Unione Europea

La tua Campania cresce in Europa

Piano di Azione Coesione

edillab

CENTRO SPERIMENTALE
DI SVILUPPO DELLE COMPETENZE
NELL'AREA DELLE COSTRUZIONI

DOSSIER TEMATICI 3—5

MONITORAGGIO STRUTTURALE

KNOWLEDGE SHARING

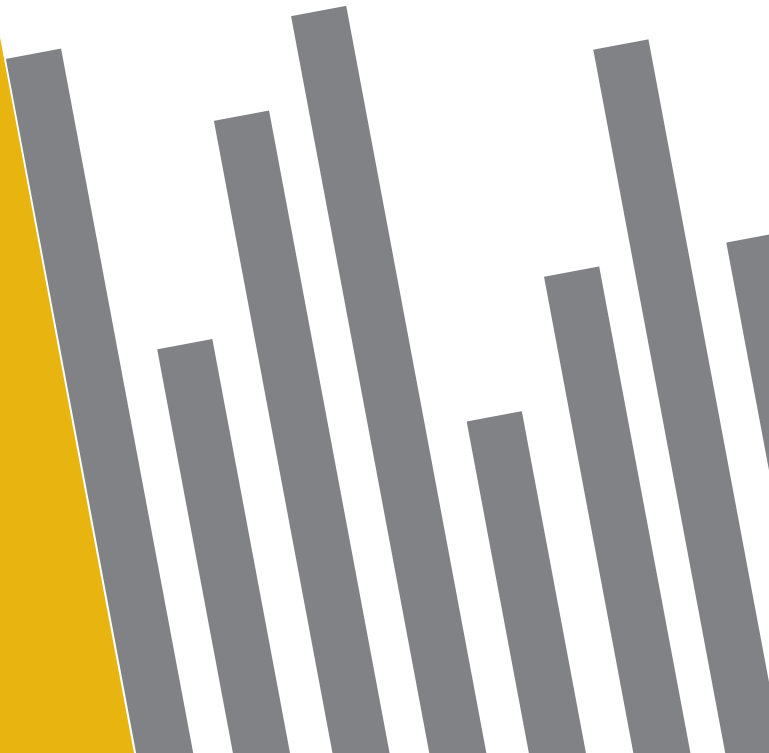
Gruppo di lavoro
Valentina James e Alberto Zinno
Giuseppina Aliberti
Valeria Di Paola
Marcello Pellecchia
Tiziana Sorice

EDIL-LAB è un Centro Sperimentale di Sviluppo delle Competenze (CSSC) per il settore delle costruzioni che nasce con l'obiettivo di rafforzare la qualità dell'offerta formativa nell'area delle Costruzioni in Campania, in risposta a specifici fabbisogni professionali espressi dalle imprese del settore presenti sul territorio.

Promosso dalla Regione Campania, il Centro rappresenta uno strumento innovativo di integrazione e interazione tra i diversi attori politico-istituzionali ed economici del territorio, definendo un "luogo" aperto e funzionale a stabili attività di sviluppo del capitale umano e abilitato a programmare iniziative formative e favorire un sempre più effettivo incontro tra domanda e offerta di lavoro.

Uno degli obiettivi di Edil-Lab è quello di favorire la divulgazione dei risultati della ricerca in atto in Campania e non solo nell'ambito della sostenibilità dell'ambiente costruito.

L' azione è attualmente condotta attraverso uno specifico tavolo di lavoro, coordinato da STRESS, che sta producendo materiale divulgativo delle tecnologie più impattanti per il settore per favorirne la conoscenza da parte della filiera tutta.



CENTRO SPERIMENTALE
DI SVILUPPO DELLE COMPETENZE
NELL'AREA DELLE COSTRUZIONI

INDICE

1

MONITORAGGIO STRUTTURALE

scopi e finalità

2

Ambiti applicativi prioritari

3

Sperimentazione raggiunta e contesto

4

Confronto tra vecchia e nuova tecnologia

5

Requisiti/competenze e maestranze

6

Sostenibilità economica e sociale

7

Fabbisogno di innovazione di impresa

1

Il monitoraggio strutturale: scopi e finalità

L'inevitabile degrado delle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali, l'obsolescenza dei componenti unitamente all'utilizzo del costruito esistente e al verificarsi di eventi naturali p.es. terremoti, piogge e frane, richiedono la ricerca di sistemi di monitoraggio che permettano di valutare lo stato di salute della struttura e/o infrastrutture oggetto d'analisi, al fine di effettuare interventi necessari per migliorare e/o ristabilire le sue condizioni di sicurezza e al tempo stesso limitare i costi di manutenzione.

