

Committente: ARCIDIOCESI di S. Angelo dei L. - Conza - Nusco – Bisaccia
C.E.I. Conferenza Episcopale Italiana Servizio Nazionale per l'Edilizia di Culto

Lavori di: **Messa in sicurezza sismica della TORRE CIVICA correlata alla Chiesa
di San Martino in Cairano (Av)**

R.u.P: Mons. Tarcisio Luigi GAMBALONGA

Progettista: Arch. Lucrezia V. RICCIARDI



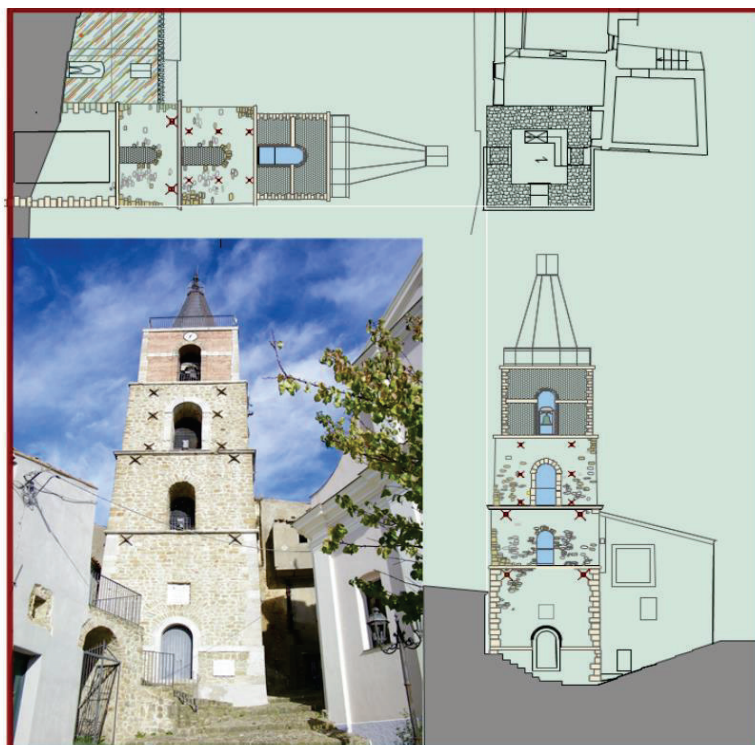
**Finanziato
dall'Unione europea**
NextGenerationEU



**ARCIDIOCESI
di
Sant'ANGELO
dei
LOMBARDI
CONZA
NUSCO
BISACCIA**



**MINISTERO
DELLA
CULTURA**



PNRR – MISSIONE 1 – DIGITALIZZAZIONE, INNOVAZIONE, COMPETITIVITÀ E CULTURA, COMPONENTE 3 –CULTURA 4.0 (M1C3), MISURA 2 “Rigenerazione di piccoli siti culturali, patrimonio culturale, religioso e rurale, INVESTIMENTO 2.4: “sicurezza sismica nei luoghi di culto, restauro del patrimonio culturale del fec e siti di ricovero per le opere d’arte (recovery art)” – LINEA D’AZIONE N. 1 SICUREZZA SISMICA NEI LUOGHI DI CULTO, TORRI E CAMPANILI

Cod. Unico Progetto (CUP) F86J22000080006

Codi.Identificativo Gara (CIG) A007FD3CAF

PROGETTO ESECUTIVO

elaborato:

elab.B.06 Relazione di Sintesi cap 10.2NTC 2018;

Accettabilità risultati

MESSA IN SICUREZZA SISMICA DELLA TORRE CIVICA CORRELATA ALLA CHIESA DI SAN MARTINO, CAIRANO (AV)

Committenza: ARCIDIOCESI di S. Angelo dei L. - Conza - Nusco – Bisaccia
C.E.I. Conferenza Episcopale Italiana Servizio Nazionale per l'Edilizia di Culto

Ministero della Cultura - Soprintendenza ABAP di Salerno Avellino. PNRR – MISSIONE 1 – DIGITALIZZAZIONE, INNOVAZIONE, COMPETITIVITÀ E CULTURA, COMPONENTE 3 –CULTURA 4.0 (M1C3), MISURA 2 "Rigenerazione di piccoli siti culturali, patrimonio culturale, religioso e rurale, INVESTIMENTO 2.4: "Sicurezza sismica nei luoghi di culto, restauro del patrimonio culturale del fec e siti di ricovero per le opere d'arte (recovery art)" – LINEA D'AZIONE N. 1 SICUREZZA SISMICA NEI LUOGHI DI CULTO, TORRI E CAMPANILI

GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI - RELAZIONE DI SINTESI AI SENSI DEL CAP.10.2 NTC 2018

Indice generale

1. TIPO ANALISI SVOLTA
2. ORIGINE E CARATTERISTICHE DEI CODICI DI CALCOLO
3. VALIDAZIONE DEI CODICI E INFORMAZIONI SULL' ELABORAZIONE
4. PRESENTAZIONE SINTETICA DEI RISULTATI
5. GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI

1. TIPO ANALISI SVOLTA

◦ Tipo di analisi e motivazione

L'analisi per le combinazioni delle azioni permanenti e variabili è stata condotta in regime elastico lineare.

