bonaparte agli inizi del 1800, che i Pompieri, che venivano scelti tra artigiani, muratori, fabbri, falegnami, ecc., oltre a spegnere gli incendi, furono anche in grado di realizzare opere particolari come le opere provvisorie.

Nella seconda metà del 1800, per volere del Papa Pio IX, il Corpo dei Vigili del Fuoco Vaticani ebbe l'incarico di posizionare una colonna su un basamento con quattro statue, appositamente realizzato a Roma in Piazza di Spagna. I Vigili del Fuoco progettaron e realizzarono una ingegnosa macchina per elevare la colonna e realizzarono una poderosa opera provvisoria a forma di castello intorno alle quattro statue. La colonna servì da piedistallo per la statua della Madonna Immacolata.

Pochi anni dopo due Vigili del Fuoco romani, con l'uso delle scale in dotazione, effettuarono il restauro della sommità del campanile, realizzato nell'XI secolo e alto 90 m, della chiesa di San Mercuriale a Forlì. L'incarico ai Vigili del Fuoco fu dato dal Ministero della Pubblica Istruzione, considerate la pericolosità e l'estrema difficoltà di tale realizzazione che ne avevano determinato il rifiuto all'esecuzione da parte degli imprenditori di opere pubbliche della città e delle province limitrofe.

#### SLIDE 7-8

Il primo evento sismico per il quale è disponibile una documentazione fotografica organica è quello del Friuli del 1976. Da una serie di immagini in sequenza storica degli eventi sismici è possibile cogliere l'evoluzione che hanno avuto i metodi e le tecniche di puntellamento; ogni evento sismico ha rappresentato un'occasione di crescita del *know-how del settore*. *Le immagini sono commentate rispetto agli standard operativi e tecnico-scientifici attuali (2006)*

#### SLIDE 9

Questa immagine documenta un intervento del terremoto del 23 novembre del 1980.

#### SLIDE 10

Le immagini di questa slide mettono a confronto interventi del 1980 con la situazione al 2006.

Esse documentano gli interventi di presidio al Convento dei Cappuccini di Muro Lucano (PZ). Nella foto a destra ciò che oggi rimane del presidio, a sinistra una foto del 1980.

Nelle immagini in basso è rappresentata l'opera di puntellamento degli altari del Convento dei Cappuccini di Muro Lucano (PZ). E' possibile constatare la successiva "modifica" apportata per agevolare il transito e l'utilizzo degli altari.

**L'esperienza di passati terremoti ha, purtroppo, mostrato come molte opere provvisorie abbiano avuto un carattere quasi "definitivo", perché gli interventi di ristrutturazione hanno avuto tempi molto più lunghi di quelli che era possibile immaginare.**

Questo è uno dei tanti esempi di come i diversi interventi di messa in sicurezza temporanea realizzati dopo il sisma del 1980, sono ancora l'unico presidio di strutture sempre più fatiscenti. Soprattutto per opere provvisorie in legno, accade che, con il passare degli anni, i cittadini ne dimentichino la loro funzione statica, modificandone l'apparecchio costruttivo, in funzione delle esigenze di fruizione dei luoghi, così da vanificarne la funzione statica.

**Anche per le opere provvisorie potrebbe essere previsto un piano di manutenzione, così come andrebbe fatto per tutte le strutture. In tal modo, si potrebbe garantire l'efficienza del presidio per il tempo necessario alla realizzazione degli interventi definitivi.**

Tale discorso, però, ha un suo fondamento quando il costo della manutenzione è limitato, rispetto al valore dell'opera che presidia. Per edifici di dimensioni modeste, con danni significativi, un programma di manutenzione diviene irrealizzabile. In tali casi, quindi, è importante che le opere provvisorie che garantiscano la loro efficienza per periodi anche lunghi.

**I maggiori problemi sono determinati dalla messa in opera di presidi in legno, il materiale più vulnerabile all'azione del tempo.** Le possibili soluzioni si realizzano attraverso un'accurata manutenzione dell'opera provvisoria, controllando e migliorando, ove necessario, la sua messa in carico, oppure, se la tipologia di intervento lo permette, attraverso l'utilizzazione di presidi in legno nell'immediato post-terremoto, da sostituire e/o integrare con altri presidi più duraturi. **L'alternativa, è fornita da soluzioni non tradizionali, che godano contemporaneamente dei tre requisiti fondamentali: facilità e rapidità di posa in opera, durabilità ed economicità.** Ovviamente il presidio più efficiente, anche dal punto di vista economico, è quello che, in una seconda fase successiva all'emergenza, riesce ad integrarsi con la ristrutturazione, entrando a far parte di un più complesso progetto di rinforzo o rappresentando esso stesso l'opera definitiva.

#### **SLIDE 11**

Un primo grande passo verso l'utilizzo di tecniche innovative venne compiuto in occasione del terremoto che il 26 settembre 1997 colpì le regioni Umbria e Marche. Fu il primo evento sismico significativo a cui parteciparono i nuclei specialistici VVF-SAF (soccorso Speleo Alpino Fluviale) e furono proprio questi nuclei ad intervenire **sulle strutture alte (torri, campanili e ciminiere) utilizzando cavi d'acciaio e fasce in poliestere, di più agevole utilizzo e rapidità di messa in opera, per le cerchiature effettuate in quota con l'ausilio di autoscale e piattaforme in dotazione**

#### **SLIDE 12-13-14-15**

**Serie di immagini terremoto 1997.**

*Le immagini sono commentate rispetto agli standard operativi e tecnico-scientifici attuali (2006)*

#### **SLIDE 16-17-18-19**

**Serie di immagini terremoto 2000 e 2002.**

*Le immagini sono commentate rispetto agli standard operativi e tecnico-scientifici attuali (2006)*

## SLIDE 20

L'esecuzione di interventi provvisori sulle strutture lesionate da eventi sismici è una delle attività che maggiormente impegna le strutture operative di soccorso in occasione di emergenze causate da terremoti anche di media intensità.

Dalla rassegna di immagini si è potuto vedere come si è evoluta questa tipologia di opere.

Nel 1998 furono redatte dal prof. Dolce (del Gruppo Nazionale Difesa dai Terremoti – GNDT) e dall'ing. Di Pasquale (del Servizio Sismico Nazionale) per il Comitato Tecnico Scientifico istituito in occasione del terremoto del Pollino del 9 settembre 1998, le *“Raccomandazioni per le opere di messa in sicurezza”*, particolarmente importanti nel campo del miglioramento delle tecniche d'intervento provvisorio post-sisma. Tali Raccomandazioni contengono un confronto tra i comportamenti delle puntellature e delle tirature metalliche sotto l'azione sismica.

Tra le altre cose, nel documento venne sottolineato che i **tiranti metallici**, a differenza dei puntelli, **risultano pienamente efficaci ai fini della resistenza dell'edificio a ulteriori scosse sismiche**, permettendo di conseguire, se ben fatti, una **sicurezza addirittura superiore a quella della struttura originaria priva di tiranti**, grazie alla capacità di questi ultimi di favorire il comportamento scatolare d'insieme dell'organismo strutturale.

Queste raccomandazioni trovarono concorde il CNVVF, tanto è vero che, a distanza di poco tempo, l'ing. Parisi, allora Direttore dell'ISA (Istituto Superiore Antincendi), e l'arch. Martoni, allora funzionario del comando VVF di Milano, elaborarono a fini didattici la Tabella per la comparazione tra le caratteristiche comportamentali dei tiranti in acciaio e i puntelli in legno.

**Il documento non contiene però soluzioni né tabelle per il dimensionamento delle diverse tipologie di opere provvisorie.**

## SLIDE 21

Nel giugno 2000 si è arrivati all'elaborazione di un primo volume di linee guida, pubblicato da parte dell'Agenzia di Protezione Civile, Servizio Sismico Nazionale: *“Le opere provvisorie nell'emergenza sismica (Bellizzi M. – 2000)”*, in cui si è raccolto lo stato dell'arte e della pratica italiani in questo campo, anche utilizzando testi tecnici specifici.

