

MAGAZINE

18 | 2021

FORL

■ RIVISTA DELLA FONDAZIONE CASSA DI RISPARMIO DI LUCCA



RICERCA «GREEN» – EMERGENZA COVID-19 – LA CULTURA CHE RESISTE – DAL TERRITORIO – SOCIALE

Torri in... movimento. Tutela e sicurezza nel progetto Soul del CNR

Maria **Girardi***
Cristina **Padovani***
Daniele **Pellegrini***
Riccardo **Mario Azzara****

Le costruzioni sono sollecitate da numerose sorgenti di vibrazione, di origine naturale e antropica, trasmesse dall'ambiente che le circonda e dal terreno su cui sono fondate. Lo studio di questi effetti dinamici e del loro utilizzo a scopo di monitoraggio e diagnostica è un argomento di ricerca nuovo e fortemente multidisciplinare, che richiede le competenze di ingegneri, matematici, geofisici. Il sismologo spagnolo Jordi Diaz, in un articolo apparso su «Nature» nel 2017, ha misurato la risposta dinamica di un edificio alle attività tipiche di una grande città (vibrazioni indotte dal traffico, dalla metropolitana, dalle partite di calcio e addirittura da concerti rock), e ha coniato l'espressione di «sismologia urbana».

Il monitoraggio delle vibrazioni ambientali degli edifici, specialmente se protratto nel tempo, consente di catalogare e quantificare gli effetti indotti dalle diverse sorgenti di vibrazione, di correlare la risposta strutturale ai parametri ambientali, e di effettuare una valutazione tempestiva di eventuali danneggiamenti (*damage detection*). Esso si configura a tutti gli effetti come tecnica di indagine non distruttiva, in linea con le esigenze di tutela e conservazione del patrimonio architettonico. Inoltre, con l'impiego di codici di calcolo agli elementi finiti e di opportune tecniche di ottimizzazione (*model updating*), è possibile combinare modelli numerici e dati sperimentali, e fornire una stima attendibile della sicurezza statica delle opere monitorate.

Le applicazioni della sismologia urbana al costruito storico sono recentissime e si avvalgono delle più moderne e sofisticate tecnologie per la misurazione delle vibrazioni ambientali, spesso di bassa intensità nei centri storici. In questo contesto si collocano gli studi che l'Istituto di Scienza e Tecnologie dell'Informazione «A. Faedo» (CNR-ISTI) con-

Quali sono le sorgenti di vibrazione all'interno di un centro storico e quali i loro effetti su costruzioni millenarie come le torri e i palazzi medievali?

È possibile utilizzare le vibrazioni prodotte dall'ambiente urbano, dagli eventi atmosferici, dal rumore sismico per monitorare nel tempo le condizioni statiche e la risposta dinamica delle costruzioni?

duce dal 2015 nel centro storico di Lucca. Grazie ai finanziamenti ricevuti dalla Fondazione Cassa di Risparmio di Lucca e ad una importante collaborazione con l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, CNR-ISTI ha installato alcuni sistemi di monitoraggio dinamico sul campanile della Basilica di San Frediano e sulla Torre delle Ore, registrando nel tempo la risposta delle due strutture alle sollecitazioni dell'ambiente circostante. Questi esperimenti, fra i più rilevanti riportati finora in letteratura scientifica, hanno fornito preziose informazioni sulle caratteristiche dinamiche delle due torri, il loro stato di salute strutturale e il loro comportamento nei riguardi delle sollecitazioni sismiche. Hanno partecipato agli esperimenti anche l'Istituto Nazionale di Astrofisica, che ha installato alcuni strumenti ad elevatissima sensibilità sviluppati per applicazioni nel settore gravimetrico e aerospaziale, e l'Università Cattolica di Lovanio (KU Leuven) che ha contribuito all'analisi dei dati.