Il monitoraggio strutturale è il processo attraverso il quale si caratterizza il costruito esistente e con il quale si identificano alcune proprietà della struttura, ottenendo informazioni reali sulla struttura attraverso le quali è possibile mettere a punto modelli analitici per la valutazione dello stato della struttura o per poter valutare cambiamenti nel comportamento strutturale, quali danneggiamenti del materiale o di elementi strutturali, modifiche del comportamento di vincoli e sistemi di connessione, o altre modifiche che possono causare variazioni delle performance della struttura.

Un sistema di monitoraggio strutturale prevede la misura di alcune grandezze nel tempo, in continuo - in tal caso si parla di monitoraggio permanente - o considerando intervallo di tempo prestabilito - monitoraggio periodico - , utilizzando una serie di sensori (di vibrazione, deformazione, fessurazione, corrosione, spostamento, inclinazione, velocità del vento, umidità e temperatura) posti in posizioni prestabilite sulla struttura, al fine di fornire tutte le informazioni necessarie per valutare il comportamento strutturale della struttura in esame.

Un sistema di monitoraggio strutturale è formato da un sistema di acquisizione, un

sistema di elaborazione finalizzato ad identificare il danno, una rete di trasmissione dati e un sistema finale di raccolta dati solitamente indicato come sistema di supporto alle decisioni - SSD.

I componenti principali di un sistema di monitoraggio:

SISTEMA DI RILEVAMENTO

- sensori multipli
- motore di calcolo
- energia
- nodo di comunicazione

MOTORE DI CALCOLO

- raccolta dati
- pulizia dati
- diagnosi del danno
- prognosi del danno

TRASMISSIONE DI INFORMAZIONI

- rete cablata
- rete wireless
- dai sensori all' hub locale
- dall'hub locale al sistema principale

DECISION SUPPORT SYSTEM - DSS -

- strumentazione di monitoraggio
- stato della rete di trasmissione
- stato della struttura
    - diagnosi del danno
    - vita residua

Tipologie di sensori

I sensori che possono essere utilizzati nel monitoraggio strutturale si distinguono in sensori tradizionali e sensori innovativi.

In particolare, tra i sensori tradizionali rientrano:

- sonde inclinometriche che consentono di individuare spostamenti relativi in strutture sotterrane o fuori terra;
- inclinometri che misurano la variazione di inclinazione di elementi strutturali;
- strain gauges che misurano le deformazioni come un allungamento tra coppie di punti strutturali; si suddividono in strain gauges a resistenza elettrica, a corde vibranti e a fibra ottica;
- trasduttori di spostamento, utilizzati per descrivere lo sviluppo nel tempo di fessure presenti nella struttura in specifiche aree accuratamente scelte per ottenere risultati significativi;
- accelerometri che misurano le accelerazioni indotte da vibrazioni naturali oppure da forzanti esterne. Il principio operativo dello strumento consiste nell'individuazione dell'inerzia della massa quando è soggetta ad accelerazioni;
- anemometri che misurano la velocità o la pressione del vento;
- termocoppie (o termometri), strumenti in grado di misurare la temperatura dell'aria.

Tra i sensori innovativi si annoverano:

- sensori in fibra ottica (FBG) che permettono di fornire informazioni relative sia alla deformazione che alla temperatura. Essi basano il proprio funzionamento sulle alterazioni periodiche nell'indice di rifrazione del reticolo (detto reticolo di Bragg) fotoinciso nel cuore della fibra ottica;
- sistemi GPS che permettono di ottenere la misura diretta di spostamenti nelle strutture, sostituendo le più tradizionali soluzioni ed evitando i problemi che sorgono con l'uso dei sistemi ottici. Questi sistemi vengono utilizzati prevalentemente nei ponti sospesi, caratterizzati da basse frequenze e così da lenti spostamenti indotti dalle vibrazioni ambientali.
- reti wireless di sensori - Wireless Sensor Network WSN. Reti comprendenti un gruppo di

elementi - nodi - distribuiti su una struttura, comunicanti tra di loro al fine di rilevare, condividere ed elaborare i dati acquisiti dall'ambiente fisico;

- sensori MEMS, microsistemi capaci di integrare dispostivi di diversa natura, meccanici, elettrici ed elettronici, su uno stesso circuito, capaci di svolgere funzioni di rilevazione, elaborazione o attuazione.