Tale elaborazione e il contemporaneo monitoraggio sulle opere provvisorie realizzate nelle recenti emergenze sismiche hanno evidenziato, tra l'altro, come **le soluzioni correnti suggerite ed adottate risultano spesso inadeguate alle problematiche sismiche**; inoltre, si è notato che **la letteratura tecnico-scientifica tratta in maniera insufficiente il problema.**

## SLIDE 22

Per tali motivi si è ritenuto necessario procedere ad ulteriori studi e approfondimenti riguardanti le opere provvisorie nell'emergenza sismica, attuando un'apposita Convenzione con il D.I.S.G.G. (Dipartimento Strutture, Geotecnica, Geologia applicata) della Facoltà di Ingegneria dell'Università degli Studi della Basilicata (UNIBAS). **Il programma di lavoro, suddiviso in 4 fasi temporali, ha riguardato sia attività a carattere teorico che attività sperimentali** realizzate con il coordinamento scientifico del Prof. Mauro Dolce (D.I.S.G.G. UNIBAS) e monitorate costantemente dall'Amministrazione attraverso il responsabile del progetto Ing. Sabato Sergio (USSN-DPC). **Le attività intermedie hanno condotto alla redazione e successiva pubblicazione del manuale “OPUS”, di pratica utilizzazione, in cui gli interventi descritti possono essere facilmente associati ai meccanismi di danno ed alla tipologia costruttiva, in modo da fornire regole speditive di scelta, progettazione e calcolo.**

Il manuale è articolato in due parti. Nella prima parte si esaminano tutti gli aspetti propedeutici ad una corretta scelta della tipologia di intervento da adottare, analizzando le caratteristiche dei materiali più

spesso utilizzati per opere provvisori, per valutarne pregi e difetti nelle diverse applicazioni, le tipologie edilizie su cui più spesso occorre intervenire e le modalità di danneggiamento cui occorre porre rimedio con gli interventi di messa in sicurezza, arrivando a definire una corrispondenza tra i meccanismi di danno più spesso riscontrati e le tipologie di intervento più opportune, in relazione alle caratteristiche della struttura. Nella seconda parte si forniscono tutte le informazioni e gli strumenti necessari alla corretta progettazione dell'opera provvisoria, nelle sue diverse forme e con i diversi materiali, a partire dalle basi teoriche per la progettazione (definizione dei carichi statici e sismici, modelli di calcolo, etc.) fino ad abachi e tabelle che permettono, anche negli interventi di urgenza, un agevole dimensionamento dei diversi elementi.

### Recensione

**MANUALE DELLE OPERE PROVVISORIE URGENTI POST-SISMA (OPUS) - Convenzione tra l'Ufficio servizio Sismico Nazionale (Dipartimento Protezione Civile) e l'Università della Basilicata** Tra i programmi sviluppati dall'Ufficio Servizio Sismico Nazionale (USSN-DPC) nel corso degli ultimi anni riveste particolare rilevanza l'attività legata alla gestione tecnica dell'emergenza sismica ed in particolare la gestione dei sopralluoghi di agibilità degli edifici e delle infrastrutture ed i relativi provvedimenti urgenti per la riduzione del rischio. Il manuale, corredato da figure, tabelle, abachi, formule ed esempi di dimensionamento nonché caratteristiche dei materiali, consente di attivare anche in fase post-emergenziale una metodologia di scelta dell'intervento più idoneo, ottimizzato rispetto a diversi fattori: tipologia della costruzione, tipo e livello di danno, tipo e livello dell'azione attesa, vita utile e attesa dell'intervento, condizioni ambientali al contorno. Consente inoltre di seguire procedure semplificate di progetto e di valutazione delle sollecitazioni sulle opere provvisorie e sulle costruzioni per effetto delle mutue interazioni, utilizzando sia i classici metodi della scienza delle costruzioni, sia i risultati delle simulazioni numeriche e prove sperimentali.

### **SLIDE 23**

Un grande contributo alla standardizzazione delle opere provvisorie per la messa in sicurezza è quello dato dal Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco (C.N.VV.F.), nella cui tradizione, come già anticipato, trovano riscontro la previsione, l'organizzazione e la pianificazione di quanto necessario per far fronte ai possibili eventi calamitosi per particolari e gravi emergenze e per l'ordinaria attività di soccorso urgente.

Nel terremoto abruzzese si è assistito ad un "nuovo approccio alla messa in sicurezza post sisma da parte dei Vigili del Fuoco".

Il percorso che ha portato alla redazione di questo manuale è iniziato da tempo.

Nel 2003 la Direzione Regionale VVF Piemonte costituì il Gruppo Opere Provvisorie (GOP) del Piemonte coordinato dall'arch. Sasso, già vice Comandante ad Asti, che produsse un manuale per le opere provvisorie più semplici, completo di tecniche SAF e di indicazioni sui criteri di calcolo. Nello stesso anno, a seguito del terremoto verificatosi nella provincia di Alessandria, che colpì in particolare il Comune di Novi Ligure e alcuni paesi del circondario, la Direzione Regionale VVF Piemonte costituì un gruppo di lavoro misto con i Comandi di Alessandria e Asti che, in collaborazione con le Università di Torino e di Genova, procedette al monitoraggio e al rilevamento dei danni su una struttura pregevole per arte e storia nel Comune di Gavi.

Nel 2007 la Direzione Centrale per la Formazione del CNVVF, con a capo l'ing. Basti, incaricò un gruppo di lavoro VVF per l'elaborazione di una nuova dispensa in materia di costruzioni, dissesti statici e opere provvisorie. Il gruppo di lavoro elaborò un documento completo che, per la prima volta, aveva previsto di riservare una parte del corso all'apprendimento delle manualità applicate alle soluzioni teoriche prescelte nella realizzazione dei puntelli. La naturale conseguenza di questo lavoro è stata l'istituzione di corsi di formazione per il personale permanente, già in servizio presso diversi Comandi dei Vigili del Fuoco sul territorio nazionale, progettati specificamente all'insegna del nuovo modulo didattico, che ha riscosso un generale apprezzamento per la nuova metodologia di insegnamento.

Detta attività si è rivelata molto efficace per la realizzazione delle opere provvisorie necessarie alla messa in sicurezza delle costruzioni a seguito del terremoto dell'Aquila del 6 aprile 2009, poiché il personale che aveva frequentato i corsi ha realizzato le opere provvisorie con maggiori competenza e celerità, rispetto al rimanente personale che non aveva frequentato gli stessi corsi e che comunque, per esigenze del soccorso tecnico urgente, è stato chiamato a realizzare le stesse tipologie di opere. Mancava tuttavia una trattazione sistematica di standardizzazione e di supporto operativo sul campo.

**Il Vademecum STOP**, redatto da un apposito gruppo di lavoro voluto dalla Direzione Centrale per l'Emergenza e il Soccorso Tecnico istituito con provvedimento prot. EM3064/5001-11 del 15.6.2009, è la sintesi tra la ricerca tecnico- scientifica e l'esperienza operativa dei VVF in materia di opere provvisorie realizzate a seguito del terremoto abruzzese; e contemporaneamente una guida commentata alle varie fasi organizzative e operative per la loro realizzazione.

Il gruppo di lavoro ha elaborato un primo strumento operativo/didattico per il lavoro VVF in presenza di dissesti statici in atto, finalizzato a eseguire le opere provvisorie in modo normalizzato con un criterio di attenzione alla sicurezza degli operatori in presenza anche di repliche sismiche.

Con nota prot. 2485/6104 dd. 07/05/10 della Direzione Centrale per l'Emergenza e il Soccorso Tecnico è stato istituito un Osservatorio tecnico permanente sulle opere provvisorie, il cui mandato è quello di migliorare l'uniformità degli interventi di messa in sicurezza dei manufatti edilizi a causa dei dissesti statici, anche nelle fasi dell'emergenza post-sisma. L'osservatorio si avvale del coordinamento scientifico dell'Università di Udine, e studia gli eventuali aggiornamenti delle procedure organizzative, i materiali tecnici, le attrezzature e gli automezzi al fine di migliorare l'operatività delle Colonne Mobili Regionali e dell'intero dispositivo di soccorso in caso di grandi emergenze, sia nazionali che internazionali. L'osservatorio si occupa anche di mettere a punto gli strumenti per l'integrazione degli aspetti organizzativi con le procedure operativo-gestionali che via via andranno ad affinarsi tramite feed-back sul campo con gli operatori, con verifiche di fattibilità e di convenienza economico-operativa. **Le linee di sviluppo prevedono l'introduzione di nuove schede che contemplano l'utilizzo di altri materiali e tecniche costruttive, la definizione di specifiche linee guida per il coordinamento operativo del Nucleo NCP con l'aggiunta di procedure per le squadre miste MiBAC utilizzate per i sopralluoghi per il censimento dei danni dei Beni Culturali. Esse contempleranno anche l'organizzazione dell'interfaccia con gli altri soggetti del Sistema di Protezione Civile e la rigorosa definizione della catena di comando tra le varie componenti destinate alla realizzazione delle opere.**

L'idea di realizzare un Vademecum di schede tecniche delle opere provvisorie da parte dei Vigili del Fuoco, in un formato utilizzabile sul campo dagli operatori, ha consentito, non solo di predisporre uno strumento di supporto alle decisioni sul piano operativo, ma anche di valorizzare e capitalizzare le osservazioni e le proposte di miglioramento avanzate dagli operatori via via che lo strumento veniva utilizzato. Il Vademecum ha consentito, quindi, di sistematizzare il know-how del CNVVF e di definire la necessaria uniformità di linguaggio e di tecniche esecutive, rivelandosi estremamente utile anche sul piano dell'addestramento sul campo.

