

COMMITTENTE



REGIONE LOMBARDIA ATS BERGAMO



INTERVENTO

ADEGUAMENTO/MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA RSD (RESIDENZA SANITARIA DISABILI) EDIFICIO 5 E DEL CDD (CENTRO DIURNO DISABILI) EDIFICIO 4, PRESSO IL COMPLESSO "MONSIGNOR BERNAREGGI" A BONATE SOTTO

CIG Accordo Quadro - Lotto n 5: 8657946B0D
CUP: C81B21014940002; CIG derivato 9122173F49.

PROGETTO ESECUTIVO 1° STRALCIO

(Art. 23, comma 8, D.Lgs. 50/2016)

VISTI

ELABORATO N°	OGGETTO	DATA
A	RELAZIONI E CALCOLI	Maggio 2023
A.2	RELAZIONI SPECIALISTICHE E CALCOLI ESECUTIVI STRUTTURE	
A.2.b.1	RELAZIONE CALCOLO STRUTTURALE, SUL CODICE DI CALCOLO E SUI MATERIALI - EDIFICIO 4	

 via Papa Giovanni XXIII, 13/A 93018 Santa Caterina Vill. sa (CL) p.iva e c.f. 01673260855 tel/fax 0934.546038 e-mail info@itosprogetti.com	Il Progettista (Arch. Giuseppe Maria Ippolito) Ippolito PROGETTI s.r.l.		Il RUP (Ing. Luisella Bettineschi) Settore Tecnico-Patrimoniale ATS di Bergamo		 SISTEMA DI QUALITA' ISO 9001:2015 SISTEMA DI QUALITA' ISO 14001:2015
	REVISIONE	REDATTORE	CONTROLLO	VISTO E APPROVAZIONE	
	0	(Arch. Giuseppe Maria Ippolito)	(Arch. Alfonso Ippolito)	(Arch. Giuseppe Maria Ippolito)	
	1	-	-	-	
	2	(Arch. Giuseppe Maria Ippolito)	(Arch. Alfonso Ippolito)	(Arch. Giuseppe Maria Ippolito)	Maggio 2023

COMMESSA	CATEGORIA	NOME FILE	IDENTIFICATIVO
2022_11	PE_Prog Esec_Rev.02	A.2.b.1 - Relazione di calcolo strutturale, sul codice di calcolo e sui materiali - Edificio 4	2022-3979Litos

Sommario

1 Descrizione generale delle opere	2
2 Normativa di riferimento.....	4
3 Tipo di analisi svolta	4
3.1 Verifiche nei confronti delle azioni non sismiche	4
3.2 Verifiche nei confronti delle azioni sismiche: Verifiche pushover.....	6
4 Descrizione del software.....	7
5 Descrizione hardware	10
6 Preferenze di analisi	10
7 Preferenze FEM	11
8 Preferenze di analisi non lineare FEM	12
RELAZIONE SUI MATERIALI.....	13
1.1 Acciaio da carpenteria.....	13
1.2 Acciaio per piatti di collegamento	13
1.3 Bulloni, dadi e rosette.....	13
1.4 Saldatura per piastre e scarpette di collegamento	14

1 Descrizione generale delle opere

La presente relazione viene redatta a corredo degli elaborati del Progetto di "Adeguamento/miglioramento sismico della RSD (Residenza Sanitaria Disabili) edificio 5 e del CDD (Centro Diurno Disabili) **edificio 4, presso il complesso "Monsignor Bernareggi"** a Bonate Sotto" e viene redatta, nei contenuti, in conformità al capitolo 10 delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 17 Gennaio 2018, riportando una descrizione generale dell'opera, i criteri generali di analisi e di verifica e una relazione sui materiali.

L'immobile EDIFICIO 4 oggetto dell'intervento si articola su un'elevazione fuori terra, costituita da due corpi di fabbrica (denominati in questa fase progettuale come CORPO A e CORPO B) separati da un giunto strutturale di ampiezza pari ad 1,5 cm.

Il rilievo geometrico-strutturale è riportato nelle tavole grafiche dello stato di fatto allegate presente progetto, da cui si evince uno schema strutturale esistente caratterizzato in generale da una struttura intelaiata con pilastri e travi in c.a. I solai sono realizzati in laterocemento.

