



Comune di Norcia (PG)

Riparazione del Danno Post - Terremoto, Consolidamento e Miglioramento Sismico del Teatro Civico di Norcia - PROGETTO ESECUTIVO



D.D. n.85 del 12/11/2018 del Comune di Norcia
Attività di collaborazione tra cittadini e
Amministrazione comunale per la
rigenerazione di beni urbani

Responsabile Unico del Procedimento:
geom. Livio Angeletti

**Progettisti Strutture e
Architettonico – Esterni:**

Ing. Stefano Podestà
stefano.podesta@yellowroom.it

Arch. Giovanni Merialdo
giovanni.merialdo@yellowroom.it

Yellow Room Engineering
Via Luccoli 21/2 - Palazzo Pastorino
16123 - Genova



Collaboratori:

Ing. Chiara Luchini
Ing. Francesca Porta
Arch. Giacomo Batacchi
Ing. Giulio Malatesta



Progettista Architettonico - Interni:

Arch. Lorenzo Radi
lorenzo.radi@radiassociati.com

RadiAssociati

via A. Mercuri, 10 - 06034 Foligno (PG)
+39 0742 677173 - info@radiassociati.it - P.IVA 01858230541

Progettisti Impianti:

Elettrici

Ing. Marco Valigi
marco.valigi@fluproject.it

Meccanici

Ing. Michele Bartoccini
michele.bartoccini@fluproject.it



Via della Madonna Alta, 138/A - 06128 Perugia - Italy
Tel.: (+39) 075 58 49 121 Fax: (+39) 075 58 47 448
E-mail: info@fluproject.it Web: www.fluproject.it

Elaborato:

Relazione Storica - Allegati

Revisione:

000

Data:

Ottobre 2021

R_G02-A

TEATRO COMUNALE DI NORCIA

PROGETTO

RELAZIONE TECNICA E RELAZIONE DI
CALCOLO

Consobolnecity

1

16-5-81
22-5-81



L'edificio in oggetto realizzato intorno la metà dell'ottocento con muratura in pietrame e malta di scarsa qualità legante si sviluppa su una pianta rettangolare come risulta dai grafici di rilievo allegati e per una altezza di circa 10,00 m da terra.

La copertura con capriate in legno oggetto di intervento intorno agli anni sessanta é stata sostituita da archi in laterizio armato resi non spingenti grazie all'uso di catene in acciaio opportunamente ancorate a dei cordoli in c.a. di dimensione considerevole (50 x 100 cm.) correnti longitudinalmente sulla testa delle murature stesse.

Si sottolinea la bontà dell'intervento descritto e dell'efficacia di tali cordoli proprio alla luce dell'esame dei danni subiti dall'edificio all'indomani dei terremoti degli anni '60 e '70 ed ultimo, in ordine temporale, quello del 19/9/79. Si rileva, infatti, un buon comportamento globale della struttura nonostante l'inerzia enorme delle murature e la scarsa duttilità del sistema.

L'involucro murario sul quale si interviene raccoglieva un teatro ottocentesco realizzato in legno e muratura che é andato perduto a seguito di un incendio intorno al 1950.

All'interno di questa maglia muraria si intende realizzare una sala per spettacoli con nuovi concetti distributivi, composta da platea e galleria.

Poiché la maglia muraria che costituisce l'ossatura esterna del vecchio teatro, non é eliminabile in quanto parte integrante dell'ambiente circostante, sia per quanto concerne la facciata verso la piazza, che per le parti laterali, si deve procedere al suo consolidamento che costituisce un intervento indipendente dalle strutture che si realizzeranno all'interno. Da un punto di vista statico l'intervento di ristrutturazione non é da considerarsi radicale ma più semplicemente come vera e propria bonifica della muratura esistente.