Il progetto SOUL (Simologia Urbana nel centro storico di Lucca), finanziato dalla Fondazione Cassa di Risparmio di Lucca per il triennio 2019-2022, si propone di continuare, valorizzare e diffondere le attività finora condotte nel centro storico lucchese. Principale risultato della ricerca sarà una dettagliata caratterizzazione dinamica delle antiche torri di Lucca e delle principali sorgenti di vibrazione all'interno del centro storico, di cui potranno usufruire gli enti gestori dei beni coinvolti nel programma di monitoraggio, la comunità tecnico-scientifica e la cittadinanza. Durante il primo anno di progetto, in collaborazione con l'Ufficio Tecnico del Comune di Lucca, il sistema di monitoraggio è stato installato sulla Torre Guinigi.

SOUL è condotto dal Laboratorio di Meccanica dei Materiali e delle Strutture di CNR-ISTI, in collaborazione con l'Osservatorio Sismico di Arezzo dell'INGV.

* Istituto di Scienza e Tecnologie dell'Informazione «A. Faedo», CNR-ISTI, Pisa

** Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), sede di Arezzo



1

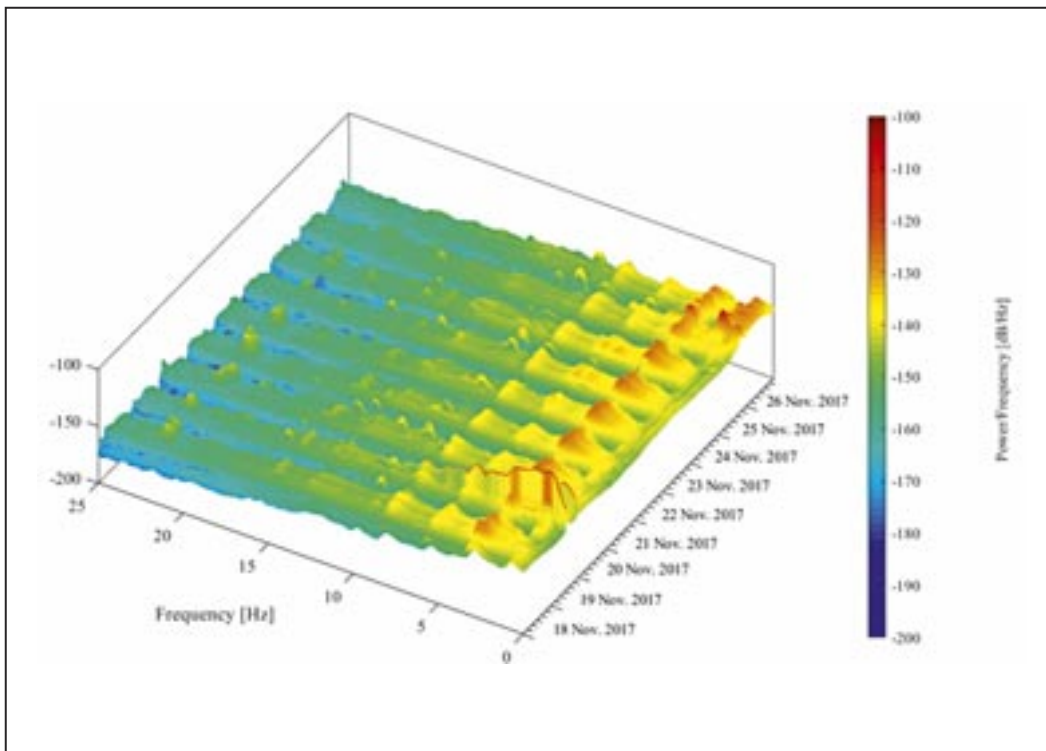


2



3

1. Torre Guinigi. Foto fornita dall'Ufficio tecnico del Comune di Lucca
2. Installazione di alcune stazioni sismiche all'interno della Torre Guinigi (foto CNR-ISTI)
3. Installazione di alcune stazioni sismiche sulla terrazza di copertura della Torre Guinigi (foto CNR-ISTI)

