ingenio
Informazione tecnica e progettuale

Identificazione speditiva di danni strutturali rilevanti per strutture esposte al rischio sismico: il sistema di monitoraggio SimpleOne

Maria Rosaria Pecce[1,2], Antonio Bilotta[1,2], Ivan Di Cristinzi[1]

[1] Università di Napoli Federico II – Dipartimento di Strutture per l'ingegneria e l'architettura

[2] AlgoritmIA s.r.l. - spin-off

Il sistema di monitoraggio a basso costo in continuo delle strutture esposte al rischio sismico, che riduce la necessità di ispezioni frequenti, con una rapida identificazione di eventuali danni strutturali rilevanti, e aumenta la sicurezza degli utenti di edifici e infrastrutture.

La sicurezza dell'ambiente costruito nei confronti delle azioni sismiche rappresenta una problematica di primaria importanza nel nostro Paese, testimoniata dalle tragiche conseguenze degli eventi sismici che si sono verificati nel corso degli ultimi decenni nei territori più antropizzati, con la perdita di vite umane ma anche con danni ingenti per le residenze e per il settore produttivo. Il fenomeno sismico di Pozzuoli, tuttavia, presenta una peculiarità unica: la numerosità e continuità degli eventi sismici rendono difficile adottare un approccio basato esclusivamente sulle ispezioni post-evento, che, essendo necessarie con grande frequenza, risultano estremamente onerose sia in termini economici che logistici.

Di conseguenza, diventa particolarmente utile sviluppare un sistema di monitoraggio su larga scala che consenta di ridurre la necessità di ispezioni frequenti su un elevato numero di edifici, garantendo, al contempo, la verifica speditiva di possibili problematiche strutturali che si manifestano per effetto di un evento sismico. La ricerca scientifica in questo ambito sta fornendo basi sempre più affidabili ed efficienti, favorendo un processo di trasferimento tecnologico che porta alla creazione di sistemi ingegnerizzati avanzati anche a basso costo.

Il sistema SimpleOne

Un esempio significativo in questo contesto è rappresentato dallo spin-off AlgoritmIA, nato dalla collaborazione di ricercatori e ingegneri esperti di strutture formati all'Università Federico II di Napoli. Questa realtà innovativa ha sviluppato un sistema denominato Simple One, concepito per un controllo semplificato su larga scala delle condizioni strutturali di edifici e ponti a seguito di eventi sismici, finalizzato soprattutto a stabilire la priorità dei sopralluoghi e non l'analisi di dettaglio di ciascuna costruzione

Simple One si basa su una tecnologia essenziale ma altamente efficace: due soli accelerometri, posizionati rispettivamente alla base e alla sommità della struttura (vedi Figura 1), registrano i segnali sismici e li trasmettono ad un processore equipaggiato con un algoritmo di analisi del segnale accelerometrico. Questo algoritmo elabora i dati raccolti e identifica le caratteristiche della risposta strutturale attraverso la frequenza principale dell'edificio o del ponte monitorato. L'analisi della funzione di trasferimento tra base e sommità consente di determinare la frequenza propria della costruzione: se questa rimane invariata anche in presenza di terremoti di varia intensità, si può ragionevolmente dedurre l'assenza di danni strutturali rilevanti e mettere così in priorità di analisi e verifica altre strutture.