Ambiti applicativi prioritari

2

MONITORAGGIO STRUTTURALE

I sensori di monitoraggio illustrati trovano numerose applicazioni in campo edile, in particolare i sensori innovativi possono essere impiegati nella diagnostica strutturale di beni architettonici e artistici, con evidenti vantaggi rispetto agli strumenti tradizionali, dal punto di vista della semplicità d'installazione, del trasferimento dei dati, della precisione delle misure e della bassa intrusività.

3 Sperimentazione raggiunta e contesto

Le moderne metodologie di monitoraggio strutturale non consistono solo nell'identificazione dei danni improvvisi o progressivi ma, permettono anche di monitorare le prestazioni dell'edificio nelle condizioni di esercizio o duranti particolari eventi ambientali.

Le moderne tecnologie di monitoraggio quindi, sono in grado misurare sia le grandezze ambientali sia la risposta strutturale alle sollecitazioni ambientali, con lo scopo, quindi, di valutare non solo la resistenza della struttura in esame ma anche controllare la sua funzionalità nelle condizioni di esercizio, in modo da progettare eventuali interventi di adeguamento sismico o di rinforzo strutturale come nel caso del prototipo sviluppato nell'ambito del progetto STRIT - Strumenti e tecnologie per la gestione del rischio delle infrastrutture di trasporto - (PON R&C 2007-2013) che consente di monitorare i livelli di vibrazione delle infrastrutture civili costituito da:

- un sottosistema ad elevata sensibilità SISMA (Sismografo Integrato con Sensori MEMS Accelerometrici) che consente il rilievo dei livelli vibrazionali sismici alla base dei ponti (misura sul terreno);
- un sottosistema Wireless Sensor Network SWAN (Smart Wireless Accelerometric Network) che consente di rilevare i livelli vibrazionali provocati dal sisma sull'infrastruttura ponte.

Sono state inoltre sviluppate soluzioni innovative per il monitoraggio strutturale attraverso l'uso di sensori distribuiti in fibra ottica in grado di monitorare in continuo parametri e grandezze fisiche eterogenei con elevata risoluzione spaziale.

Entrambi i sottosistemi hanno un alimentazione autonoma per garantire la massima

autonomia di funzionamento anche in scenari in cui può venire meno il collegamento alla rete elettrica, come nel caso di evento sismico.

Sono stati progettati, inoltre, sensori sempre più sofisticati ed intelligenti capaci di effettuare non solo il monitoraggio ma anche il rinforzo della struttura su cui vengono applicati, come nel caso dei sensori Smart realizzati nell'ambito del progetto di ricerca Provaci - Tecnologie per la protezione sismica e la valorizzazione di complessi di interesse culturale (PON R&C 2007-2013):

- Smart Patches, una placchetta in materiale composito, all'interno della quale è stato preventivamente inglobato un sensore in fibra ottica (FBG). In questo modo viene garantita protezione al sensore, durante il trasporto e l'applicazione in situ;
- Sensori auto-depurati dagli effetti termici, in grado di rilevare le variazioni di deformazione meccanica e le variazioni di temperatura;
- Smart Rebar, barre in materiale composito preventivamente sensorizzate tramite sensori in

fibra ottica (FGB); attualmente sono ancora in corso di test di caratterizzazione meccanica per questi sensori;

- Smart textile, tessuto multifunzionale all'interno del quale viene inglobato un sensore in fibra ottica, allo scopo di monitorare lo stato deformativo, tensionale e/o termico della struttura sulla quale viene applicato.

Ulteriori sperimentazioni sono state svolte attraverso:

- unità accelerometriche MEMS poste su una volta installata su tavola vibrante, presso il Laboratorio Prove del Dipartimento di Strutture per l'Ingegneria e l'Architettura dell'Università degli Studi di Napoli "Federico II" nell'ambito del progetto Provaci - Tecnologie per la protezione sismica e la valorizzazione di complessi di interesse culturale (PON R&C 2007-2013).
  La volta in questione è sottoposta a cicli di vibrazioni sismiche secondo programmi finalizzati a creare stress crescenti fino alla formazione di danni visibili e anche ad eventuale collasso della struttura con lo scopo di valutare in che misura le prestazioni sensoristiche incidano sulla capacità dei metodi di analisi ed elaborazione dati;
- un sistema di monitoraggio vibrazionale per il convento di Sant'Angelo d'Ocre (AQ) al fine di effettuare il rilievo di dati vibrazionali in condizioni ordinarie e in caso di eventi straordinari p.es. terremoti.