Per quanto riguarda le azioni simiche, tenendo conto che per tali azioni si vogliono determinare le prestazioni in termini di capacità in spostamento e di danno per i vari stati limite previsti dalla norma si è reso necessario effettuare un insieme di analisi statiche non lineari incrementali (push over) modellando esplicitamente le caratteristiche non lineari degli elementi strutturali.

◦ Metodo di risoluzione della struttura

La struttura è stata modellata con il metodo degli elementi finiti utilizzando vari elementi di libreria specializzati per schematizzare i vari elementi strutturali.

Nel modello sono stati tenuti in conto i disassamenti tra i vari elementi strutturali schematizzandoli come vincoli cinematici rigidi. La presenza di eventuali orizzontamenti e' stata tenuta in conto o con vincoli cinematici rigidi o con modellazione della soletta con elementi SHELL. I vincoli tra i vari elementi strutturali e quelli con il terreno sono stati modellati in maniera congruente al reale comportamento strutturale.

I legami costitutivi utilizzati nelle analisi globali finalizzate al calcolo delle sollecitazioni sono del tipo elastico lineare.

◦ Metodo di verifica sezionale

Le verifiche sono state condotte con il metodo degli stati limite (SLU e SLE) utilizzando i coefficienti parziali della normativa di cui al DM 17/01/2018.

Per le verifiche sezionali degli elementi in c.a. ed acciaio sono stati utilizzati i seguenti legami:

- Legame parabola rettangolo per il cls
- Legame elastico perfettamente plastico o incrudente a duttilità limitata per l'acciaio

- **Combinazioni di carico adottate**

Le combinazioni di calcolo considerate sono quelle previste dal DM 17/01/2018 per i vari stati limite e per le varie azioni e tipologie costruttive. In particolare, ai fini delle verifiche degli stati limite, sono state considerate le combinazioni delle azioni di cui al § 2.5.3 delle NTC 2018, per i seguenti casi di carico:

SLO	NO
SLD	SI
SLV	SI
SLC	NO
Combinazione Rara	NO
Combinazione frequente	SI
Combinazione quasi permanente	NO
SLU terreno A1 – Approccio 1/ Approccio 2	SI-CON NTC18 SOLO APPROCCIO 2
SLU terreno A2 – Approccio 1	NON PREVISTA DALLE NTC18

- **Motivazione delle combinazioni e dei percorsi di carico**

Il sottoscritto progettista ha verificato che le combinazioni prese in considerazione per il calcolo sono sufficienti a garantire il soddisfacimento delle prestazioni sia per gli stati limite ultimi che per gli stati limite di esercizio.

Le combinazioni considerate ai fini del progetto tengono infatti in conto le azioni derivanti dai pesi propri, dai carichi permanenti, dalle azioni variabili, dalle azioni termiche e dalle azioni sismiche, se presenti, combinate utilizzando i coefficienti parziali previsti dalle NTC 2018 per le prestazioni di SLU ed SLE.

In particolare per le azioni sismiche si sono considerati i percorsi di carico di tipo affine come descritti precedentemente. Tale insieme di percorsi di carico risultano scelti in modo da avere informazioni adeguate sulla risposta non lineare della struttura in tutte le direzioni ed in tutte le condizioni, ovvero sia nello stato integro che nello stato finale vicino al collasso.

2. ORIGINE E CARATTERISTICHE DEI CODICI DI CALCOLO

Produttore	S.T.S. srl
Titolo	CDSWin
Versione	Rel. 2024
Nro Licenza	22080

Ragione sociale completa del produttore del software:

S.T.S. s.r.l. Software Tecnico Scientifico S.r.l.

Via Tre Torri n°11 – Complesso Tre Torri

95030 Sant'Agata li Battiati (CT).

Affidabilità dei codici utilizzati

- **Affidabilità del codice utilizzato**

L'affidabilità del codice utilizzato e la sua idoneità al caso in esame, è stata attentamente verificata sia effettuando il raffronto tra casi prova di cui si conoscono i risultati esatti sia esaminando le indicazioni, la documentazione ed i test forniti dal produttore stesso. La **S.T.S. s.r.l.**, a riprova dell'affidabilità dei risultati ottenuti, fornisce direttamente on-line i test sui casi prova liberamente consultabili all'indirizzo: <http://www.stsweb.it/area-utenti/test-validazione.html>

3. VALIDAZIONE DEI CODICI E INFORMAZIONE SULL'ELABORAZIONE

Il software è dotato di propri filtri e controlli di autodiagnostica che intervengono sia durante la fase di definizione del modello sia durante la fase di calcolo vero e proprio.