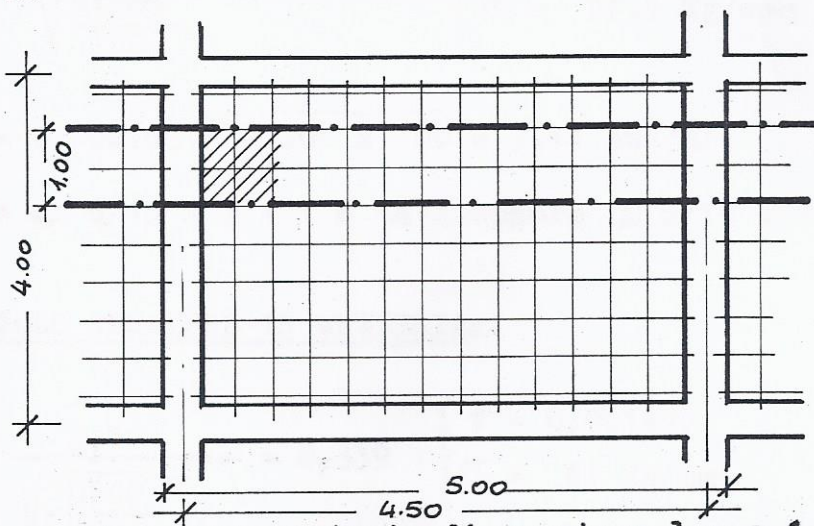
Si immagina quindi che sia per carichi orizzontali che vertica-

li, continui a funzionare la muratura stessa, solidarizzata mediante fogli di rete elettrosaldata e paretine esterne in c.a. ad elementi in breccia sia verticali che orizzontali in c.a.-

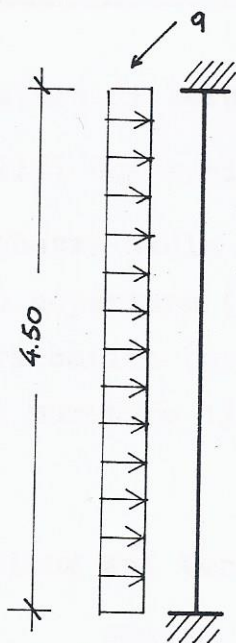
L'intervento, quindi, farà passare la tensione tangenziale della muratura, valutabile attualmente intorno ai 5 Kg/cm², a 12 - 13 Kg/cm² con conseguente miglioramento globale specialmente nei confronti dei carichi orizzontali (azioni sismiche).

Tutti gli elementi verticali saranno collegati al cordolo superiore di collegamento e fondati su plinti ~~reali~~ realizzati anche loro in breccia e opportunamente collegati tra di loro mediante cordoli in c.a.. Questi cordoli rappresenteranno inoltre una vera e propria sottofondazione per le parti di ~~di~~ murature caratterizzate da fondazioni poco profonde.

Proprio per evidenziare il fatto che gli elementi irrigidenti costituiscono parte integrante della muratura stessa, si dimensiona la rete elettrosaldata di ogni specchiatura individuata da cordoli orizzontali e verticali, in maniera tale che l'eventuale spinta sismica sulla muratura si trasferisce sull'elemento irrigidente.



Si stralcia una striscia di muratura larga 1,00 ml di spessore pari a 1,00 ml e la si immagina caricata dal conseguente carico sismico relativo al peso della muratura stessa:



q è Carico Orizzontale Sismico a ml.

Peso Muratura = 1800 Kg/mc

$$q = 0,07 \times 1800 = 126 \text{ Kg/m}$$

✓ INCASTRO:

$$M_{\max} = \frac{p l^2}{12} = \frac{126 \times 4,5^2}{12} = 212 \text{ Kg/m}$$

✓ MEZZERIA:

$$M_{\max} = \frac{P l^2}{24} = \frac{126 \times 4,5^2}{24} = 106 \text{ Kg/m}$$

(Parettine di Intonaco Armato $s = 3,5 \text{ cm}$)

CALCOLO ARMATURE INCASTRO:

$$R = \frac{3,5}{\sqrt{\frac{21200}{100}}} = 0,240 \quad \left\{ \begin{array}{l} t = 0,002163 \\ \sigma_c = 97,5 \text{ Kg/cm}^2 \end{array} \right.$$

$$A_f = 0,002163 \sqrt{21200 \times 100} = 3,14 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

Rete : $\emptyset 6/15 \times 5 + 1 \emptyset 14$ oppure $\emptyset 5/10 \times 10$

CALCOLO ARMATURE IN MEZZERIA:

$$R = \frac{3,5}{\sqrt{\frac{10600}{100}}} = 0,339 \quad \left\{ \begin{array}{l} t = 0,001495 \\ \sigma_c = 64 \text{ Kg/cm}^2 \end{array} \right.$$

$$A_f = 0,001495 \sqrt{10600 \times 100} = 1,53 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

Rete : $\emptyset 6/15 \times 15$ oppure $\emptyset 5/10 \times 10$

CARICHI IN FONDAZIONE:

Murature di bordo:

