

# CARATTERIZZAZIONE DINAMICA DELLA TORRE CAMPANARIA DELLA CATTEDRALE DI NICOSIA

G. DI MARCO<sup>1</sup>, G. GAETA<sup>2</sup>, M. CALDERARO<sup>3</sup>, E. LO GIUDICE<sup>4</sup>, G. NAVARRA<sup>5</sup>

<sup>1</sup>*Studio Lo Giudice – Di Marco, Canicattì (AG)*

<sup>2</sup>*G. Gaeta, Libero Professionista, Catania*

<sup>3</sup>*M. Calderaro, Libero Professionista, Catania*

<sup>4</sup>*Direttore del Laboratorio DISMAT s.r.l., Canicattì (AG)*

<sup>5</sup>*Laboratorio DISMAT s.r.l., Canicattì (AG)*

## INTRODUZIONE

La Torre Campanaria della Cattedrale di Nicosia (EN) fu edificata nella seconda metà del '300 e fu preceduta dalla costruzione del corpo della chiesa. Lo splendido complesso ha subito durante gli anni numerosi rimaneggiamenti ed interventi, alcuni dei quali, i più recenti, hanno prodotto preoccupanti guasti al tessuto murario. A seguito di questi fatti la Soprintendenza ai Beni Culturali ed Ambientali di Enna ha programmato una serie di interventi di consolidamento della torre campanaria e di ristrutturazione della porzione sommitale. I progettisti hanno ritenuto far precedere la predisposizione del progetto da una campagna di indagini dinamiche volte alla identificazione strutturale della fabbrica della torre utile a calibrare un modello FEM capace di simulare il reale comportamento statico della torre. Nel seguito si riferisce sugli aspetti strettamente legati alla sperimentazione dinamica e alla identificazione strutturale della struttura della torre.

## DESCRIZIONE DELLA TORRE

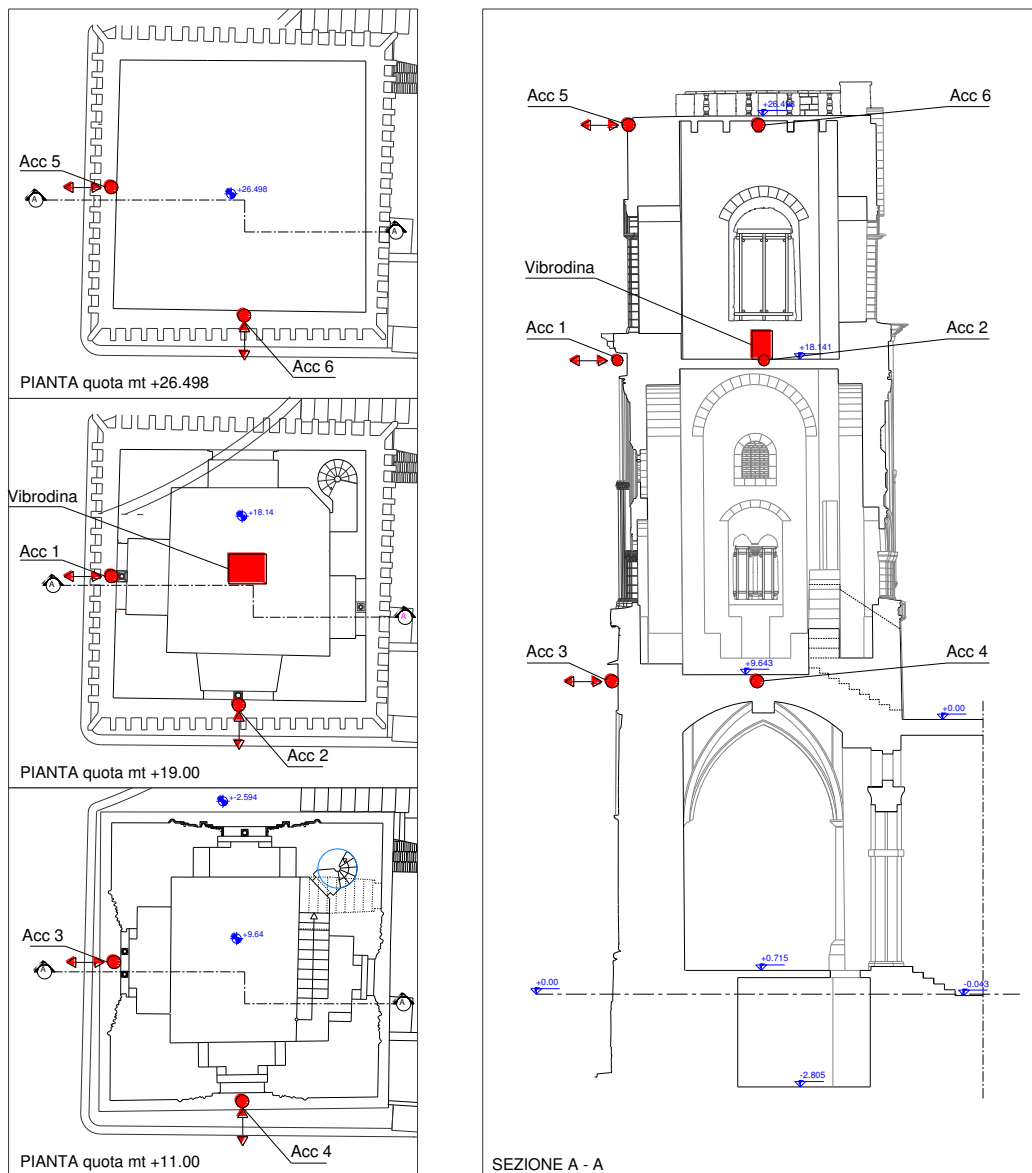
La città di Nicosia sorge nell'entroterra siciliano al centro della Val Demone, fu edificata dai greci, successivamente abitata dai Romani, subì le devastazioni barbariche ma risorse e fu ripopolata, in particolare, al tempo dei Normanni per sostituire gli Arabi con genti provenienti prevalentemente dall'attuale Liguria e Piemonte (a seguito del matrimonio del Conte Ruggero con Flandina dei Marchesi di Monferrato) subì alterne vicende al passare delle dominazioni Sveva, Aragonese, Borbonica fino ad entrare sotto il Regno d'Italia, con periodi di prosperità e di decadenza. Nel periodo Aragonese, nella prima metà del '300 venne edificata la splendida Chiesa di S. Nicolò (Fig. 1). Pochi decenni più tardi, fu rialzata la Torre Campanaria con le grandi finestre gotiche del secondo piano (probabilmente il primo piano era stato costruito dagli Arabi). Tra la fine del '400 e gli inizi del '500 fu eseguito lo splendido ciclo di pitture sul soffitto ligneo. Profondi rimaneggiamenti alla fine del '500 ed agli inizi dell' '800 hanno riguardato prevalentemente l'interno. L'istituzione del Vescovado di Nicosia, proposta nel 1778, ha portato a San Nicolò il titolo di Chiesa Cattedrale. A causa del naturale invecchiamento e di alcuni lavori inopportuni compiuti alla fine del secolo scorso, erano evidenti alcuni danni. Purtroppo circa 30 anni fa è stata eseguita un'intensiva campagna di restauro, basata su centinaia di iniezioni di boiaccia ad alta pressione e micropali. Queste tecniche all'epoca sembravano promettenti, risultarono negli anni, devastanti per le fabbriche della cattedrale e della torre.