L'idea di realizzare un Vademecum di schede tecniche delle opere provvisorie da parte dei Vigili del Fuoco, in un formato utilizzabile sul campo dagli operatori, ha consentito, non solo di predisporre uno strumento di supporto alle decisioni sul piano operativo, ma anche di valorizzare e capitalizzare le osservazioni e le proposte di miglioramento avanzate dagli operatori via via che lo strumento veniva utilizzato. Il Vademecum ha consentito, quindi, di sistematizzare il know-how del CNVVF e di definire la necessaria uniformità di linguaggio e di tecniche esecutive, rivelandosi estremamente utile anche sul piano dell'addestramento sul campo.

*(A seguito del terremoto dell'Aquila, il Direttore Centrale per l'Emergenza del CNVVF, memore del lavoro svolto alla Direzione Centrale Formazione e per dare continuità allo stesso nello scenario emergenziale, ha proposto al Capo del CNVVF di costituire, presso la Direzione Regionale VVF dell'Abruzzo, il Nucleo Coordinamento delle Opere Provvisorie (NCP) con l'incarico di garantire l'uniformità*



*nella realizzazione degli interventi provvisori effettuati dai Vigili del Fuoco e monitorarne lo stato d'avanzamento. L'incarico di organizzare il Nucleo è stato affidato a tre dirigenti del CNVVF, ingegneri Cavriani, Mannino e Munaro, che a rotazione hanno diretto e coordinato l'attività del Nucleo stesso dai primi giorni dopo l'evento sismico coadiuvati da altri dirigenti e funzionari del Corpo Nazionale. Il Nucleo si è avvalso del supporto scientifico del prof. Grimaz dell'Università di Udine che ha ideato e messo a punto, anche operando sul campo, gli strumenti tecnico-scientifici per la realizzazione degli interventi, coordinando uno specifico gruppo di lavoro.)*

## SLIDE 24

### Filosofia di progetto delle schede STOP

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 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 provvisorie.

Inoltre, a fronte della **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**, utilizzando, ad esempio, travi a sezione quadrata dimensionate con riferimento all'elemento maggiormente sollecitato, in modo tale da rendere notevolmente 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**.

**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.

## SLIDE 25

### 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.

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.

Nel seguito si descrivono, con maggiore dettaglio, i criteri adottati nei procedimenti di standardizzazione e dimensionamento, con particolare riferimento alle azioni di progetto e ai materiali.

## SLIDE 26

### STRUTTURA LOGICA DELLE SCHEDE

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 *steps 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.*

## SLIDE 27

### 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 cinematismi 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.

Qual è dunque l'azione sismica da porre alla base del dimensionamento dell'opera? Al riguardo 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**. Pare invece **meno adeguato seguire il criterio adottato dalla normativa antisismica**, riferito a valori derivati da analisi di *hazard probabilistico*, per due principali ragioni :

*a) l'evento principale è già avvenuto e potrebbe essersi rivelato diverso da quello previsto nelle analisi di hazard;*

*b) si esce dal campo delle valutazioni probabilistiche a medio e lungo termine e si entra in quello delle osservazioni post-evento nel breve termine.*

**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.

I valori di intensità possono, infatti, essere empiricamente correlati a valori rappresentativi di accelerazione al suolo. La necessità di introdurre opere provvisorie può essere associata al grado di intensità macrosismica risentita. L'esigenza di installazione sarà puntuale nelle aree che hanno registrato un grado di intensità macrosismica inferiore a VIII MCS e più generalizzata nelle aree caratterizzate da un'intensità macrosismica superiore a VIII MCS. 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 provvisorie con riferimento a due livelli di azione sismica, corrispondenti a diversi range di intensità macrosismica registrata o attesa nel breve periodo.

La definizione delle classi prestazionali per le varie aree del territorio colpito dal terremoto può essere fatta nell'immediato post-sisma sulla base del piano quotato delle intensità macrosismiche risentite e delle conoscenze sismotettoniche dell'area. Tale definizione potrà essere resa nota agli operatori VVF dalle Autorità competenti sotto forma di mappa di zonazione o di elenco dei comuni nell'area colpita con indicazione della relativa classe prestazionale richiesta. 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).

## **SLIDE 28**

### **TIPOLOGIE DI OPERE DI MESSA IN SICUREZZA (ELENCO)**

#### **PUNTELLI**

I puntelli generalmente sono realizzati in legname oppure con elementi tubolari o profilati in acciaio, raramente in cemento armato o in muratura. Con il puntellamento si realizza una struttura mista, costituita dalla costruzione, più o meno lesionata e staticamente compromessa, e dal sistema di puntellamento. E' importante valutare di volta in volta il funzionamento complessivo di tale sistema strutturale, controllando che non si creino in alcune parti sollecitazioni e tensioni troppo elevate: tipico esempio è il pericolo che i puntoni possano indurre tensioni locali eccessive nella muratura se non si interpongono opportuni ripartitori. Le verifiche da effettuare sui puntelli, riguardano la stabilità alla compressione e al carico di punta, il controllo che tutti gli elementi siano sollecitati alla sola compressione assiale, la stabilità allo scorrimento ed il controllo delle caratteristiche termiche ed igroscopiche del materiale. Infatti, se il puntello, a seguito di un notevole aumento di temperatura o della saturazione dell'aria, subisce un'eccessiva dilatazione, esso va a premere contro le strutture più di quanto sia necessario per il loro sostegno, determinando su queste uno stato tensionale spesso incompatibile con la loro resistenza. Ciò accade perché, quasi sempre, la struttura sulla quale s'interviene, conserva ancora una residua resistenza, per cui l'insieme struttura più puntello è nella realtà un sistema iperstatico. Quando, invece, il puntello si contrae significativamente, a causa

dell'abbassamento di temperatura o, nel caso del legno, per stagionatura, le masse sostenute lo possono seguire, mantenendolo in forza, con ulteriori movimenti che potrebbero pregiudicarne la stabilità, oppure lo abbandonano, ritornando alle preesistenti condizioni di precarietà statica. I classici puntellamenti contro il ribaltamento delle pareti presentano diversi inconvenienti, che possono divenire fatali se mal progettati e/o mal eseguiti (**Di Pasquale, Dolce, 1999**):· La loro efficacia ai fini della resistenza dell'edificio ad ulteriori scosse sismiche può essere scarsa. A causa delle vibrazioni, infatti, la struttura perde il contatto con il puntello, che, in relazione alla sua configurazione, può cadere, perdendo completamente di efficacia, o, in caso contrario, determinare un martellamento sulla muratura.· I loro ingombri sugli spazi prospicienti la struttura puntellata sono talvolta tali da impedirne l'uso. Questo aspetto risulta particolarmente grave quando i puntelli ostruiscono strade strette, compromettendo la viabilità.· La loro efficienza e affidabilità nel tempo, particolarmente per i puntelli in legno, può essere compromessa sia da piccoli assestamenti della struttura o dei contrasti (terreno o altra struttura), sia dalle variazioni di lunghezza, determinate dalle variazioni di temperatura e, nel caso di puntelli in legno, di umidità.· La loro realizzabilità può risultare difficoltosa, per la mancanza di contrasti adeguati. Spesso vengono utilizzate strutture prospicienti a quella da puntellare, creando una situazione di vulnerabilità sismica indotta.· Il materiale (puntoni in legno, aste in acciaio) risulta praticamente inutilizzabile dopo la rimozione del puntellamento. Anche i puntellamenti di sostegno presentano inconvenienti legati soprattutto all'efficacia ai fini della resistenza sismica, agli ingombri, all'efficienza nel tempo e riutilizzabilità. Si possono in alternativa adottare altri provvedimenti, tra i quali, a titolo esemplificativo, si citano:· Centinature di archi con carpenteria metallica (profili calandrati) per il sostegno di archi e volte a botte;· Telai chiusi in acciaio nelle finestre e nelle porte per sostenere architravi danneggiati; Un aspetto particolarmente delicato è la durata temporale delle opere provvisorie, con mantenimento della loro piena efficacia.

## CATENE E CERCHIATURE

Catene e tiranti **sono tra i più antichi interventi sulle murature esistenti, per contenere i dissesti di archi e volte, migliorare i collegamenti tra diversi elementi strutturali** (pareti ortogonali, solai e pareti), e **realizzare un comportamento dell'edificio in muratura quanto più vicino possibile a quello scatolare**. Tali interventi sono stati spesso utilizzati come **interventi definitivi** e, utilizzati come opere provvisorie, possono concorrere alla definitiva soluzione di problematiche di dissesto insorte successivamente alla costruzione dell'edificio.