Analisi dei carichi a terra per una striscia di muratura pari a 1,00 ml

Larghezza Media Fondazione 1,50 ml

Peso copertura $(60+145+30) \times 8 = 1880$ Kg

Sovraccarico (neve) $150 \times 8 = 1200$ Kg

Peso muratura $13,25 \times 1800 = 23850$ Kg

Sommano 26930 Kg

tensione sul terreno

$$\sigma_t = \frac{26930}{150 \times 100} = 1,79 \text{ Kg/cm}^2 < \sigma_t \text{ AMMISSIBILE}$$

Murature centrali :

Larghezza media fondazione 1,50 ml

Peso Copertura $(60+145+30) \times 9,5 =$ Kg 2232

Sovraccarico (neve) $150 \times 9,5 =$ Kg 1425

Peso Muratura $13,25 \times 1800 =$ Kg 23850

Peso proprio solai $3 \times (200 \times 1,5) =$ Kg 900

Sovraccarico solai $3(250 \times 1,5) =$ Kg 1125

Sommano Kg 29532

Tensione sul terreno

$$\sigma_t = \frac{29532}{150 \times 100} = 1,96 \text{ Kg/cm}^2 < \sigma_t \text{ AMMISSIBILE}$$

RELAZIONE TECNICA

Oggetto: TEATRO DI NORCIA
LAVORI DI RISTRUTTURAZIONE E A DEGUAMENTO
ANTISISMICO

Norcia li.....

IL DIRETTORE DEI LAVORI

IL PROGETTISTA



Fabio Poggiolini

RELAZIONE TECNICA

Gli interventi previsti in progetto costituiscono
 variante ai lavori di ristrutturazione e adeguamento anti-
 sismico già autorizzati dalla Regione dell'Umbria con
 Prot. N. POS. del .

Tali lavori consistono nella realizzazione di un set-
 to in calcestruzzo di altezza pari a 4 metri a riempimento
 del telaio in C.A già realizzato a confine con la proprietà
 comunale, superiormente sarà invece realizzato, a comple-
 tamento dello stesso telaio, un muro in blocchetti di la-
 terizio semipieni, a livello del piano di copertura saran-
 no realizzati idonei interventi di tirantatura per renderlo
 infinitamente rigido nel suo piano.

Nella esecuzione dell'intervento di riempimento del
 telaio in C.A. si avrà la massima cura nella realizzazione
 delle specchiature di muratura, utilizzando blocchetti di
 laterizio semipieni rispondenti alle specifiche dell'allega-
 to A del DM 3/3/75 opportunamente messi in carico median-
 te l'uso di cunei e di malta antiritiro nell'ultimo ricorso
 in modo da realizzare, ad opere ultimate, dei maschi mura-
 ri ove le tensioni si distribuiranno uniformemente, con
 comportamento di tipo tagliente, prescindendo quindi per
 azioni complanari, dal comportamento del telaio in CA, che
 diventerà solo un elemento di rinforzo della muratura.

Per quanto riguarda la realizzazione del setto in CA,
 essa avverrà secondo le regole del buon costruire, tenendo
 conto della necessità di realizzare un unico corpo strut-
 turale con il telaio stesso e con i setti perpendicolari,
 predisponendo quindi idonee ammorsature e ancoraggi.

Da notare che il maschio numerato con il N°14 nella
 verifica POR, ai livelli 1° e 2° dovrà essere interrotto
 verticalmente da un giunto tecnico di dimensione pari a
 2 cm (spostamento dei maschi 14 e 17 al limite ultimo
 desunto dal calcolo POR).

Il comportamento globale della struttura così realizzata sarà del tipo tagliante e la stessa potrà essere presa in esame e verificata utilizzando gli usuali schemi di calcolo adottati per le strutture murarie (P.O.R.)

L'intervento in copertura consiste nell'apposizione di tutta una serie di tiranti in acciaio posti a livello dell'imposta della copertura realizzata con struttura ad archi a spinta eliminata già esistenti, al fine di irrigidire il piano di copertura affinché possa essere assimilato a un diaframma infinitamente rigido e quindi in grado di ripartire eventuali azioni orizzontali tra i vari maschi murari in funzione della loro rigidezza, come previsto nelle ipotesi alla base dell'applicazione del metodo POR.

Si è proceduto altresì a realizzare un'ulteriore tirantatura spaziale tra le chiavi degli archi e l'imposta degli stessi per evitare il rischio della rotazione degli archi intorno all'asse della catena reggispinga.