## INDAGINE SPERIMENTALE

La campagna di indagine ha previsto la registrazione del comportamento strutturale della torre sollecitata da forzanti armoniche prodotte artificialmente, si è anche registrato il comportamento sotto forzante ambientale, tuttavia nel seguito si riferisce solo sul primo in quanto le seconde registrazioni sono ancora oggetto di analisi.

Per la rilevazione delle oscillazioni sono stati utilizzati sei accelerometri sismici disposti secondo lo schema riportato. I sensori accelerometrici PCB tipo 393A03 aventi una sensibilità di 1000 mV/g sono collegati ad una centralina dotata di scheda A/D a 24 bit della N.I. che consente di acquisire il segnale ed elaborarlo in tempo reale, mediante il software Wintek sviluppato in ambiente LabWiev.



Per l'attività di sperimentazione dinamica della torre campanaria della Cattedrale di Nicosia si è previsto la registrazione delle oscillazioni sia sotto forzante ambientale sia sotto eccitazione forzata mediante oscillatore elettromeccanico a masse eccentriche. In quest'ultimo caso si è impiegata una vibrodina che sviluppa una forza massima di 29KN con una frequenza massima di 30 Hz, dotata di una centralina d'alimentazione a controllo sia manuale e sia automatico. L'apparecchiatura è costituita da un sistema meccanico a due assi controrotanti dotati di masse eccentriche, comandata da un motore elettrico passo-passo. Essa fornisce una forzante di tipo sinusoidale:

$$F = 2 m r \omega^2 \sin \omega t$$

dove:

