

# Integrazioni di tecnologie e processi per il Monitoraggio Strutturale su ampia scala

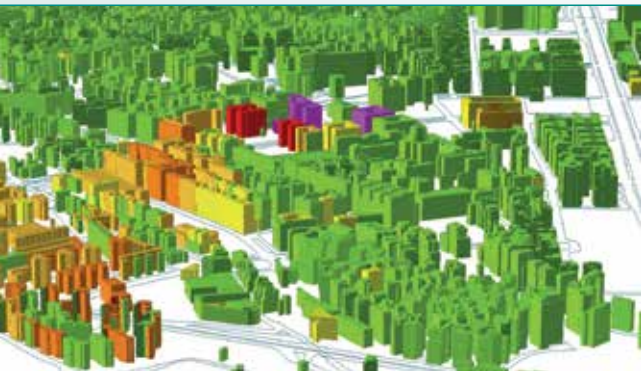


Fig. 1 - Vista 3D degli edifici classificati in base ai cedimenti osservati con monitoraggio satellitare.

di Maria Marsella, Peppe D'arano, Ilario Moriero, Gianluca Acunzo, Michele Vicentino, Antonio Bottaro

**L'integrazione di dati satellitari con sensori in-situ migliora significativamente il monitoraggio strutturale a lungo termine, contribuendo a ridurre il potenziale rischio di danni o cedimenti. La raccolta e la condivisione dei dati di monitoraggio attraverso una infrastruttura IoT assicura un costante e sicuro accesso alle informazioni da parte della rete utenti, i quali sono spesso chiamati a prendere decisioni sulla base di questi dati. Implementando tale sistema integrato si può raggiungere un monitoraggio più efficiente delle costruzioni esistenti.**

**I**l monitoraggio strutturale è un campo di crescente interesse in ambito edilizio, anche grazie alla disponibilità di una sensoristica sempre più sofisticata e a costi più sostenibili. Sebbene nessun sistema di monitoraggio strutturale può prescindere dalla valutazione di figure professionali competenti, alla luce della vastità del patrimonio edilizio esistente i dati strumentali sono necessari per verificare lo stato di salute delle strutture aiutando i tecnici nel prendere decisioni verso indagini più approfondite. L'utilizzo congiunto dei dati satellitari SAR e dei dati provenienti da sensori posizionati all'interno dell'edificio consente di monitorare le condizioni del fabbricato e di individuare precocemente situazioni di

danno incipiente o di variazioni delle condizioni esterne che potrebbero richiedere accertamenti e approfondimenti da parte di tecnici qualificati. Inoltre, le tecnologie satellitari consentono un monitoraggio continuo nel tempo senza generare interferenze con le normali condizioni di operatività dell'edificio, aspetto che diventa fondamentale nel caso di edifici di pubblica utilità come scuole e ospedali.

#### La tecnica DInSAR

La tecnologia satellitare utilizzata per il controllo di strutture è l'Interferometria Differenziale che sfrutta sensori Radar ad Apertura Sintetica (DInSAR). Confrontando una serie di acquisizioni da satellite, in un dato periodo

di tempo di osservazione, la tecnica permette di osservare lo spostamento nel tempo di punti naturali che riflettono il segnale radar e la loro velocità media con l'accuratezza del mm/anno. La tecnica presenta notevoli vantaggi rispetto alle misure tradizionali con strumentazione topografica a terra in quanto non richiede l'installazione di dispositivi sulla struttura e consente di investigare anche fenomeni a ritroso contribuendo alla valutazione dei processi che possono avere causato danni sull'edificio. In questo periodo storico, sono operative diverse missioni satellitari (tra le quali la missione italiana COSMO-SkyMed) e, inoltre, sono disponibili dati a partire dal 1992 utili per eseguire analisi a ritroso su feno-

meni che evolvono lentamente nel tempo. Combinando analisi dei dati di archivio con quelle basate sui dati di sensori operativi ad alta risoluzione, è possibile valutare il comportamento degli edifici su lunghi archi temporali per indentificare a-priori la potenziale insorgenza di criticità strutturali o quantificarne a posteriori gli effetti.

La tecnica non consente di evidenziare in tempi compatibili con il rilascio di pre-allarmi i movimenti molto veloci o molto intensi (come quelli causati da sismi), viceversa rappresenta un valido contributo per un'analisi a grande scala degli effetti nel tempo di movimenti che avvengono su strutture che hanno subito danni anche per sismi. Infatti, questo tipo di monitoraggio permette di evidenziare l'insorgenza di cedimenti differenziali che potrebbero indurre sugli elementi strutturali tensioni tali da provocarne la fessurazione.