I pozzetti esplorativi eseguiti hanno consentito di verificare che le fondazioni dell'edificio esistente sono del tipo dirette e continue. In particolare, sono costituite da plinti rastremanti collegati tra di loro da travi di coronamento.

Le opere strutturali previste dal presente Progetto definitivo-esecutivo rientrano nell'ambito degli interventi di miglioramento sismico. Gli interventi strutturali previsti, in accordo al punto 8.4.2 delle NTC 2018 e al punto C8.4.2 della relativa Circolare esplicativa, sono finalizzati a conseguire un aumento della sicurezza della costruzione esistente. In questa categoria ricadono tutti gli interventi che, pur non rientrando nella categoria dell'adeguamento, possono determinare modifiche, anche significative, del comportamento strutturale locale o globale operando o variazioni di rigidezza, resistenza o capacità deformativa di singoli elementi o di porzioni della struttura, o introducendo nuovi elementi strutturali. Ciò avverrà impegnando maggiormente gli elementi più resistenti, riducendo le irregolarità in pianta e in elevazione, eliminando i meccanismi di collasso locali o trasformandoli da fragili in duttili.

Con riferimento al par. 8.4 delle NTC2018, gli interventi strutturali di progetto saranno finalizzati ad aumentare la sicurezza preesistente dell'edificio, conseguendo i livelli di sicurezza fissati nel punto 8.4.2 delle medesime norme.

Alla luce dell'inadeguatezza strutturale dell'edificio ai livelli di sicurezza richiesti dalle NTC2018, risultante dalla valutazione della sicurezza ante-operam illustrata nell'elaborato A.3.a –

Relazione sulla valutazione della sicurezza, è necessario programmare degli interventi strutturali di adeguamento alle azioni non sismiche e di miglioramento alle azioni sismiche.

Nel rispetto delle NTC2018, il progetto d'intervento dovrà essere riferito all'intera costruzione e dovrà riportare le verifiche dell'intera struttura post-intervento. A seguito degli interventi strutturali di progetto, con riferimento al punto 8.3 delle NTC2018, i coefficienti di sicurezza alle azioni non sismiche di tutti gli elementi strutturali dovranno essere maggiori o uguali al valore unitario, mentre con riferimento al punto 8.4.2 delle NTC2018, considerata la classe d'uso dell'edificio, il valore di ζ_E a seguito degli interventi di miglioramento sismico, dovrà incrementarsi di un valore comunque non minore di 0,1.

Gli interventi di miglioramento sismico previsti con il presente progetto, alcuni dei quali definiti al punto C8.7.4.2, mirano ad incrementare la resistenza sismica e la duttilità globale della struttura e a salvaguardare gli elementi strutturali soggetti a meccanismi di rottura fragile.

Gli interventi strutturali previsti al fine di risolvere le criticità fin ora esposte sono i seguenti:

- Rinforzo delle strutture esistenti mediante l'inserimento di nuovi profili in acciaio al fine di ridurre la luce libera delle travi in c.a. e ridurre quindi le sollecitazioni sui pilastri in c.a. esistenti

Si rimanda ai contenuti dell'elaborato A.2.a – Relazione sulla valutazione della sicurezza – Edificio 4, per una completa ed esaustiva descrizione degli interventi strutturali previsti.

2 Normativa di riferimento

Legge 5 novembre 1971 n. 1086 (G. U. 21 dicembre 1971 n. 321)

Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica;

Legge 2 febbraio 1974 n. 64 (G. U. 21 marzo 1974 n. 76)

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche;

Decreto del Presidente della Repubblica n.380 del 2001

T. U. delle Norme per l'Edilizia;

Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri del 9 febbraio 2011

Valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle Norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei trasporti del 14 gennaio 2008;

Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 17-01-18

Sicurezza e prestazioni attese (cap.2), Azioni sulle costruzioni (cap.3), Costruzioni in calcestruzzo (par.4.1), Costruzioni in legno (par.4.4), Costruzioni in muratura (par.4.5), Progettazione geotecnica (cap.6), Progettazione per azioni sismiche (cap.7), Costruzioni esistenti (cap.8), Riferimenti tecnici (cap.12), EC3;

Circolare 7 21-01-19 C.S.LL.PP

Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle N.T.C. di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.