Confronto tra vecchia e nuova tecnologia

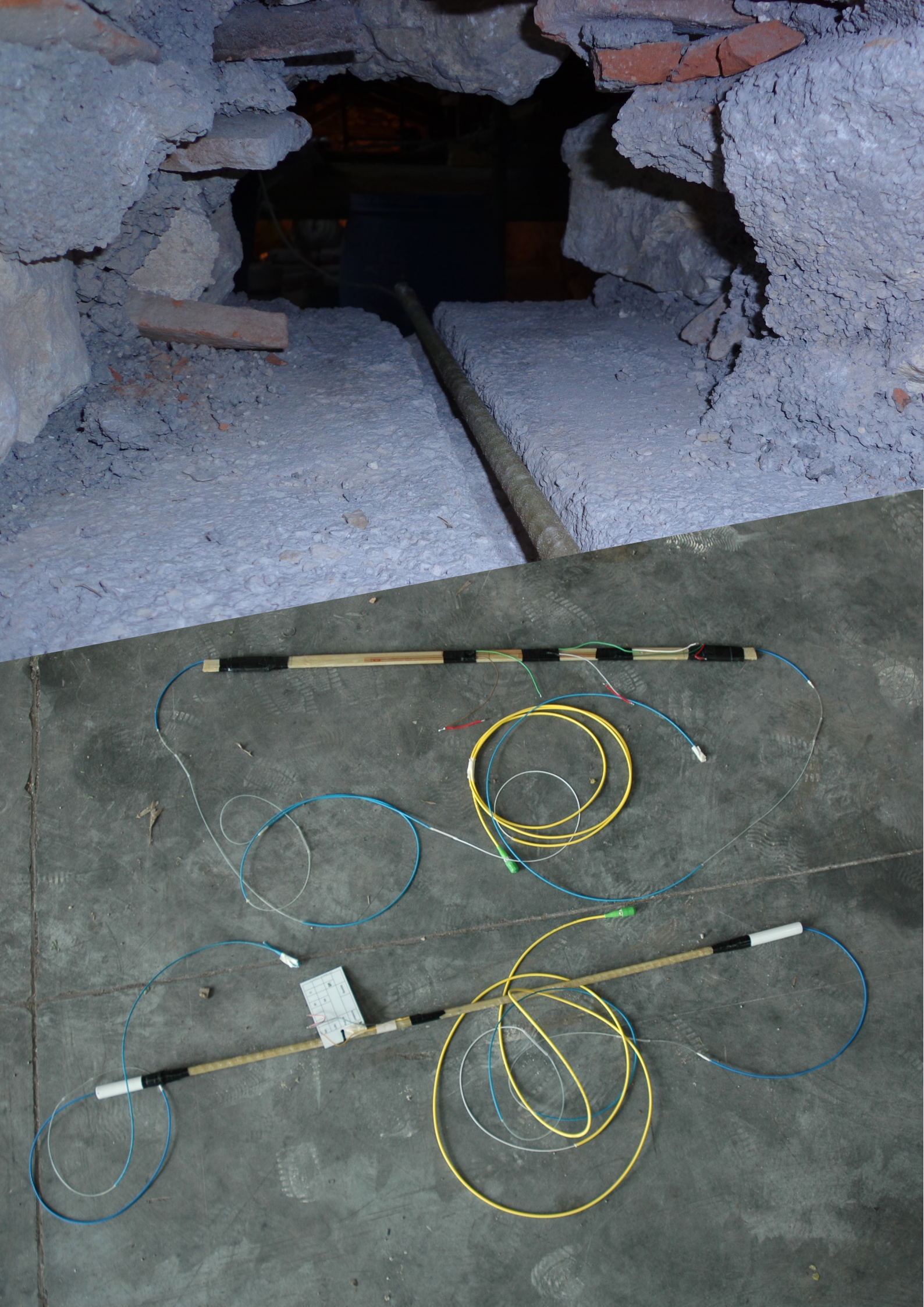
L'utilizzo dei sensori innovativi per il monitoraggio strutturale è attualmente in fase di notevole espansione. Questi sensori permettono di eseguire il monitoraggio anche in fase di realizzazione dell'opera, garantendo una sicurezza e un controllo maggiore dei lavori.
A costruzione completata, inoltre, consentono di individuare precocemente il degrado strutturale rispetto agli attuali metodi di controllo, riducendo i costi onerosi di manutenzione.