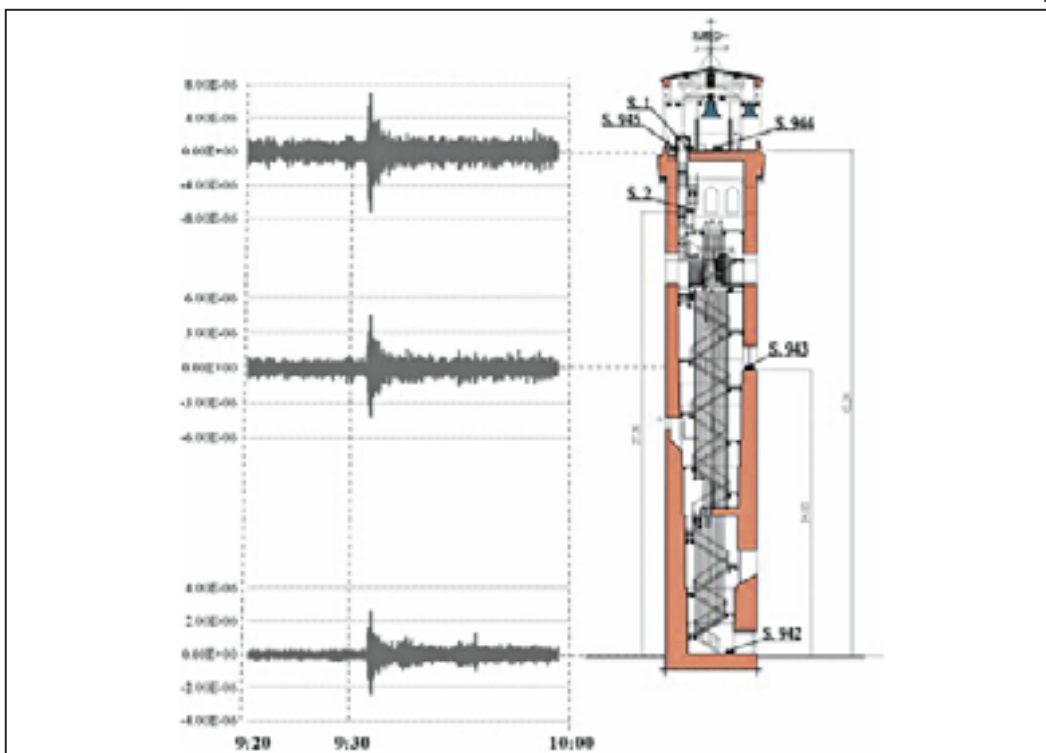


4



foto Paolo Pacini

5



6

4. Spettrogramma 3D del segnale registrato alla base della Torre delle Ore dal 18 al 26 novembre 2017. Il picco visibile fra il 19 e il 20 novembre si riferisce ad un evento sismico M4.4, con epicentro nella zona di Parma. L'aumento di energia del segnale visibile fra il 25 e il 26 novembre si riferisce all'aumentato traffico pedonale nel centro storico durante la fine settimana. (CNR-ISTI, dall'articolo "Ambient Vibrations of age-old masonry towers: Results of long-term dynamic monitoring in the historic centre of Lucca", *International Journal of Architectural Heritage*)
5. Torre delle Ore
6. Un telesisma registrato sulla Torre delle Ore. I telesismi sono segnali indotti da terremoti con epicentro molto lontano dagli strumenti di misura. Essi si manifestano a bassa frequenza e per molte ore. Il segnale in figura si riferisce ad un terremoto di magnitudo 7.1 ed epicentro in Perù (14 gennaio 2018). (CNR-ISTI, dall'articolo "Ambient Vibrations of age-old masonry towers: Results of long-term dynamic monitoring in the historic centre of Lucca", *International Journal of Architectural Heritage*)