### Sensori in-situ

Il monitoraggio satellitare dei cedimenti dell'edificio può essere integrato con strumentazione in-situ attraverso sensori posizionati in opportuni punti della struttura per misurare i parametri strutturali significativi legati alla deformazione della struttura. L'utilizzo di estensimetri e di inclinometri permette di tenere sotto controllo rispettivamente l'evolvere di quadri fessurativi preesistenti nell'edificio e fenomeni di inclinazione del fabbricato. L'installazione di sensori accelerometrici consente invece un monitoraggio di tipo dinamico in grado di fornire una duplice informazione: in seguito a un evento sismico, tali strumenti sono in grado di registrare accelerazioni,

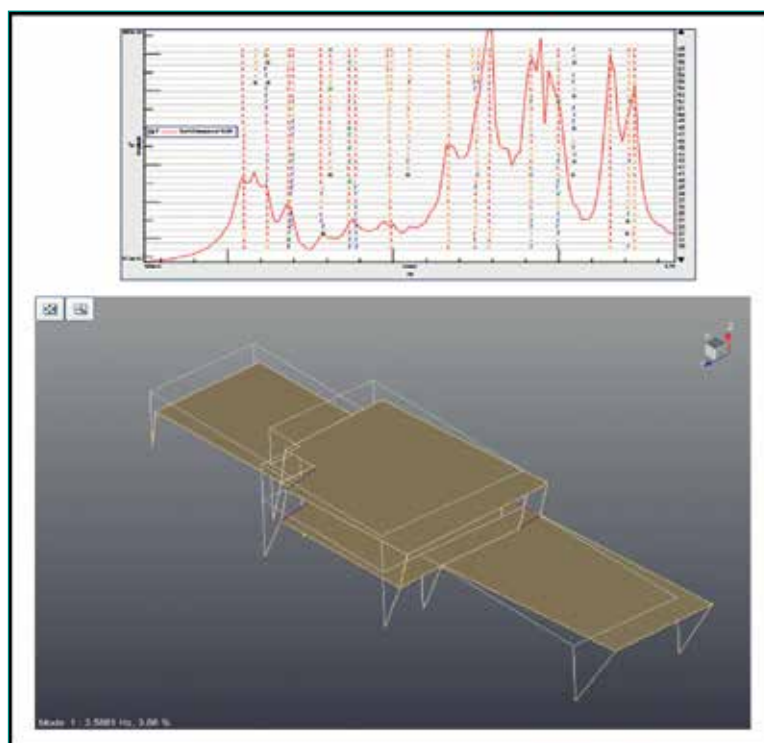


Fig. 2 - Identificazione dinamica dei primi modi di vibrare dell'edificio monitorato dall'analisi delle vibrazioni ambientali.

velocità e spostamenti cui l'edificio è stato soggetto durante lo strong motion, fornendo dei parametri quantitativi che consentono di effettuare delle prime valutazioni sulle potenziali conseguenze in termini di danneggiamento. Nelle normali condizioni di operatività invece, questi sistemi sono in

grado di acquisire periodicamente delle registrazioni di rumore ambientale, ovvero le piccole vibrazioni che l'edificio compie in seguito ai naturali agenti esterni come vento, traffico veicolare nelle strade adiacenti o transito delle persone al suo interno. L'analisi di queste vibrazioni permette di identi-

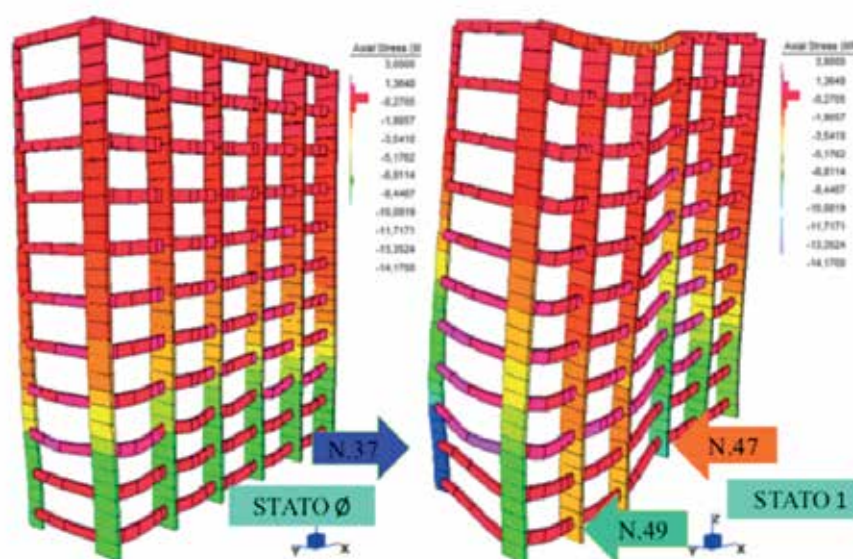


Fig. 3 - Analisi di dettaglio con modello numerico agli elementi finiti per la valutazione delle tensioni indotte nell'edificio dai cedimenti del terreno.

ficare e monitorare nel tempo le frequenze modali, proprie dell'edificio, evidenziando eventuali trend anomali che possono evidenziare l'opportunità di una valutazione più specifica da parte dei tecnici competenti.