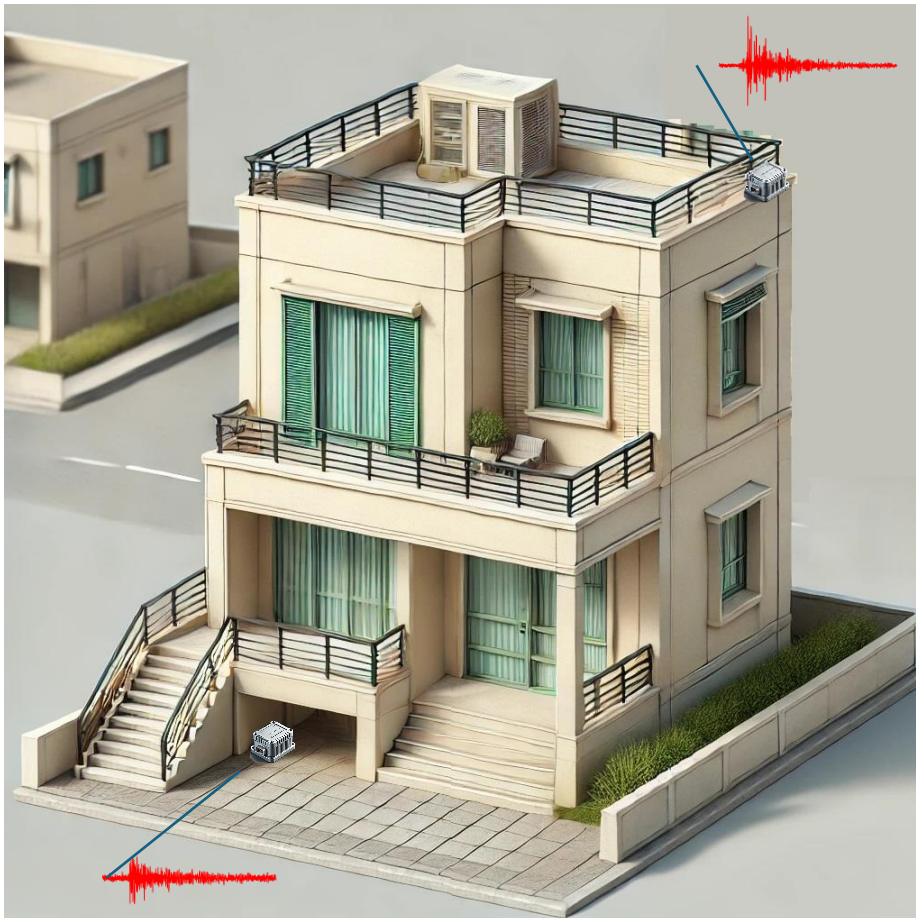

Figura 1 – Tipico layout del sistema SimpleOne

L'analisi dei dati

Lo studio delle modalità di elaborazioni dei dati è oggetto di un progetto di ricerca ReLUIS da parte di un gruppo di ricercatori della Università Federico II di Napoli mentre l'ingegnerizzazione e la commercializzazione è stata sviluppata dalla spin-off Algoritmia e si basa sull'analisi di dati raccolti su costruzioni prototipo.

La Figura 2 mostra le frequenze proprie in due direzioni principali di una struttura, rilevate durante eventi sismici che hanno generato accelerazioni di bassa intensità (circa 0.01g), registrati nell'arco di circa due anni. La valutazione dello stato di normalità si basa su semplici analisi statistiche dei valori calcolati per ciascun evento, supportate da ispezioni visive che non hanno evidenziato la presenza di danni. Le acquisizioni raccolte nel tempo permettono di monitorare lo stato della struttura: una riduzione della frequenza durante l'evento sismico, che ecceda la variabilità normalmente osservata tra terremoti differenti (anche in direzioni diverse), può indicare una risposta non lineare della struttura. L'importanza della risposta non lineare, può essere successivamente valutata attraverso una replica sismica di minore intensità. Se durante il terremoto di minore intensità non si rileva la non linearità, può trattarsi di una risposta della struttura non lineare dovuta all'attivazione di meccanismi deformativi governati da leggi non lineari ma sostanzialmente elastici (ad esempio interazione con terreno nelle zone seminterrate, vincoli attritivi e non bilaterali, ecc...) cioè che non dipendono da danni. Viceversa, se la non linearità permane si conferma la presenza di una variazione di stato della struttura.