In particolare il software è dotato dei seguenti filtri e controlli:

- Filtri per la congruenza geometrica del modello generato;
- Controlli a priori sulla presenza di elementi non connessi, interferenze, mesh non congruenti o non adeguate;
- Filtri sulla precisione numerica ottenuta, controlli su labilità o eventuali mal condizionamenti delle matrici, con verifica dell'indice di condizionamento;
- Controlli sulla verifiche sezionali e sui limiti dimensionali per i vari elementi strutturali in funzione della normativa utilizzata;
- Controlli e verifiche sugli esecutivi prodotti;
- Rappresentazioni grafiche di post-processo che consentono di evidenziare eventuali anomalie sfuggite all'autodiagnostica automatica.

In aggiunta ai controlli presenti nel software si sono svolti appositi calcoli su schemi semplificati, che hanno consentito di riscontrare la correttezza della modellazione effettuata per la struttura in esame.

4. PRESENTAZIONE SINTETICA DEI RISULTATI

Una sintesi del comportamento della struttura è consegnata nelle tabelle di sintesi dei risultati, riportate in appresso, e nelle rappresentazioni grafiche allegate in coda alla presente relazione in cui sono rappresentate le principali grandezze (deformate, sollecitazioni, etc..) per le parti più sollecitate della struttura in esame.

Tabellina Riassuntiva delle % Massa Eccitata

Il numero dei modi di vibrare considerato ha permesso di mobilitare le seguenti percentuali delle masse della struttura, per le varie direzioni:

DIREZIONE	% MASSA
X	100
Y	100
Z	NON SELEZIONATA

Tabellina Riassuntiva degli Spostamenti SLV/SLD

Stato limite	Status Verifica
SLV	Vedi 'Tabellina riassuntiva delle PushOver'
SLD	Vedi 'Tabellina riassuntiva delle PushOver'

Tabellina riassuntiva delle PushOver ANTE OPERAM

Numero PushOver	PgaSLO/Pga81%	PgaSLD/Pga63%	PgaSLV/Pga10%	PgaSLC/Pga5%
1	0	.665	.759	0
2	0	.665	.81	0
3	0	.643	.776	0
4	0	.643	1.006	0
5	0	.797	1.267	0
6	0	.824	1.081	0
7	0	.778	1.109	0
8	0	.778	1.29	0

Progetto esecutivo - Messa in sicurezza sismica della Torre civica - Cairano (SA)
Giudizio motivato di accettabilità dei risultati - Relazione di sintesi ai sensi del cap.10.2 NTC 2018

9	0	.676	.778	0
10	0	.707	.807	0
11	0	.643	.831	0
12	0	.632	.978	0
13	0	.882	.883	0
14	0	.914	1.212	0
15	0	.815	.872	0
16	0	.778	1.266	0
17	0	.665	.854	0
18	0	.686	.739	0
19	0	.643	.816	0
20	0	.632	.968	0
21	0	.832	1.479	0
22	0	.832	1.434	0
23	0	.841	.838	0
24	0	.758	1.254	0
25	0	.676	.809	0
26	0	.697	.763	0
27	0	.654	.792	0
28	0	.632	.975	0
29	0	.882	.872	0
30	0	.898	.837	0
31	0	.787	1.085	0
32	0	.768	1.289	0
Min. PgaSL/Pga%	0	.632	.739	0

4

Tabellina riassuntiva delle PushOver POST OPERAM

Numero PushOver	PgaSLO/Pga81%	PgaSLD/Pga63%	PgaSLV/Pga10%	PgaSLC/Pga5%
1	0	1.239	1.187	0
2	0	1.239	1.347	0
3	0	1.222	1.119	0
4	0	1.17	1.417	0
5	0	1.48	2.37	0
6	0	1.534	1.892	0
7	0	1.56	1.598	0
8	0	1.353	2.102	0
9	0	1.256	1.143	0
10	0	1.305	1.386	0
11	0	1.205	1.209	0
12	0	1.152	1.43	0
13	0	1.688	1.823	0
14	0	1.799	1.388	0
15	0	1.586	1.318	0
16	0	1.353	2.029	0
17	0	1.239	1.342	0
18	0	1.239	1.189	0
19	0	1.222	1.228	0
20	0	1.134	1.408	0
21	0	1.547	2.099	0
22	0	1.507	2.17	0
23	0	1.637	1.313	0