3 Tipo di analisi svolta

Il presente studio ha previsto l'esecuzione delle verifiche strutturali nei confronti sia delle azioni sismiche che non sismiche. Di seguito vengono descritti i metodi di analisi adottati nel presente studio.

3.1 Verifiche nei confronti delle azioni non sismiche

Le verifiche degli elementi in c.a. (nella condizione ante e post-intervento) e dei maschi in muratura (soltanto nella condizione post-intervento), sono state condotte col metodo degli stati limite in accordo al D.M. 17/01/18.

I pilastri sono stati verificati a pressoflessione e taglio; le travi sono state verificate a flessione e taglio; i maschi in muratura sono stati verificati a pressoflessione e taglio.

Pilastrate in c.a. – Verifica allo stato limite ultimo per pressoflessione

In accordo al punto 4.1.2.1.2 delle NTC 2018, si è valutato il momento resistente ultimo di una sezione in calcestruzzo armato introducendo le seguenti ipotesi:

- le sezioni rimangono piane;
- la deformazione di un'armatura aderente ordinaria, sia tesa che compressa, è la stessa del calcestruzzo circostante;
- la resistenza a trazione del calcestruzzo viene ignorata.

Per la valutazione dei momenti flettenti si è tenuto sempre in considerazione un difetto di rettilineità pari ad $h/300$ dove h è l'altezza della pilastrata secondo quanto riportato nel punto 4.1.2.3.9.3 delle NTC 2018.

Pilastrate in c.a. – Verifica allo stato limite ultimo per taglio

In accordo al punto 4.1.2.3.5 delle NTC 2018 si distingue il caso di presenza o di assenza di armature a taglio.

In caso di assenza di armature a taglio la verifica si esprime in $V_{Ed} \leq V_{Rd}$ con:

- V_{Ed} sforzo di taglio derivante dalla analisi;
- $V_{Rd,c}$ valore di progetto della resistenza a taglio in assenza di armature a taglio (formula 4.1.23).

La valutazione di V_{Rd} è stata effettuata con riferimento all'armatura longitudinale tesa ancorata oltre la possibile fessura a taglio. L'armatura tesa che si è valutata è quella conseguente al momento flettente nella combinazione che produce V_{Ed} .

Per la verifica in presenza di armature a taglio si è considerato un angolo θ tra puntone compresso e asse del pilastro variabile tra i limiti $1 \leq \cot \theta \leq 2.5$. L'adozione della inclinazione variabile comporta un aumento di V_{Rsd} (resistenza a taglio conseguente alle armature per il taglio) proporzionale a $\cot \theta$ (formula 4.1.27) ed una diminuzione di V_{Rcd} (formula 4.1.28) cioè del massimo taglio che può essere sopportato dall'elemento con riguardo alla rottura delle bielle compresse.

Travate in c.a. – Verifica allo stato limite ultimo per taglio

In accordo al punto 6.2 dell' Eurocodice 2 si distingue in caso di presenza o di assenza di armature a taglio.

In caso di assenza di armature a taglio la verifica si esprime in $V_{Ed} \leq V_{Rd}$ con:

- V_{Ed} sforzo di taglio derivante dalla analisi;

- $V_{Rd,c}$ valore di progetto della resistenza a taglio in assenza di armature a taglio (formule 2.6.a e 2.6.b).

La valutazione di V_{Rd} è stata effettuata con riferimento all'armatura longitudinale tesa ancorata oltre la possibile fessura a taglio. L'armatura tesa che si è valutata è quella conseguente al momento flettente nella combinazione che produce V_{Ed} .

Per la verifica in presenza di armature a taglio si è considerato un angolo θ tra puntone compresso e asse della trave variabile tra i limiti $1 \leq \cot \theta \leq 2.5$. L'adozione della inclinazione variabile comporta un aumento di V_{Rsd} (resistenza a taglio conseguente alle armature per il taglio) proporzionale a $\cot \theta$ (formula 6.8), un aumento dell'entità della traslazione del diagramma di momento flettente (formula 9.2) ed una diminuzione di $V_{Rd,max}$ (formula 6.9) cioè del massimo taglio che può essere sopportato dall'elemento con riguardo alla rottura delle bielle compresse.