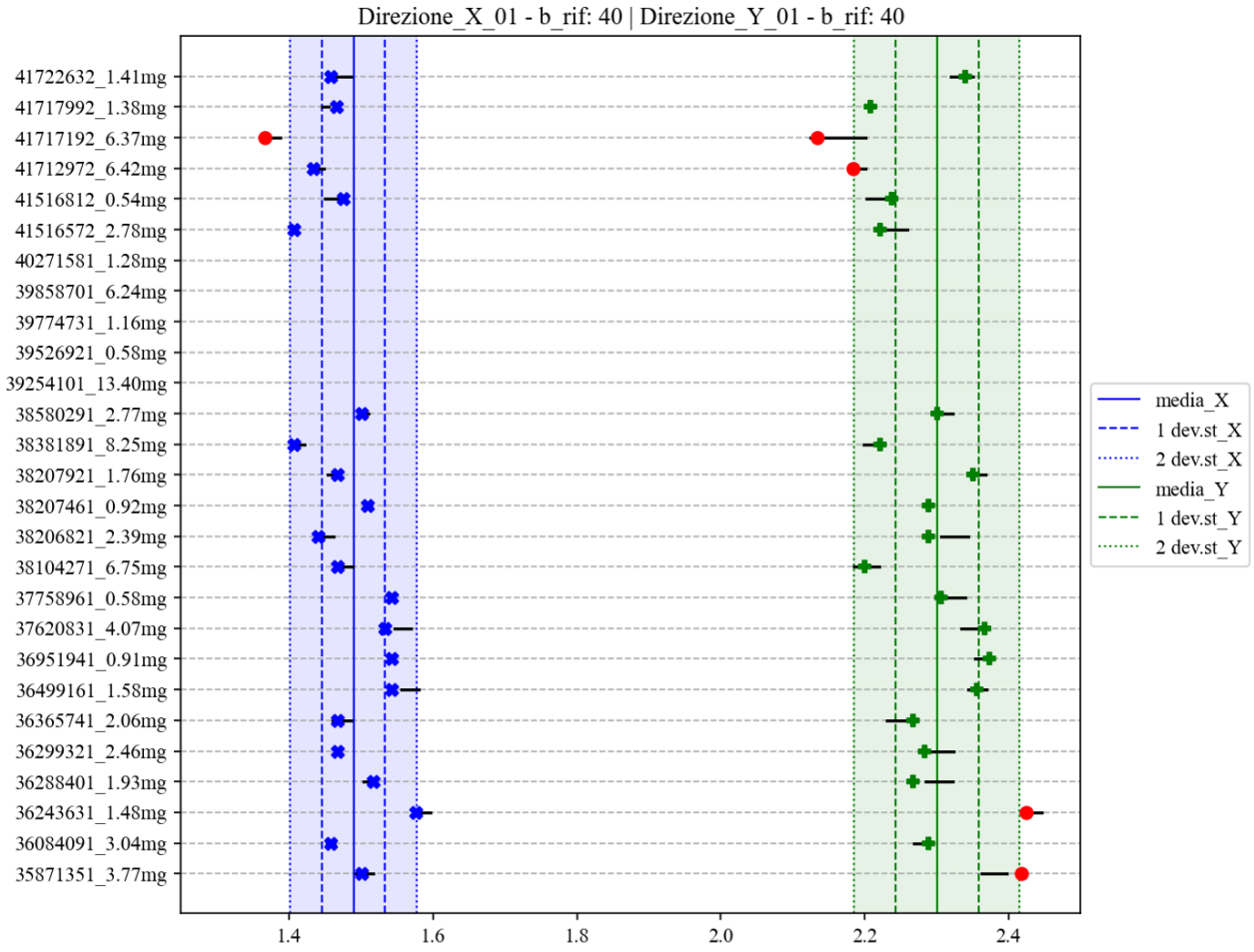

Figura 2 – Analisi delle frequenze della struttura

Valutazione real time e on demand

Va sottolineato che il sistema non è progettato per rilevare danni localizzati e di modesta entità, come quelli di elementi secondari, quali cornicioni, tramezzi o tamponature, a meno che queste ultime due tipologie non abbiano un ruolo rilevante nella deformabilità traslante della struttura, come accade talvolta in edifici a telaio esistenti in c.a. con ossatura molto deformabile.. Tuttavia, la sua implementazione consente di ottenere informazioni continue sullo stato delle strutture, stabilendo un ordine di priorità per eventuali ispezioni post-sisma. Le informazioni sono inoltre trasmesse in real time ad un cellulare (vedi Figura 3). Ciò si traduce in un significativo miglioramento nella tempestività degli interventi, permettendo di concentrare le risorse su edifici effettivamente più danneggiati e di escludere quelli che, in base ai dati raccolti, non presentano segni evidenti di criticità. Inoltre, il sistema memorizza i parametri calcolati per monitorare l'eventuale danno cumulato nel tempo da parte della struttura e può mostrare che l'asset non ha subito una perdita di valore per danno strutturale permanente. Al momento è in corso l'implementazione di algoritmi di intelligenza artificiale (IA) per stimare in maniera alternativa l'anomalia del comportamento strutturale durante l'azione sismica con un parametro che può essere indice di danneggiamento della struttura.