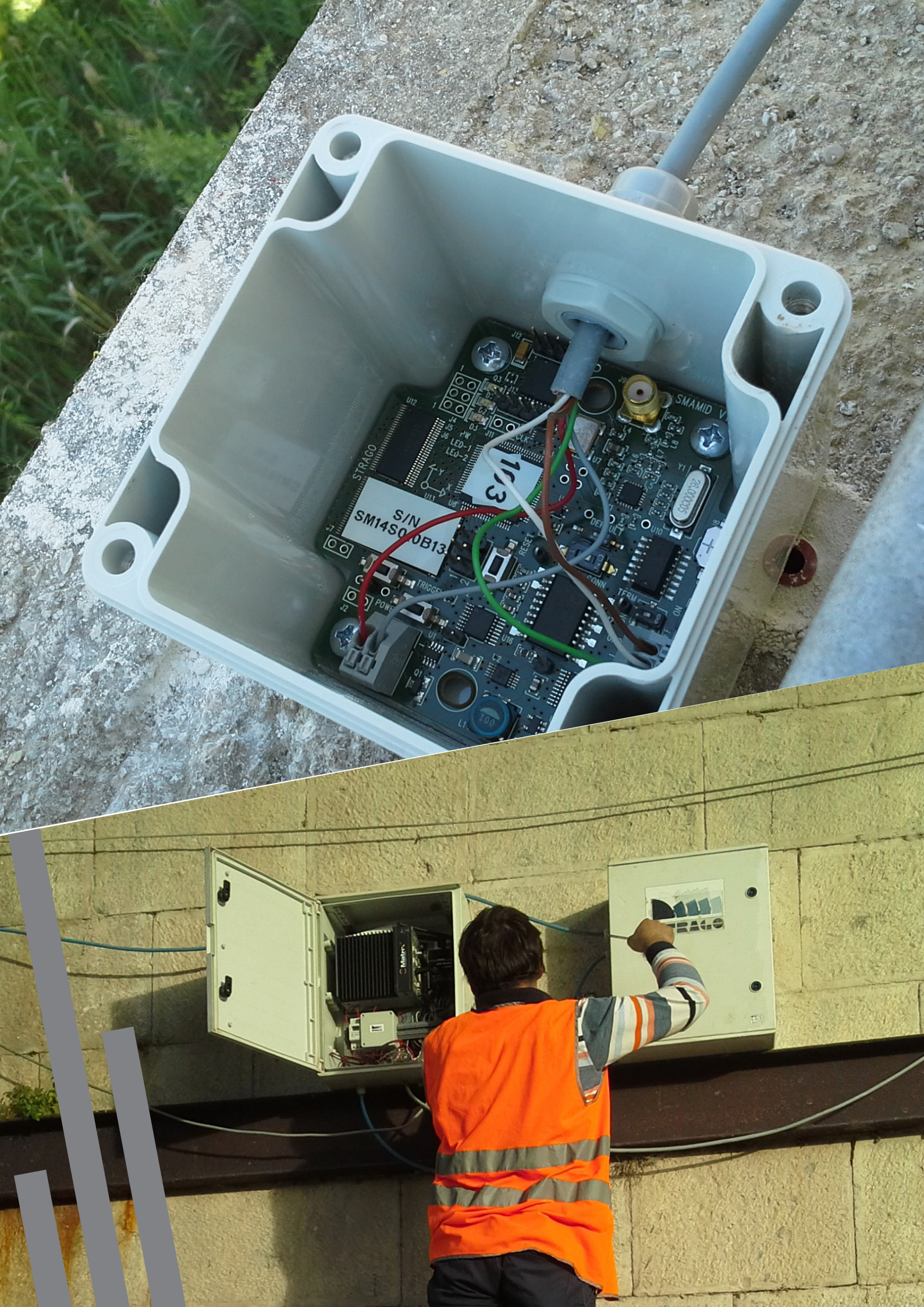
A ciò vanno aggiunti ulteriori vantaggi: sopravvivenza a severe condizioni ambientali (p.es. infrastrutture civili); possibilità di effettuare misure accurate di deformazione, statica e dinamica, e di temperatura; leggerezza e compattezza; capacità di veicolare informazioni ad alta velocità; semplicità di installazione; qualità elevata dei dati raccolti.