m = massa eccentrica

r = distanza baricentro massa – asse di rotazione

$\omega$  = pulsazione impostata per la vibrodina

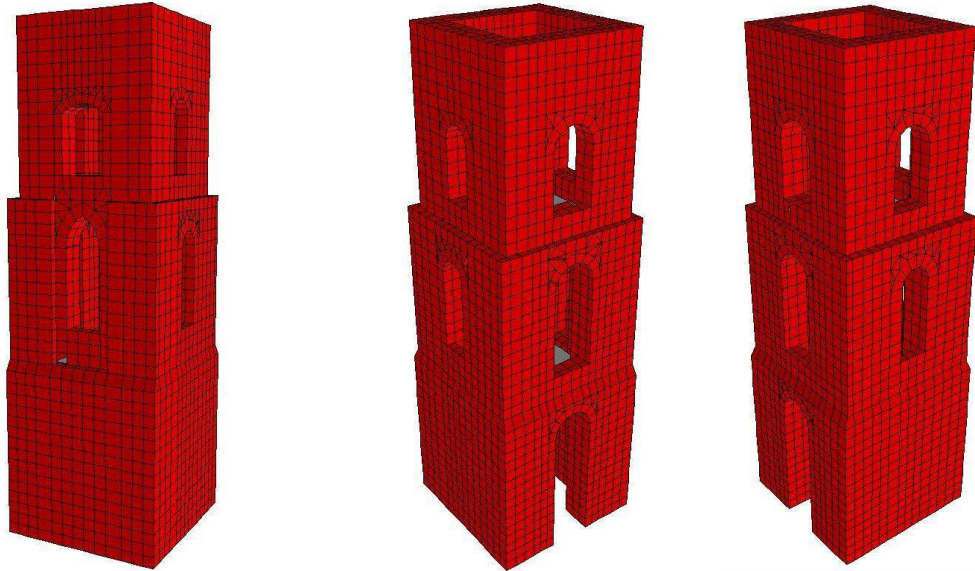


	f (Hz)					
	1	2	3	4	5	6
Acc. 1	1,29	1,59	2,10	3,40	3,80	4,60
Acc. 2	1,29	1,69	2,10	2,90	3,80	
Acc. 3		1,69	2,10	3,00	3,80	4,20
Acc. 4	1,29	1,79	2,10	3,00	3,80	4,20
Acc. 5	1,29	1,79	2,10	3,00	4,10	5,00
Acc. 6	1,29	1,59	2,10	3,00	3,10	

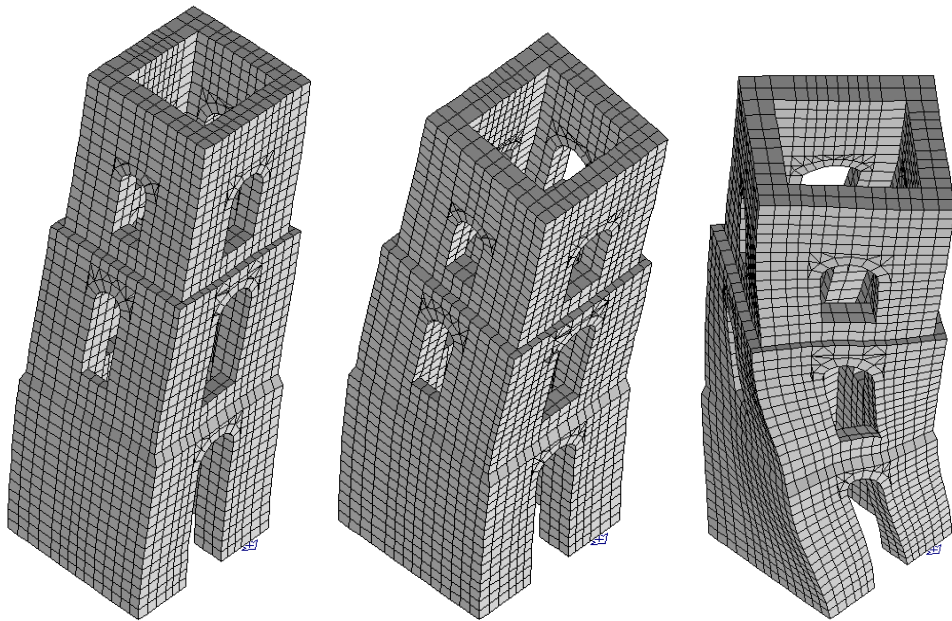
### IDENTIFICAZIONE DEL MODELLO

Il modello numerico agli elementi finiti (FEM) è stato costruito cercando di simulare il più possibile, oltre alle caratteristiche geometriche architettoniche della torre anche quelle elastiche della muratura e le condizioni di vincolo con l'aggregato adiacente.

Visto lo spessore della muratura si è preferito utilizzare per la modellazione elementi solidi (brick). Questi elementi da 4 a 8 nodi sono formulati nello spazio e hanno solo tre gradi di libertà per nodo: traslazione X, traslazione Y e traslazione Z. Il modello ottenuto è composto da 7031 nodi e da 4859 elementi solidi.



Modello FEM



Primi tre Modi di vibrare,

di seguito si riporta la tabella delle frequenze valutate su modello FEM:

f (Hz) - Modo					
1	2	3	4	5	6
1,18	1,52	3.08	4.05	5044	5.62

## **CONCLUSIONI**

La sperimentazione dinamica della torre ha permesso di identificare il comportamento dinamico e quindi di tarare un modello FEM che ha costituito il fondamento di tutte le deduzioni numeriche, utili da un lato alla valutazione delle condizioni statiche attuali e dall'altro alla predisposizione degli interventi strutturali che oggi si stanno mettendo in atto.