**In una logica di opera provvisoria, l'intervento immediato più semplice, quando è praticabile, e con minimi rischi operativi consiste nell'applicazione di tiranti perimetrali esterni in forma di cerchiatura complessiva della struttura in esame.** Tale intervento **risulta più agevole, efficace e spesso esaustivo, se applicato a manufatti di dimensioni contenute**, quali ad esempio i campanili, mentre può rappresentare solo una **prima fase di messa in sicurezza**, da completare con successivi inserimenti di tiranti all'interno dell'edificio, **per immobili di maggiore estensione in pianta**.

A differenza di un intervento di ristrutturazione, le catene e le cerchiature globali, realizzate come opere di primo intervento, spesso non vengono "integrate" nel contesto murario, per facilitare e velocizzare l'operazione di posa in opera.

**Il materiale prevalentemente utilizzato per questi interventi è l'acciaio, grazie alle sue elevate caratteristiche di resistenza a trazione, sia per la realizzazione del tirante vero e proprio che del sistema di ancoraggio** (piastre, capichave). **Di recente introduzione sono i materiali polimerici, quali ad esempio il poliestere utilizzato in forma di cinghie e funi, particolarmente validi per la leggerezza, rapidità di posa in opera e buona efficienza strutturale.** Date le loro caratteristiche, il loro uso è particolarmente indicato per operazioni di cerchiaggio globale su strutture di dimensioni contenute.

**Uno dei punti delicati nella progettazione e nell'applicazione di catene e tiranti è la realizzazione delle testate di ancoraggio** (capichave) **e di trasmissione degli sforzi tra il tirante e la muratura.** In pratica tutta l'azione che i dispositivi sono in grado di esplicare si trasmette alla struttura mediante l'apparecchio di contatto che, in funzione della sua ampiezza, riuscirà a distribuirne le sollecitazioni evitando che si manifestino localizzazioni degli effetti. **Sono frequenti le situazioni in cui l'efficacia della catena è compromessa dall'incapacità della muratura di sopportare le tensioni di contatto e le sollecitazioni taglienti prodotte sulla muratura dal sistema di ancoraggio nel funzionamento del tirante.**

Diverse sono le **tipologie di capochave** tradizionalmente utilizzati, essenzialmente classificabili in due grandi categorie: **a paletto e a piastra.**

È sempre da tener presente nella realizzazione come un tirante sia tanto più efficace quanto più immediatamente entra in funzione e dunque quanto più sia possibile regolarne lo stato di messa in tensione e, eventualmente, di regolazione successiva. È perciò importante verificare con quali modalità e con quale efficacia questa operazione possa essere compiuta (preriscaldamento, cunei, manicotti di giunzione filettati, filettatura terminale delle barre, etc.) all'atto della posa in opera e in tempi successivi.

**All'interno di strutture con archi e volte, le catene rappresentano tuttora la modalità di intervento più efficace ed efficiente anche nell'immediata fase post-sismica.** Il massimo beneficio esplicito dalle catene nel comportamento degli archi si ha se queste vengono posizionate alle "reni" dell'arco, cosa non sempre compatibile con l'emergenza e l'urgenza del post-terremoto, essendo operativamente più conveniente disporre le catene nella sezione di imposta degli archi.

### **SPERONI E CONTRAFFORTI**

Speroni e contrafforti sono **opere di ritegno, volte ad impedire le rotazioni, nonché gli spostamenti orizzontali, di intere pareti di muratura.** Essi sono costituiti da **muri supplementari**, generalmente a **paramento esterno inclinato, costruiti in aderenza alle strutture da consolidare.** In relazione alle dimensioni del presidio rispetto alle dimensioni del manufatto da presidiare, si parla di contrafforti quando tali dimensioni sono confrontabili, altrimenti si parla di speroni. Questi ultimi si configurano come interventi "puntuali", pur avendo le stesse finalità dei contrafforti.

Analogamente ad altre tipologie di opere provvisorie, anche questo **tipo di intervento può costituire sia un intervento provvisorio, sia un intervento definitivo per il rinforzo o l'adeguamento della struttura.** Una particolare funzione statica è svolta in presenza di coperture voltate, o di archi, per i quali gli elementi previsti a contrastare le spinte non sono correttamente progettati.

**L'efficacia degli speroni e dei contrafforti è essenzialmente determinata dalla loro massa, rigidità e forma,** in relazione alla capacità di rendere la risultante delle forze quanto più verticale possibile e all'interno dell'impronta a terra del nocciolo centrale d'inerzia, così da opporsi efficacemente alle spinte orizzontali..

Per questi interventi il **materiale tradizionalmente utilizzato è la muratura**, sebbene non sia da escludere **oggi la realizzazione in calcestruzzo** non armato o debolmente armato.

Nel passato, speroni e contrafforti, rappresentavano certamente una tecnica molto efficiente ed economica ma, le limitate disponibilità di spazio e il notevole impatto estetico sull'opera, oggi ne limitano fortemente l'adozione.

### **CENTINATURE DI ARCHI E VOLTE**

Le centinature appartengono alla categoria delle **opere di sostegno** e costituiscono **una struttura sostitutiva della funzione di archi e volte nella trasmissione a terra del carico che originariamente essi sostenevano.** Esse vengono realizzate quando il dissesto evidenzia una ridotta capacità della struttura di sostenere i carichi verticali. Per le loro finalità e le caratteristiche strutturali, **le centinature non contribuiscono a migliorare la capacità resistente globale dell'edificio alle azioni orizzontali, se non nella misura in cui esse evitano l'insorgere o gli incrementi di spinta propri del funzionamento degli archi e delle volte. Una maggiore efficacia può ottenersi se il sistema di centinatura viene concepito e progettato anche come sistema di controventamento nella luce in cui opera.**

Le centinature sono generalmente realizzate in **legno**, sebbene non sia da escludere l'adozione dell'acciaio, ovviamente per opere di maggior impegno, o la realizzazione di murature di tamponamento, che evidentemente implicano maggiori ingombri. Di fondamentale importanza, **ai fini dell'efficacia immediata e durante un terremoto, è la messa in forza della centina, così da assumere immediatamente almeno una parte dei carichi sostenuti dalla struttura muraria.**

### **CERCHIAGGIO LOCALE DI ELEMENTI STRUTTURALI**

**Il danno agli elementi strutturali, particolarmente di quelli a sviluppo monodimensionale (pilastri, travi) prodotto da eccessive sollecitazioni di compressione, di taglio e di flessione, trova un efficace provvedimento negli interventi di cerchiatura locale, capaci di realizzare una forte azione di confinamento.**

**Il materiale tradizionalmente più utilizzato** per le sue caratteristiche di elevata resistenza a trazione, è **l'acciaio**, in forma di fasce di cerchiaggio o di sistema combinato di angolari e calastrelli. Un'attenta messa in opera, con preriscaldamento degli elementi di confinamento, permette di realizzare una benefica azione di precompressione trasversale.

. Più recentemente è stata proposta, come estensione del sistema CAM, l'adozione di sottili nastri di acciaio chiusi a spirale, in combinazione con angolari, per la realizzazione di un'efficace azione di confinamento attivo.

**Ai fini di interventi di urgenza è stato introdotto l'uso di cinghie di poliestere**, chiuse a spirale mediante cricchetti capaci di mettere in tensione le cinghie e fornire, quindi, un benefico stato di precompressione all'elemento strutturale.

Gli interventi di cerchiaggio locale sono ugualmente efficaci su elementi murari e su elementi in c.a., grazie ai considerevoli incrementi di resistenza a compressione e duttilità che essi conferiscono nel caso di materiali poco resistenti a trazione. Negli elementi in c.a., il cerchiaggio migliora anche il comportamento ed il contributo resistente delle barre longitudinali, riducendone i fenomeni di instabilità a compressione e

migliorandone le condizioni di aderenza con il calcestruzzo. Ovviamente l'incremento delle caratteristiche di resistenza e duttilità a compressione determina anche un netto miglioramento delle stesse caratteristiche a flessione. Infine il cerchiaggio realizza anche un considerevole incremento di resistenza a taglio.

### **Tipologie di presidio per gli edifici in muratura**

Ai fini di una migliore comprensione della relazione tra il meccanismo di collasso attivato dal terremoto e l'intervento provvisorio più adatto a contrastare l'evoluzione dei fenomeni in atto o il peggioramento per effetto di scosse successive, appare utile rappresentare tale corrispondenza mediante un abaco di scelte progettuali. Ovviamente la scelta è un'operazione che va specializzata al singolo caso. **Nella scelta dell'opera provvisoria "ottimale" nel singolo caso**, infatti, **incidono fattori diversi**, dei quali i principali sono:

- la tipologia, la geometria dell'edificio e, eventualmente, dell'aggregato cui appartiene;
- il meccanismo di collasso attivato;
- l'entità, la localizzazione del danno, l'accessibilità all'interno in condizioni sicure;
- i materiali, la mano d'opera, i mezzi d'opera disponibili e l'accessibilità al cantiere;
- l'urgenza dell'operazione e la durata prevista;
- le condizioni di fruibilità ( e di "occupabilità") degli spazi circostanti l'edificio.