24	0	1.353	2.057	0
25	0	1.289	1.262	0
26	0	1.272	1.154	0
27	0	1.205	1.125	0
28	0	1.17	1.421	0
29	0	1.738	1.554	0
30	0	1.662	1.792	0
31	0	1.573	1.581	0
32	0	1.353	2.115	0
Min. PgaSL/Pga%	0	1.134	1.119	0

Tabellina riassuntiva verifiche Murature

Tipo Verifica	Non Verif/Totale	Coeff. Sicur. Minimi	STATUS
Maschi – Statiche	0 su 53		VERIFICATO
Maschi – Sisma Ortog.	0 su 53	1.4	VERIFICATO
Maschi – Sisma Parall.	0 su 53		NON ESEGUITA
Architravi	0 su 0		-----
Meccanismi Locali	0 su 0		-----

Analisi geotecnica - Tabellina riassuntiva della portanza stato di fatto ANTE OPERAM

	VALORE	STATUS
Sigma Terreno Massima (kg/cm ²)	6.28	
Coeff. di Sicurezza Portanza Globale	.99	NON VERIFICATO
Coeff. di Sicurezza Scorrimento	3.23	VERIFICATO
Cedimento Elastico Massimo (cm)	.1	
Cedimento Edometrico Massimo (cm)	4.62	
Cedimento Residuo Massimo (cm)	-----	

Analisi geotecnica - Tabellina riassuntiva della portanza progetto POST OPERAM

	VALORE	STATUS
Sigma Terreno Massima (kg/cm ²)	4.38	
Coeff. di Sicurezza Portanza Globale	1	VERIFICATO
Coeff. di Sicurezza Scorrimento	2.94	VERIFICATO
Cedimento Elastico Massimo (cm)	.09	
Cedimento Edometrico Massimo (cm)	4.06	
Cedimento Residuo Massimo (cm)	-----	

Tabellina riassuntiva della Stabilità Globale della struttura

Numero della combinazione di carico	1
Valore del moltiplicatore dei carichi	87.25

L'esame della sintesi dei risultati dell'analisi strutturale della torre civica ante e post operam indica i seguenti aspetti:

- il livello di sicurezza ζE^1 ante operam per lo stato limite di salvaguardia della vita ($\zeta E = PgaLV/Pga$ 10%) è pari a 0,739;

¹ ζE è definito come rapporto fra l'azione sismica massima sopportabile dalla struttura e l'azione sismica massima che si utilizzerebbe nel progetto di una nuova costruzione, definita sulla base dell'accelerazione orizzontale massima attesa ag/g

- applicando gli interventi di miglioramento sismico, il livello di sicurezza ζE post operam per lo stato limite di salvaguardia della vita ($\zeta E = P_{gaLV}/P_{ga} 10\%$) risulta pari a 1,119.

- L' incremento di sicurezza tra ζE ante operam e ζE post operam è pari a al 51,42 % e risulta superiore all'incremento minimo pari al 10% previsto dalla normativa per interventi di miglioramento sismico su costruzioni esistenti².

L'intervento di ampliamento della fondazione consente una riduzione della tensione sul terreno (*da sigma terreno massima 6,28 kg/cm² ANTE OPERAM a sigma terreno massima 4,38 kg/cm² POST OPERAM*) e una verifica della portanza del sistema terreno-fondazione (coefficiente di sicurezza Portanza globale >0 pari a 1).

5. GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI

Il software utilizzato ha permesso di modellare analiticamente il comportamento fisico della struttura utilizzando la libreria disponibile di elementi finiti.

Le funzioni di visualizzazione ed interrogazione sul modello hanno consentito di controllare sia la coerenza geometrica che l'adeguatezza delle azioni applicate rispetto alla realtà fisica.

La visualizzazione ed interrogazione dei risultati ottenuti dall'analisi quali: sollecitazioni, tensioni, deformazioni, spostamenti e reazioni vincolari, hanno permesso il controllo di tali valori con i risultati ottenuti mediante schemi semplificati della struttura stessa.

In merito alle sollecitazioni fornite dal solutore, per le combinazioni di carico indicate nel tabulato di verifica del **CDSWin**, si è potuto riscontrare la congruenza di tali risultati con i valori riportati dal software.

Si è inoltre verificato che tutte le funzioni di controllo ed autodiagnostica del software abbiano dato esito positivo.

Da quanto sopra esposto si può quindi affermare che il modello di calcolo utilizzato è risultato essere rappresentativo della realtà fisica, anche in funzione delle modalità e sequenze costruttive.

Il tecnico progettista
Arch. Lucrezia Ricciardi

² Circolare 21 gennaio 2018 n°7 C.S.L.L.P.P, cap. C8.4.2 Intervento di miglioramento