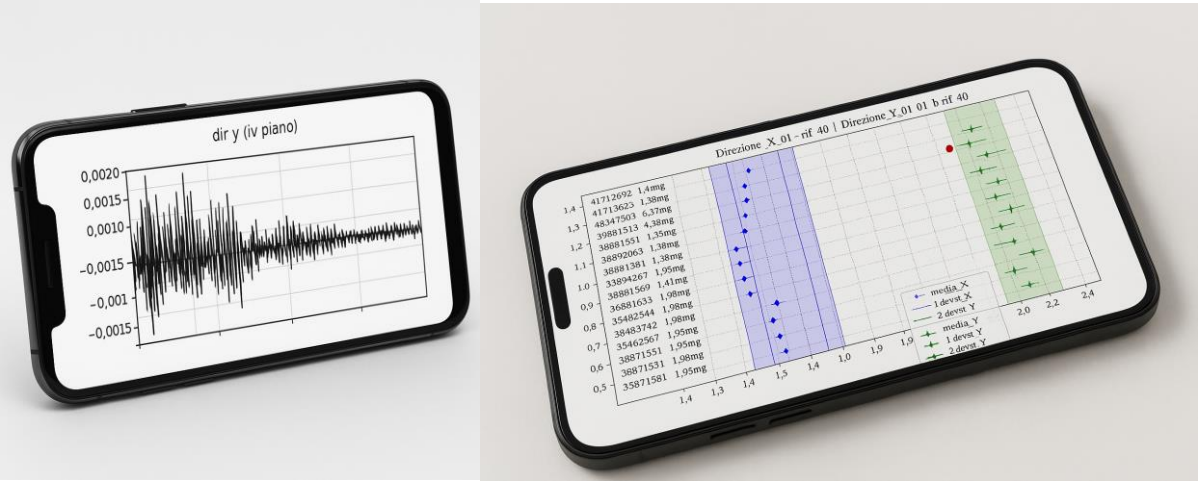

Figura 3 - Esempio di plot dei dati su dispositivo mobile.

L'introduzione di Simple One rappresenta un importante passo avanti nella gestione del rischio sismico, offrendo una soluzione innovativa ed economicamente sostenibile per il monitoraggio delle strutture e infrastrutture. Il sistema consente non solo di ridurre i costi associati alle ispezioni frequenti, ma anche di aumentare la sicurezza generale degli edifici e delle persone che li abitano ovvero delle infrastrutture e delle utenze servite, contribuendo a una gestione più efficace e tempestiva delle emergenze sismiche.

I dati raccolti sono anche una importante base informativa per un'analisi di dettaglio della struttura, durante la quale si può effettuare una identificazione dinamica completa con molti

strumenti e validare in modo più accurato il sistema per il controllo in continuo della struttura anche dopo un eventuale intervento di rinforzo.

Ringraziamenti

Le attività di ricerca sono state parzialmente svolte nell'ambito del WP6 del progetto ReLUIS-DPC 2024-2026, tuttavia i risultati non riflettono necessariamente l'opinione del DPC e di ReLUIS. Si ringrazia inoltre il MUR per il supporto fornito nell'ambito del progetto di ricerca PRIN-PNRR - INBUSS: INtelligent BUildings for Safety of Structures.