**Questi fattori interagiscono in maniera anche complessa, tendendo a favorire anche soluzioni che, in termini di efficacia assoluta dell'intervento, possono apparire non ottimali.** Ad esempio l'intervento su un edificio in muratura fortemente danneggiato e al limite del collasso, nel quale la permanenza all'interno implica rischi non accettabili in relazione ad elevate probabilità di collasso per scosse successive, può inevitabilmente portare alla scelta di puntelli di ritegno, sebbene un intervento con tiranti potrebbe essere più efficace ed economico.

**È evidente che una rappresentazione schematica della correlazione tra tipologia di danno e tipologia di opera da adottare, non può che fornire indicazioni di larga massima.** Tuttavia si ritiene utile fornire tale rappresentazione come prima indicazione, da approfondire attraverso l'esame di tutti i fattori detti, avendo la consapevolezza che uno strumento progettuale pienamente efficace si realizza solo mediante algoritmi di scelta e progettazione informatizzati.

Per meglio suddividere le funzioni degli interventi negli edifici in muratura, è possibile definire, in relazione alle modalità di collasso individuate da (Zuccaro 1999), le opere provvisorie più indicate. La selezione è svolta in relazione alla efficacia dell'intervento, alla facilità di applicazione, alla durabilità.

Nella tab. 4.1, sono riportati sulla sinistra i meccanismi di danneggiamento per le azioni fuori del piano ed a destra le tipologie di opera provvisoria atte a contrastarli. I soli parametri presi in considerazione ai fini della scelta dell'una o l'altra tipologia sono le caratteristiche della struttura e la quota alla quale si verifica il dissesto.

### **SLIDE 29 - 30**

**PUNTELLI = elementi di presidio costituiti da aste operanti esclusivamente o prevalentemente a compressione.**

Essi a loro volta si distinguono in ritegni e/o sostegni. I **ritegni hanno lo scopo di contenere eventuali cedimenti** che possono manifestarsi con rotazioni o ribaltamenti di parti strutturali, i **sostegni provvedono invece a sorreggere il carico.**

**Un'ulteriore distinzione** è in funzione della loro disposizione: **puntelli verticali e inclinati.**

In slide:

La puntellatura di ritegno è un presidio esterno atto ad evitare il ribaltamento o lo spanciamento di pareti murarie fuori piano.

Cinematismi da contrastare:

a) Ribaltamento della facciata a seguito della compromissione dell'ammorsamento sui muri perimetrali o di spina.

b) Ribaltamento della facciata a seguito della fessurazione sui muri perimetrali o di spina.

c) Spanciamento della parete verso l'esterno.

L'obiettivo è conseguito mediante un presidio esterno avente la capacità di trasferire le azioni sismiche orizzontali della parete da presidiare al suolo, ridistribuendole secondo componenti verticali ed orizzontali

Rappresentazione schematica del presidio. È evidenziata la modalità di trasferimento delle azioni sismiche orizzontali della parete da presidiare al suolo, ridistribuendole secondo componenti verticali ed orizzontali.

**I puntelli di ritegno sono generalmente puntelli inclinati finalizzati a contrastare meccanismi di ribaltamento** di pareti e, più in generale, di **meccanismi di collasso** globale dell'intera struttura o di parti significative. **Alternative** più o meno valide, soprattutto negli edifici in muratura, **sono costituite da tiranti, catene o cerchiaggi globali o ancora da speroni e contrafforti.**

**La complessità della soluzione è legata all'entità e, soprattutto, al meccanismo di collasso** che il sistema di puntellamento deve **contrastare**, nonché all'opera oggetto dell'intervento, passando **dal puntello singolo sino alla realizzazione di vere e proprie strutture reticolari, queste ultime rese necessarie dalla limitazione della luce libera di inflessione dei puntoni.** La tipologia più utilizzata per questo tipo di intervento è senza dubbio quella in **legno**, generalmente preferita per ragioni di praticità, montaggio e costo alle tipologie in **acciaio**. Il ricorso a queste ultime è in genere riservato alle situazioni più impegnative. I puntellamenti in legno sono di antica origine e derivano dall'esperienza pratica delle popolazioni, sebbene spesso siano stati applicati in maniera errata e curando poco alcuni dettagli (collegamento alla struttura, contrasto a terra, controventamento, etc.), essenziali all'efficacia dell'intervento.

**Negli edifici in c.a. i puntelli di ritegno debbono, in generale, svolgere un'azione controventante complessiva rispetto all'intera struttura,** piuttosto che contrastare il collasso di singole porzioni di struttura muraria. In tale ottica l'impegno di un sistema di puntellamento di ritegno è ancora maggiore, essendo le masse in gioco quelle dell'intero organismo strutturale. È opportuno valutare, in tali casi, la possibilità di ricorrere, compatibilmente con le condizioni statiche dello stabile e l'accessibilità all'interno, a sistemi di controventamento delle maglie strutturali, eventualmente realizzati ancora con aste inclinate in legno o acciaio, o con tamponamenti di muratura portante.

## **SLIDE 31**

### **SCELTE - SOLUZIONI PROGETTUALI**

Le differenti soluzioni progettuali **si differenziano per la possibilità o meno di posizionare una base d'appoggio a terra alla stessa quota d'imposta della parete da contrastare.**

Si distinguono quindi due tipologie di configurazioni:

- puntelli di ritegno su base d'appoggio;
- puntelli di ritegno a stampella.

**La soluzione “su base d'appoggio” è indicata per i casi in cui sia possibile porre una base d'appoggio a terra alla quota d'imposta della parete** e può essere **indifferentemente eseguita secondo uno schema a fasci convergenti** (i puntoni convergono tutti in uno stesso punto a terra) **o a fasci paralleli** (i puntoni sono tutti paralleli tra loro).

**La soluzione “a stampella” è indicata per tutti i casi in cui non sia possibile (o agevole) disporre una base d'appoggio alla quota d'imposta della parete** e può essere eseguita indifferentemente secondo lo schema “puntelli multipli su punto d'appoggio” (i puntoni convergono in un punto) o “puntelli multipli su zona d'appoggio” (i puntoni convergono in una zona dalle dimensioni ridotte).

**Le due tipologie di soluzioni si possono differenziare, inoltre, in base all'altezza della parete da presidiare.**

In particolare, correlando l'altezza al numero di puntoni, si propongono le seguenti tre soluzioni:

- R1: 1 solo puntone; per altezze di puntellamento fino a 3 m;
- R2: 2 puntoni; per altezze di puntellamento da 3 a 5 m;
- R3: 3 puntoni; per altezze di puntellamento da 5 a 7 m.

## **SLIDE 32**

**È sempre opportuno che ciascun puntone venga posto in prossimità del solaio di piano per meglio contrastare l'azione sismica;** in questo modo a ciascun puntone viene attribuita un'area d'influenza della parete da presidiare di altezza pari circa all'altezza d'interpiano e larghezza uguale all'interasse tra i presidi. **La limitazione delle altezze di puntellamento a 7 m è dovuta alle lunghezze commerciali delle travi in legno utilizzabili.**

## **SLIDE 33**

### **Scenari di carico**

Al fine di semplificare quanto più possibile le scelte progettuali e di standardizzare le soluzioni, si è deciso di

definire degli **scenari di carico di riferimento**.

In particolare, **sono state considerate pareti di spessore fino a 60 cm e da 60 cm fino a 100 cm; tali valori si ritengono rappresentativi sia di costruzioni di civile abitazione che di opere monumentali di altezza complessiva rientrante nei limiti di applicazione della scheda STOP PR del Vademecum.**

**L'azione orizzontale è stata calcolata ipotizzando che a ciascun puntone competa una porzione di muratura di altezza pari a 3.0 m ed una porzione di solaio di lunghezza pari a 2.5 m.**

## SLIDE 34

### DIMENSIONAMENTO DEI GIUNTI E DEGLI ANCORAGGI

#### GIUNTI

Per ciascun giunto sono condotte le seguenti **verifiche**:

- verifica a taglio del tallone;
- verifica a schiacciamento del dente frontale;
- verifica a schiacciamento della parte posteriore del dente.

Per semplicità di esecuzione si prescrivono giunti di tipo "a dente singolo", con una fresata di profondità pari al massimo ad un quarto dell'altezza della sezione. La verifica del tallone su tutte le configurazioni considerate è sempre soddisfatta per un prolungamento del ritto oltre il giunto di almeno 4 volte il lato della sezione (*s*). *Per la base, poiché l'inclinazione è inferiore, è invece sufficiente un prolungamento pari a 3s.*

Per quanto riguarda lo schiacciamento del dente frontale si ammette una plasticizzazione locale del materiale. La parte posteriore del dente risulta sempre verificata a schiacciamento locale. Inoltre, per garantire l'integrità del giunto anche durante un evento sismico, si dispongono delle viti che collegano il puntone al ritto o alla base.