### L'Infrastruttura Tecnologica

GEOWEB S.p.a. e Survey Lab S.r.l. stanno collaborando per lo sviluppo di un servizio innovativo che si avvalga di workflow digitali dedicati al monitoraggio strutturale attraverso la combinazione della tecnologia satellitare DInSAR alle reti di sensori in situ (e.g. accelerometri, inclinometri, estensimetri).

Il servizio sarà erogato attraverso un'infrastruttura tecnologica IoT/Cloud che consentirà di sostenere il processo end-to-end garantendone la piena funzionalità ed efficienza, nel tempo, nelle fasi di raccolta dati, trasmissione, elaborazione, analisi e gestione delle comunicazioni. Il servizio alimenterà un sistema di comunicazione di anomalie riferibili al comportamento strutturale di un sito per sollecitare approfondimenti.

Gli utenti finali del servizio dovranno essere principalmente figure tecniche competenti

in ambito strutturale in grado di valutare se procedere con ulteriori indagini in situ o prevedere approfondimenti di tipo numerico per modellare il comportamento della struttura e valutare l'evoluzione dei fenomeni in atto.

### Conclusioni

La capacità propria alla tecnica DINSAR unita alla tecnologia IoT/Cloud, per la trasmissione rapida ed efficiente dei dati raccolti dalla strumentazione in situ, consente la realizzazione di sistemi di monitoraggio su ampia scala per controllare un elevato numero di edifici garantendo tempi di intervento rapidi nel caso in cui vengano rilevate delle anomalie. Affinché possa diffondersi in maniera capillare un monitoraggio strutturale di questo tipo, è necessario intervenire sulla formazione professionale specifica per favorire la presenza sul territorio di numerosi tecnici e figure professionali che possano, ciascuno nell'ambito delle proprie competenze e responsabilità, contribuire al corretto utilizzo delle informazioni e alla definizione di buone pratiche.

### PAROLE CHIAVE

INTEGRATED SOLUTION; DINSAR  
SATELLITE DATA; STRUCTURAL  
MONITORING; INNOVATIVE SOLUTION;  
IoT TECHNOLOGY; ACCELEROMETER  
SENSORS

### ABSTRACT

The integration of DInSAR satellite data and in-situ sensors significantly improve long-term structural monitoring, contributing to reduce potential risk of damages or failures. Collecting and sharing monitoring data through an IoT infrastructure ensures a constant and secure access to the information by professional users' networks that are often urged to take decisions and activate further investigations. By implementing such integrated systems, a more effective and widespread monitoring of existing building stocks can be achieved.

### AUTORE

MARIA MARSELLA  
PEPPE D'ARANNO  
ILARIO MORIERO  
SURVEY LAB  
INFO@SURVEYLAB.COM

GIANLUCA ACUNZO  
GACUNZO@OS.UNIROMA3.IT  
UNIVERSITÀ DI ROMA TRE, DIPARTIMENTO DI MATEMATICA E FISICA  
MICHELE VICENTINO  
MVICENTINO@GEOWEB.IT  
ANTONIO BOTTARO  
ABOTTARO@GEOWEB.IT  
GEOWEB S.P.A.

## Droni Idrografici polivalenti

- Rilievi batimetrici automatizzati
- Acquisizione dati e immagini
- Mappatura parametri ambientali
- Ispezione fondali



Dighe, laghi, cave in falda, bacini, fiumi e canali fino a 4 m/s. Insensibili ai bassi fondali e alla presenza di alghe e detriti



Vendita - Noleggio - Servizi chiavi in mano,  
anche con strumentazione cliente

CONTROLLI NON DISTRUTTIVI

TRACKING SYSTEM

TERMOCAMERE

LASER SCANNER

FOTO 360

UAV

IMU



**3DT**  
Technology meets efficiency

TECHNOLOGY MEETS EFFICIENCY

ASSISTENZA, VENDITA, NOLEGGIO, CORSI



WWW.3DTARGET.IT INFO@3DTARGET.IT CENTRALINO +39 0200614452