I sensori a fibra ottica sono intrinsecamente immuni al rumore elettromagnetico che possono alterare le misurazioni; sono stabili nel tempo; garantiscono elevata precisione; sono sensori non invasivi e non distruttivi. Essi permettono, inoltre, di elaborare direttamente i dati mediante tecniche di filtraggio, eseguire localmente identificazioni di modelli e fornire direttamente all'utente informazioni sullo stato della struttura.

I sensori wireless sono caratterizzati da una bassa invasività dell'intervento di monitoraggio e dalla non presenza di cavi e connettori soggetti ad usura. Tuttavia, per controparte i principali svantaggi dei sensori wireless sono la gestione dei consumi, infatti essi sono alimentati a batteria il cui cambio, una volta terminata la carica, risulta troppo costoso.

I sensori MEMS hanno il vantaggio di essere basati su una tecnologia che consente di minimizzare i consumi e quindi i costi, tuttavia hanno prestazioni ridotte e presentano un livello di rumore più elevato. Per tale motivo, i dati acquisiti dal sensore MEMS vengono processati mediante tecniche di elaborazione del segnale direttamente su ogni unità di acquisizione.



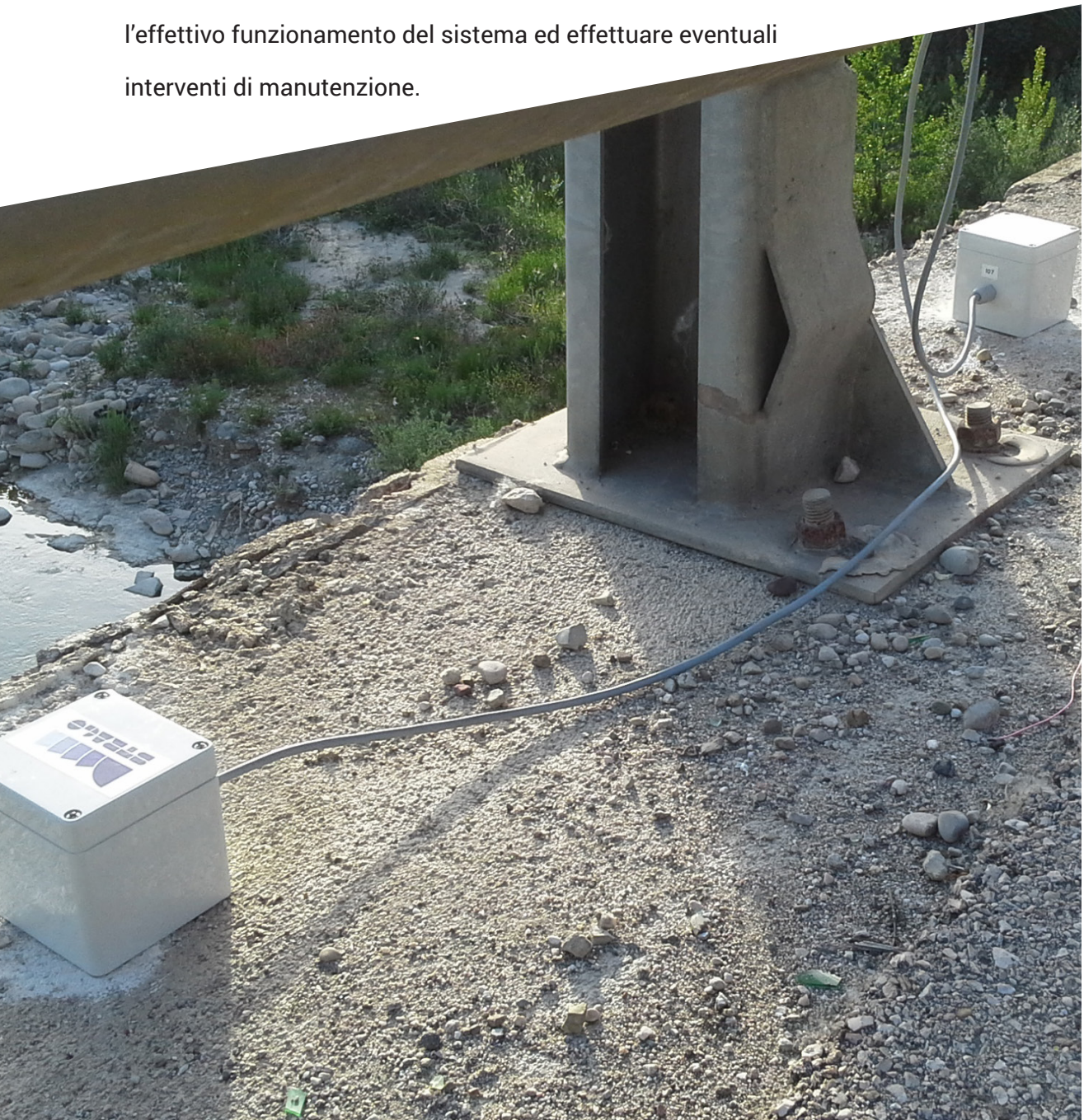

STRAGO
SMAMID
RESET
TERM
ON

Requisiti/competenze e maestranze

5

MONITORAGGIO STRUTTURALE

I sistemi richiedono competenze dalla sismologia all'ingegneria sismica, alla pianificazione urbana, alla sociologia, alla progettazione architettonica, coniugando sicurezza sismica con sostenibilità e vivibilità. Le criticità sono: collocazione dei sensori con una preventiva conoscenza del comportamento strutturale e dei meccanismi con cui il danno si manifesta sulla struttura; gestione della rete con una preventiva conoscenza di elettrotecnica ed elettronica e di strumentazione elettronica di misura, per verificare l'effettivo funzionamento del sistema ed effettuare eventuali interventi di manutenzione.



6 Sostenibilità economica e sociale