#### ANCORAGGI

Il numero di picchetti di ancoraggio è definito in funzione della classe prestazionale associata all'opera e dei differenti scenari di configurazione e di carico. Tale numero è stato calcolato considerando la spinta orizzontale proveniente dalla struttura e riportata a terra dall'opera di ritegno ( $F_h$ ), ridotta della componente legata all'attrito tra l'opera di ritegno e il terreno ( $F_a$ ). Detta  $R_p$  la resistenza di un picchetto (si veda la Tabella 3.23), il numero  $N$  di picchetti necessari per ogni puntello di ritegno è calcolato tramite l'espressione:  $R_p \cdot N = F_h - F_a$ . Di conseguenza, essendo  $D$  l'interasse tra le opere di ritegno, il valore ( $d$ ) dell'interasse tra i picchetti risulta:  $d = D / N$ . Si assume infine una profondità di infissione di almeno 50 cm, su terreno di discrete caratteristiche.

## SLIDE 35

Esempi: Rovereto; Finale E. (duomo)

## SLIDE 36

### PUNTELLI DI CONTRASTO

**Frequente è la loro utilizzazione. Sono disposti tra l'immobile danneggiato e l'immobile ad esso prospiciente, contando sulla capacità di quest'ultimo di assorbire le spinte statiche determinate dal meccanismo di collasso attivato nell'immobile danneggiato e quelle dinamiche prodotte da scosse sismiche successive.** Se da un lato questo tipo di puntellatura può offrire **vantaggi** notevoli **in termini di ingombro sul piano strada**, dall'altro è evidente la **precarietà di tale tipo di presidio**, accettabile solo in una primissima fase di intervento, per operare in maggior sicurezza nella messa in opera di un presidio più efficace e, possibilmente, indipendente dal contributo di strutture limitrofe.

#### Puntellatura di contrasto in legno

La puntellatura di contrasto è un **presidio esterno atto ad evitare il ribaltamento o lo spanciamento di pareti murarie fuori piano che sfrutta la possibilità di trasferire i carichi orizzontali ad un edificio prospiciente.**

**Obiettivo dell'intervento è impedire o contrastare i seguenti cinematismi:**

- a) Ribaltamento della facciata a seguito della compromissione dell'ammorsamento sui muri perimetrali o di spina.**
- b) Ribaltamento della facciata a seguito della fessurazione sui muri perimetrali o di spina.**
- c) Spanciamento della parete verso l'esterno.**

L'obiettivo è conseguito mediante un presidio esterno avente la capacità di trasferire le azioni sismiche orizzontali della parete da presidiare ad un edificio prospiciente in buone condizioni, ridistribuendole secondo



componenti prevalentemente orizzontali.

**Rappresentazione schematica del presidio.** Viene evidenziata la capacità di trasferire le azioni sismiche orizzontali della parete da presidiare al fabbricato prospiciente, ridistribuendole secondo componenti prevalentemente orizzontali.

## SLIDE 37

### SCELTE - SOLUZIONI PROGETTUALI

Per le opere di puntellamento di contrasto sono state individuate differenti soluzioni progettuali, principalmente **basate sul riconoscimento tra due scenari:**

- **contrasto alla pari:** la parete da sostenere ha un'altezza uguale o inferiore al fabbricato di contrasto (o presidiante); ("P")
- **contrasto con scarico:** la parete da sostenere è più alta del fabbricato di contrasto. ("S")

**Individuazione dell'elemento critico del puntello di contrasto. Per convenzione si assume che la parete da presidiare sia sempre quella di sinistra.**

## SLIDE 38

**I puntelli con finalità di sostegno sono, normalmente, puntelli verticali realizzati con uno dei tre materiali tradizionali: acciaio, legno o muratura.** Raro è l'uso del c.a., che richiede preparazioni e lavorazioni più complesse. L'utilizzazione dei puntelli commerciali in acciaio offre notevoli vantaggi per rapidità e praticità nell'installazione, quando le altezze in gioco non superano i 4-5 m, essendo concepiti e progettati appositamente per assolvere tale funzione. Una valida alternativa, anche se più laboriosa e meno rapida, soprattutto nel range di altezza ottimale per i puntelli in acciaio, è costituita dai sostegni in legno. **L'uso della muratura**, talvolta anche a secco, in forma di pilastri o pareti, è limitata ai casi in cui i notevoli ingombri del puntello non possano creare difficoltà all'accesso o alla fruibilità dei luoghi. L'elevato peso della muratura, legato al ridotto rapporto di efficienza resistenza/peso, limita questo tipo di intervento quasi sempre ai soli piani terra. Fanno eccezione gli **interventi di puntellamento dei vani finestra e delle aperture in genere**, per i quali questa tipologia, applicata in forma di pareti di tamponatura, resta tra le più utilizzate ed anche tra le più efficienti ai fini del comportamento globale della struttura (compatibilmente con le esigenze funzionali).

**I puntelli di sostegno trovano efficace applicazione negli edifici in muratura, per sostenere solai, travi portanti, architravi ed altri elementi secondari dissestati e per coadiuvare l'azione, operando in parallelo, di colonne o pareti che manifestano perdite della loro capacità portante.**

**Un'evoluzione dei puntelli di sostegno per archi e volte murari è costituita dai sistemi di centinatura.** Negli edifici in c.a. i puntelli di sostegno trovano efficace applicazione ancora nel sostegno delle strutture orizzontali danneggiate (solai, travi) o nell'affiancamento di pilastri danneggiati, che hanno perso in parte o in toto la loro capacità portante.

## SLIDE 39 - 40

### PUNTELLI DI SOSTEGNO E SBADACCHIATURA APERTURE

**Lo scopo del presidio**, su cui si basa il dimensionamento dell'opera, **è sostenere i carichi verticali e trasferirli alla parte inferiore dell'apertura.** Inoltre può essere necessario **limitare la deformazione dei maschi murari laterali all'apertura, bloccando gli effetti dell'espulsione laterale.**

L'elemento che genera l'azione verticale è la parte di muratura soprastante l'apertura da presidiare; a tale carico si aggiunge anche una porzione di solaio sopra l'apertura. Nei casi in cui si cerchi di limitare la deformazione dei maschi murari, l'opera di sostegno viene irrigidita tramite dei controventi ed un traverso intermedio con lo scopo di contrastare uno spostamento legato allo scivolamento del blocco triangolare che si può formare in seguito alla rottura per taglio dei maschi murari attorno all'apertura.

Le Configurazioni individuate per il dimensionamento delle opere di sostegno e sbadacchiatura si diversificano in base al tipo di movimento che l'opera deve contrastare e alla larghezza dell'apertura.

### Scelte - Soluzioni progettuali

Si distinguono quindi:

- opere aventi sola funzione di sostegno;

- opere con funzione sia di sostegno che di sbadacchiatura;  
e opere per:
- aperture “strette”, con luci fino a 1.5 m;
- aperture “larghe”, con luci comprese tra 1.5 e 3 m.

#### **Dimensionamento degli elementi critici**

**è stato fatto utilizzando due schemi statici differenti per i casi con aperture “strette” e “larghe”.**

Il carico assegnato è composto dalla somma del contributo del solaio afferente e della muratura posta immediatamente al di sopra dell'apertura da presidiare. **In particolare per quanto riguarda la muratura, l'opera di sostegno si ritiene gravata del peso di una porzione di muro delimitata da un triangolo equilatero di lato pari all'ampiezza dell'apertura  $L$ .**

#### **SLIDE 41 - 42**

#### **PUNTELLI DI SOSTEGNO SOLAI E BALCONI**

**sono strutture di sostegno atte a sorreggere i carichi gravanti su un solaio o un balcone evitando il progredire dei fenomeni fessurativi e/o di inflessione della struttura.** Lo scopo dell'opera è sostenere il solaio o il balcone ed i relativi carichi accidentali in modo tale da scaricarne il carico gravante e contrastarne le deformazioni. L'**obiettivo** si consegue mediante la realizzazione di una struttura avente la capacità di trasferire le azioni verticali a terra o sugli elementi portanti esistenti.

#### **Scelte - Soluzioni progettuali**

**Sono basate sulla possibilità di costruire o meno una nuova linea di scarico dei carichi fino a terra; le soluzioni si diversificano inoltre in base ai valori di progetto della luce del solaio e dell'interasse fra i puntelli.** Per quanto riguarda la possibilità di costruire una linea di scarico fino al basamento, si individuano due tipologie di configurazioni:

- schema “S”: puntellamento di sostegno del solaio interessato e di quelli sottostanti con la definizione un nuovo percorso delle tensioni fino a terra;
- schema “T”: sostegno del solaio con un telaio di piano in modo da riportare il carico sugli elementi portanti esistenti.