RELAZIONE ESPLICATIVA DELLE IPOTESI DI CALCOLO

Si è proceduto a verificare l'edificio in oggetto ad azioni orizzontali, come prescritto dall'Atto Consiglio Regionale N.290, adottando le seguenti ipotesi:

-VERIFICA AD AZIONI COMPLANARI-

-Azioni orizzontali pari a 0.35 W;

-forze di piano indicizzate tramite il coefficiente γ_i

-comportamento scatolare dell'edificio dovuto alle buone ammorsature tra i maschi, ove questa ipotesi non si verificava è stata posta in opera rete elettrosaldata e betoncino risvoltata agli angoli e/o interventi di cucì e scucì in corrispondenza degli spigoli;

-esistenza di giunto strutturale, anche se non fisico, con la parte contigua dell'edificio di proprietà comunale, non consolidato e caratterizzato da scarsa ammorsatura con le murature dell'edificio in oggetto, tale che si ritiene ragionevole ipotizzare la creazione di un giunto al verificarsi delle prime scosse sismiche con conseguente comportamento indipendente delle due unità strutturali.

Ragionevolmente, vista la maggior rigidità del corpo oggetto di intervento si può affermare che i lavori in oggetto non apportino effetti negativi alla rimanente parte e che non si producano gravi fenomeni di martellamento;

-ridistribuzione delle forze di piano dovute al tetto reso infinitamente rigido con una serie di tiranti e dai solai intermedi in laterocemento efficacemente ammorsati alle murature;

-comportamento dei maschi di tipo "a taglio" con collasso per lesione diagonale di trazione al centro del pannello.

Considerato quanto sopra si è ritenuto opportuno fare una verifica elasto-plastica con controllo della duttilità, applicando il metodo di calcolo automatico P.O.R.

assumendo per le murature i seguenti valori caratteristici:

Pietrame consolidato con 2 lastre di cls $\tau_k=10$ Dutt.2

Pietrame consolidato con intonaco armato $\tau_k=10$ Dutt.1.5

Muratura nuova in blocchetti di laterizio

semipieni confomi DM 3/3/75 $\tau_k=24$ Dutt.2

Nel caso specifico, visto il particolare sviluppo altimetrico dell'edificio (una porzione a 3 piani e una ad un solo piano), si è ritenuto opportuno seguire la seguente metodologia di calcolo:

-Verifica POR del 3° livello considerando i maschi ciascuno con la loro effettiva altezza;

-Verifica POR del 2° e 1° livello in cui non compaiono più i maschi murari alti mt. 13.90 costituenti lo scatolare esterno del teatro in quanto a questi livelli intermedi non esiste un unico solaio capace di distribuire le varie forze orizzontali, pertanto vengono prese in considerazione solo le porzioni di muratura collegate dai solai (1-17).

Per la determinazione del tagliante ai livelli 2° e 1° si è decurtata la quota spettante ai maschi alti mt 13.9 in quanto non esistendo solai intermedi scaricano direttamente tali azioni a livello di fondazione (vedi elaborato POR e calcolo dei taglianti), pertanto l'elaborato di calcolo è stato utilizzato solo per la determinazione delle forze reattive di piano, i V_k stampati non rivestono pertanto alcun significato.

Dal confronto delle forze reattive con i relativi taglianti si può constatare che il coefficiente di sicurezza è sempre maggiore di 1, pertanto la struttura è verificata ad azioni complanari.

VERIFICA AD AZIONI ORTOGONALI

Nella verifica ad azioni ortogonali si è proceduto in maniera sensibilmente diversa per i maschi murari della porzione a tre piani e per i maschi della scatola muraria alta 13.9 mt.

Nel primo caso si è considerato un carico uniformemente distribuito pari al 35% del peso proprio del maschio, a favore della sicurezza si è verificata la situazione più sfavorevole e cioè maschio appoggiato-appoggiato ai solai di interpiano.

Si sono verificati così alcuni maschi tipo più svantaggiati staticamente in quanto più sottili, meno caricati, e/o costituiti da materiale più pesante, considerando una sezione interamente reagente, verificando che le tensioni di trazione e compressione non superino rispettivamente il valore t_k assunto nel calcolo POR e la resistenza caratteristica a compressione desunta dal D.M. 2/7/81.

Per i maschi aventi altezza maggiore, non essendo limitati dai solai intermedi, si sono assunte delle condizioni di vincolo diverse, come meglio indicato negli elaborati di calcolo relativi a tali maschi.