I sistemi e i sensori di monitoraggio illustrati permettono di ottenere soluzioni progettuali e metodologiche che, coerentemente con le risorse materiali e immateriali disponibili, garantiscano l'ottimizzazione dei risultati attesi, il contenimento dei costi, riduzione degli sprechi di materiale, dei consumi energetici e delle sostanze nocive immesse in ambiente, rispettando i criteri tecnico-scientifici di base, ottimizzando soluzioni per la mobilità e la sicurezza. Al tempo stesso sono in grado di garantire un miglioramento della qualità della vita riuscendo a fronteggiare le situazioni di emergenza dei centri urbani e delle infrastrutture. Tali sistemi garantiscono, inoltre, la sicurezza dei centri storici secondo i requisiti definiti dalla vigente normativa tecnica, e rispettando le caratteristiche storico-culturali degli edifici e degli ambienti ad esse contigui, eliminando barriere architettoniche e garantendo la fruibilità degli spazi.

Fabbisogno di innovazione di impresa

7

Il tema della fragilità del territorio e della vulnerabilità sismica che fortemente interessa il nostro Paese e i recenti eventi sismici che hanno colpito il Molise nel 2002, l'Abruzzo nel 2009 e l'Emilia Romagna nel 2012, hanno sensibilizzato le aziende e il mondo dei professionisti nei riguardi del problema della valutazione delle condizioni del costruito esistente, in modo da non esporre la popolazione a disagi di varia natura a volte purtroppo non rimediabili. È perciò necessario porre in essere misure di prevenzione che consentano di evitare danni a persone e beni.

Questo significa che sta diventando un' esigenza sempre più pressante quella di avere la possibilità di un preallarme che, nel caso in cui alcuni parametri di scuotimento del suolo superano una soglia di pericolo prestabilita, possa intervenire automaticamente sospendendo attività potenzialmente pericolose, sia in abito civile che industriale. Si pensi ad esempio che numerosi danni possono essere provocati da fughe di gas in edifici o dalla rottura di impianti in funzione in ambito industriale o, infine, per la salvaguardia di attrezzature e macchinari che, in funzione durante un sisma, potrebbero danneggiarsi. Un'insufficienza in questo campo risulta inaccettabile sia dal punto di vista sociale che economico.

MONITORAGGIO STRUTTURALE

EDIL-LAB.IT

PUBBLICAZIONE GIUGNO 2016