#### **SLIDE 43**

#### **SOSTEGNO DI ARCHI E VOLTE**

Centinatura in legno di archi e volte

La centinatura di archi e volte è una **struttura di sostegno lignea atta ad evitare il crollo di archi o volte in muratura danneggiati.** Tipici segni di dissesto delle strutture sono le lesioni in chiave ed alle reni, così come schematicamente evidenziato nella Figura

Rappresentazione schematica dell'opera di centinatura; è evidenziata la capacità di trasferire il carico verticale alla superficie d'appoggio della centina.

**Scopo dell'opera è conseguire, mediante un sistema di sostegno, il trasferimento del carico verticale dell'arco/volta alla superficie di appoggio, eliminando nel contempo la spinta orizzontale verso le spalle.**

**La scheda STOP SV è pensata per il sostegno, con strutture in legno, di volte ed archi in muratura a tutto sesto o a sesto ribassato. Solo ai fini dell'applicazione della scheda, la distinzione tra archi e volte è effettuata in funzione dello spessore della muratura o, equivalentemente, della dimensione longitudinale del piedritto (indicato con “ $sm$ ” nella Figura): **fino ad un metro di lunghezza la struttura è assimilabile ad un arco mentre, se di dimensioni maggiori, ad una volta.****

*In Figura sono evidenziati gli elementi caratterizzanti una centina a varco aperto.*

Nella Figura a destra sono indicate le differenti soluzioni progettuali previste in funzione della luce e delle esigenze di fruibilità dei passaggi.

#### **SLIDE 44**

#### **SCENARIO DI CARICO**

Al fine di semplificare e di standardizzare quanto più possibile le scelte e le soluzioni progettuali, si è deciso

di **ipotizzare uno scenario di carico cautelativo, caratterizzato da condizioni di rottura incipiente della muratura**. Ciò consente di svincolarsi dalle effettive condizioni di carico e rende agevole e conservativo il dimensionamento delle opere provvisorie. Con riferimento alla Figura, si effettua il calcolo della massima componente verticale agente in testa ai piedritti nell'ipotesi di rottura in chiave ed alle reni dell'elemento strutturale murario (meccanismo di collasso di Mery). Nel caso di specie, si ipotizza la formazione di tre cerniere in corrispondenza della chiave e delle reni della struttura muraria.

#### SLIDE 45 - 46

Tirantatura con funi in acciaio

La tirantatura con funi in acciaio è un **presidio atto ad evitare per trattenuta il ribaltamento o lo spanciamento di pareti murarie fuori piano**.

**Cinematismi da contrastare:**

- a) il ribaltamento della facciata a seguito della compromissione dell'ammorsamento sui muri perimetrali o di spina;
- b) il ribaltamento della facciata a seguito della fessurazione sui muri perimetrali o di spina;
- c) lo spanciamento della parete verso l'esterno.

L'obiettivo è conseguito mediante un presidio avente la capacità di contenere i movimenti relativi di porzioni di manufatti in muratura; tale scopo si ottiene collegando la parete da presidiare ad altre parti della struttura.

È necessario che l'opera abbia la capacità di trasferire le azioni sismiche orizzontali della parete da presidiare alla rimanente parte della struttura, ridistribuendole secondo componenti di trazione lungo i tiranti. Rappresentazione schematica del presidio.

È evidenziata la capacità di trasferire le azioni sismiche orizzontali della parete da presidiare alla rimanente parte della struttura, ridistribuendole secondo componenti di trazione.

#### SLIDE 47

##### SCELTE - SOLUZIONI PROGETTUALI

Per le opere di tirantatura **sono state individuate delle soluzioni basate sulle scelte progettuali riportate nel diagramma di flusso**. Le **configurazioni** si distinguono innanzitutto per la **presenza o meno di elementi rigidi disposti orizzontalmente (traversi)**. La scelta di utilizzare una configurazione con traversi è **legata alla possibilità di poter disporre gli stessi con un passo verticale maggiore rispetto a quanto avviene con i soli cavi**. Questa soluzione consente di installare un numero minore di ritegni, ma può presentare maggiori difficoltà operative legate alla posa in opera dei traversi.

**Si distinguono inoltre le opere di ritegno poste su edifici di "buona" fattura (murature di "buona" qualità) o edifici con murature di mediocre qualità. Nel primo caso è possibile ancorare i cavi direttamente ai muri portanti ortogonali alla parete da presidiare; nel secondo caso, invece, è necessario coinvolgere l'intera struttura (chiusura su facciata opposta), o una sua parte consistente (chiusura su muro di spina).**

Infine, nel caso di opera di ritegno con cavi e traversi si deve verificare quali elementi strutturali fanno da contrasto all'azione del tirante; è necessario considerare due configurazioni differenti, a seconda che il tiro sia contrastato da elementi strutturali orizzontali (solai) o elementi verticali (pareti). Con le specifiche sopra riportate si individuano le configurazioni rappresentate nell'ultima riga della Figura.

##### MATERIALI

Per l'opera provvisoria si utilizzano **cavi a trefolo con i rispettivi elementi per l'assemblaggio** (ad esempio redancia, tenditore, grillo), **profili in acciaio e morali in legno**.

#### SLIDE 48

esempio

#### SLIDE 49

##### CERCHIATURA DI CONFINAMENTO PILASTRI E COLONNE

La cerchiatura di confinamento di pilastri e colonne **consiste nella fasciatura di tali elementi portanti con brache in poliestere ed è finalizzata ad incrementarne resistenza e duttilità a seguito di un dissesto evidente.**

**Tipici segni dello schiacciamento delle colonne sono le lesioni ad andamento verticale o “a ragnatela”,** presenti soprattutto nella parte bassa del fusto o in corrispondenza di brusche riseghe, **segno di manifesta scarsità di resistenza del materiale nei confronti dei fenomeni compressivi.** In Figura sono schematicamente rappresentate le lesioni da schiacciamento su una colonna.

Scopo dell'opera è **ripristinare la capacità portante dell'elemento mediante un sistema di fasciatura realizzato con l'apposizione di nastri in poliestere avvolti su ripartitori longitudinali.** Lo stato di coazione impresso (“cerchiatura”) conferisce alle colonne un apprezzabile incremento di resistenza e di capacità deformativa in campo plastico. L'entità del beneficio offerto dall'intervento è funzione sia dello stato di danneggiamento dell'elemento strutturale che del passo delle fasce. Un tipico esempio di esecuzione dell'intervento è rappresentato in Figura.

La scheda STOP CP è pensata esclusivamente per interventi su elementi in muratura di dimensioni contenute (diametro o lato minore della sezione rettangolare fino a 90 cm) e sezioni compatte (rapporto tra i lati di colonne rettangolari non superiore a 2).

Eventuali necessità di applicazioni su altri tipi di sezione devono essere valutate caso per caso.

## **SLIDE 50**

### **SCELTE - SOLUZIONI PROGETTUALI**

Per le opere di cerchiatura sono state individuate **differenti soluzioni progettuali in base alla forma e alla dimensione delle colonne.** In particolare si considerano :

- colonne murarie circolari di diametro non superiore a 90 cm;
- colonne murarie rettangolari aventi il lato minore di lunghezza non superiore a 90 cm e rapporto tra i lati non superiore a 2.

L'esigenza di tale limitazione al campo di impiego dell'intervento è dettata dalla ridotta efficacia dello stesso in caso di sezioni troppo allungate o di diametro eccessivo. La dimensione del nucleo confinato dalle fasce, infatti, risulta notevolmente influenzata da tali parametri.

Al fine di semplificare quanto più possibile le scelte progettuali e di standardizzare le soluzioni, è possibile descrivere in forma qualitativa l'entità del dissesto caratterizzante gli elementi strutturali da rinforzare come mostrato in Figura. **L'operatore presente sul posto ha dunque il solo compito di valutare qualitativamente il grado di danno dell'elemento strutturale, di misurare le dimensioni geometriche dell'elemento (colonna o pilastro) e scegliere se utilizzare fasce di altezza 50 o 75 mm.**

### **MATERIALE FASCE POLIESTERE**

#### Effetto della temperatura

**L'esposizione prolungata all'irraggiamento solare potrebbe danneggiare le fasce in poliestere, soprattutto a causa del fatto che le stesse devono essere posizionate al di sopra di profilati metallici aventi la funzione di ripartire adeguatamente l'azione cerchiante.** *Dalla lettura della norma di riferimento per le fasce in poliestere UNI EN 1492- 1:2002 risulta, infatti, che la temperatura massima di esercizio non deve eccedere i 100 °C.*

*Da prove di calcolo della massima temperatura di equilibrio raggiungibile da un profilato di acciaio esposto all'irraggiamento solare è stato verificato che è difficile raggiungere e superare tale valore.*

*A conferma dell'attendibilità dei dati calcolati, in data 28/7/2009 è stata effettuata, in una giornata particolarmente assolata, una misurazione con termocamera delle massime temperature raggiunte, a seguito di irraggiamento solare, da parte di alcune superfici metalliche nell'area sperimentale VVF di Capannelle (Roma). Il picco di temperatura è stato registrato sulla lamiera di un'autovettura di colore nero (circa 87 °C). Il termometro ambientale, impiegato per la misurazione della temperatura dell'aria, è stato poggiato sulla copertura del laboratorio di Macchine della Area VII della Direzione Centrale per la Prevenzione e la Sicurezza Tecnica dei VVF e, viste le elevate temperature registrate, probabilmente ha risentito, nella lettura, anche del calore trasmesso per conduzione ed irraggiamento. Dai valori delle temperature misurate è possibile verificare che le temperature non hanno mai superato i 100 °C.*

## SLIDE 51

### CERCHIATURA DI ELEMENTI SOGGETTI A COMPRESSIONE

Anche gli interventi di cerchiatura possono rappresentare un consolidamento di tipo provvisorio oppure permanente.

Questo tipo di opera risulta **indicato per elementi sollecitati e danneggiati da sforzi eccessivi di compressione**, specialmente nel caso di muratura a sacco, **e/o di taglio**.

Interventi di questo tipo **sono di rapida attuazione e di sicura efficacia**, ancor più se si riesce ad esercitare sulla muratura un'azione di precompressione laterale all'atto della realizzazione dell'intervento.

I fattori che dovrebbero influenzare la scelta dell'intervento di messa in sicurezza, e che più attentamente verranno esaminati per giungere alla definizione di un percorso metodologico per la scelta "ottimizzata" dell'intervento più idoneo al singolo caso da progettare con regole elementari, sono:

- tipologia della costruzione (edifici ordinari in muratura, in c.a., edifici monumentali, palazzi, chiese, etc.);
- tipo e livello di danno, nonché meccanismo di collasso associato (distacco di facciate, cedimenti di archi, etc.);
- tipo (carichi verticali, terremoti, cedimenti di fondazione, etc.) e livello dell'azione (intensità degli aftershocks, entità dei cedimenti, etc.) rispetto ai quali l'intervento deve garantire la sicurezza;
- vita utile attesa dell'intervento (giorni, mesi, anni);
- condizioni ambientali al contorno (vicinanza di altre costruzioni, viabilità, umidità, variazioni termiche, etc.).

## SLIDE 52

### CINTURAZIONE CAMPANILI

## SLIDE 53

### INCAMICIATURA DI PARETI IN MURATURA

L'incamiciatura delle pareti in muratura **consiste in un sistema di confinamento ("incamiciatura") di pareti in muratura dissestate, realizzato mediante due graticci in legno vincolati tra loro da tiranti in acciaio passanti attraverso la parete**. L'intervento è particolarmente indicato nei casi di pannelli murari spanciati per effetto di carichi eccessivi o in caso di separazione dei due paramenti costituenti l'involucro della muratura cosiddetta "a sacco". In Figura è schematicamente rappresentata la condizione di dissesto descritta.

**Scopo** dell'opera provvisoria è quello di **migliorare le caratteristiche resistenti della muratura mediante azione di confinamento**.

La scheda STOP IP è pensata esclusivamente per interventi su elementi in muratura di spessore non superiore a 80 cm, attesa la difficoltà esecutiva di fori (spesso in quota) su pareti più spesse. Eventuali estensioni del campo di applicazione della scheda dovranno essere valutate caso per caso.

## SLIDE 54

### ESEMPIO

## SLIDE 55

### SPERONI E CONTRAFFORTI

Speroni e contrafforti sono **opere di ritegno, volte ad impedire le rotazioni, nonché gli spostamenti orizzontali, di intere pareti di muratura**. Essi sono costituiti da **muri supplementari**, generalmente **a paramento esterno inclinato, costruiti in aderenza alle strutture da consolidare**. In relazione alle dimensioni del presidio rispetto alle dimensioni del manufatto da presidiare, si parla di contrafforti quando tali dimensioni sono confrontabili, altrimenti si parla di speroni. Questi ultimi si configurano come interventi "puntuali", pur avendo le stesse finalità dei contrafforti.

Analogamente ad altre tipologie di opere provvisorie, anche questo **tipo di intervento può costituire sia un intervento provvisorio, sia un intervento definitivo per il rinforzo o l'adeguamento della struttura**. Una particolare funzione statica è svolta in presenza di coperture voltate, o di archi, per i quali gli elementi previsti a contrastare le spinte non sono correttamente progettati.

**L'efficacia** degli speroni e dei contrafforti **è essenzialmente determinata dalla loro massa, rigidità e forma**, in relazione alla capacità di rendere la risultante delle forze quanto più verticale possibile e all'interno

dell'impronta a terra del nocciolo centrale d'inerzia, così da opporsi efficacemente alle spinte orizzontali..

Per questi interventi il **materiale tradizionalmente utilizzato è la muratura**, sebbene non sia da escludere **oggi la realizzazione in calcestruzzo** non armato o debolmente armato.

Nel passato, speroni e contrafforti, rappresentavano certamente una tecnica molto efficiente ed economica ma, le limitate disponibilità di spazio e il notevole impatto estetico sull'opera, oggi ne limitano fortemente l'adozione.

## SLIDE 56

### TITOLO: L'IMPIEGO SUL CAMPO DELLE SCHEDE STOP

## SLIDE 57-58

### PROCEDURE

## SLIDE 59

Le schede STOP sono riconducibili a due tipologie:

- schede semplici;
- schede articolate.

**Le schede semplici permettono di pervenire in modo diretto al dimensionamento dell'opera a partire dalle caratteristiche geometriche e di danneggiamento della struttura da presidiare nonché dalle condizioni di carico.**

**Le schede articolate prevedono la possibilità di scegliere tra più soluzioni tipologiche in risposta alle stesse esigenze di messa in sicurezza sulla base di criteri di scelta riferiti alle caratteristiche dello scenario di intervento.**

**Il dimensionamento di ciascuna soluzione è effettuato a partire dalle caratteristiche geometriche e di danneggiamento della struttura da presidiare nonché dalle condizioni di carico.**

Nel seguito vengono riportati due **esempi di guida all'uso delle schede**, il primo per le schede semplici (scheda STOP-SA relativa alle opere di puntellamento per il sostegno e la sbadacchiatura delle aperture) e il secondo per le schede articolate (scheda STOP-PR relativa alle opere di puntellatura di sostegno in legno). Sia **le schede semplici che quelle articolate sono organizzate secondo la struttura logica che segue il processo valutativo e decisionale da attuare sul campo per l'individuazione, il dimensionamento e la corretta realizzazione dell'opera.**

## SLIDE 60

**Struttura logica utilizzata per illustrare i criteri e le ipotesi alla base del dimensionamento delle opere provvisorie del Vademecum STOP**

## SLIDE 61

### GUIDA ALL'USO DELLE SCHEDE SEMPLICI

## SLIDE 62

### IL LAVORO SUL CAMPO – IMPORTANZA DEI TEMPI RAPIDI DI REALIZZAZIONE

#### 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 provvisoriale in emergenza sismica vanno concepite e gestite secondo i principi e i criteri propri degli interventi tecnici urgenti in scenari critici.

Lo scenario generatosi dopo il terremoto dell'Aquila ha evidenziato la necessità di **mettere in sicurezza** gli edifici **anche con il fine di ripristinare la viabilità** principale compromessa da potenziali crolli. Ci si è trovati nella condizione di **agire su larga scala e in scenari operativi critici, il che ha richiesto rapidità, efficacia e**, per quanto possibile, **uniformità d'azione**. La risposta è dunque stata, giocoforza, la **messa in atto di una pluralità coordinata di interventi di soccorso tecnico urgente**. L'istituzione del Nucleo di Coordinamento delle Opere Provvisoriale ha risposto all'esigenza di attuare, da parte dei Vigili del Fuoco, una massiccia ed estesa opera di messa in sicurezza del patrimonio edilizio abruzzese colpito dal terremoto dell'aprile 2009. Tra i mandati affidati a tale Nucleo vi erano quelli di garantire l'uniformità nelle realizzazioni delle opere provvisoriale ed **elaborare standard progettuali e soluzioni tipo per rendere più rapide ed efficaci le operazioni**. Al fine di raggiungere tali obiettivi, il Nucleo 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 "pompieristici"**, ossia **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 provvisoriale (STOP - Schede Tecniche delle Opere Provvisoriale);
- 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.

*Quelli che si innamorano di pratica  
senza scienza, son come 'l nocchiere,  
ch'entra in navilio senza timone o bussola,  
che mai ha la certezza di dove vada*

*Leonardo da Vinci*