3.2 Verifiche nei confronti delle azioni sismiche: Verifiche pushover

La valutazione della sicurezza sismica dell'edificio esistente è stata eseguita ai sensi del punto 8.7.2 del D.M. 17/01/2018, per le strutture in c.a. verificando sia i meccanismi duttili controllando che la domanda non superi la corrispondente capacità in termini di deformazione o di resistenza sia i meccanismi fragili controllando che la domanda non superi la corrispondente capacità in termini di resistenza.

Nella condizione post-intervento, con riferimento al punto 7.8.5 del D.M. 17/01/2018, considerato che si ritiene necessario tenere conto della collaborazione delle pareti in muratura e delle strutture in c.a. nella resistenza al sisma, tali strutture saranno verificate utilizzando i metodi di analisi non lineare statica, al fine di valutare correttamente i diversi contributi di elementi caratterizzati da rigidzze, resistenze e capacità deformative molto differenziate tra di loro.

La verifica dei meccanismi globali è stata svolta mediante un'analisi sismica statica non lineare di tipo Push-Over.

Nell'analisi non lineare, il controllo della compatibilità tra sollecitazioni e resistenze a livello di singolo elemento è eseguito nel corso dell'analisi stessa e la verifica sarà effettuata a livello globale attraverso un confronto tra la domanda di spostamento e la corrispondente capacità.

Tramite questo tipo di analisi sarà possibile valutare i livelli di sicurezza sismici delle strutture portanti esistenti. Con l'analisi non lineare, infatti, si riesce facilmente a valutare qual è la risposta della struttura in termini di differenza tra domanda di spostamento e capacità di spostamento per i diversi stati limite (SLO, SLD, SLV e SLC), valutare quindi la resistenza di ogni elemento strutturale che la compone e quali di questi elementi vanno in crisi. L'analisi

Push-Over consiste nell'applicare all'edificio i carichi gravitazionali da combinazione sismica ed un sistema di forze statiche orizzontali che, aumentando in maniera incrementale, facciano crescere in maniera "monotona" lo spostamento orizzontale definito da un punto di controllo della struttura (generalmente posizionato nel baricentro delle masse). Trattandosi di un'applicazione di forze statiche che vengono via via incrementate, è stata eseguita sia in direzione X che Y, e nei due versi + e -. Come specificato nella norma le verifiche sono state effettuate utilizzando due tipi di distribuzione di forze orizzontali:

- una prima distribuzione proporzionale al modo più significativo per la direzione del sisma considerata;
- una seconda distribuzione proporzionale alle masse.

Inoltre, sempre come prescritto nella norma, il calcolo Push-Over è stato eseguito considerando per ogni direzione e verso di ingresso del sisma le eccentricità aggiuntive, pari a +/-5% della dimensione strutturale in direzione trasversale al sisma.

Gli indicatori di rischio, per ognuna delle 16 condizioni di carico considerate e per ognuno degli stati limite in esame (SLO, SLD, SLV e SLC), da prendere in considerazione sono quelli riferiti al tempo di ritorno (IR,TR) e all'accelerazione di aggancio normalizzata a g (IR,PGA) e riguardano i seguenti meccanismi di rottura:

- Superamento limite rotazione alla corda pilastrata C.A. [SLD];
- Superamento limite rotazione alla corda pilastrata C.A. [SLV];
- Rottura taglio pilastrata C.A. [SLV];
- Rottura nodo pilastrata C.A. [SLV];
- Superamento limite rotazione alla corda travata C.A. [SLD];
- Superamento limite rotazione alla corda travata C.A. [SLV];
- Superamento limite taglio travata C.A. [SLV];
- Superamento dello spostamento limite di interpiano [SLO] §C7.8.1.5.4;
- Superamento dello spostamento limite di interpiano [SLD] §C7.8.1.5.4;

4 Descrizione del software

Descrizione del programma Sismicad

Si tratta di un programma di calcolo strutturale che nella versione più estesa è dedicato al progetto e verifica degli elementi in cemento armato, acciaio, muratura e legno di opere civili. Il programma utilizza come analizzatore e solutore del modello strutturale un proprio solutore agli elementi finiti tridimensionale fornito col pacchetto. Il programma è sostanzialmente diviso in tre moduli: un pre processore che consente l'introduzione della geometria e dei carichi e crea il file

dati di input al solutore; il solutore agli elementi finiti; un post processore che a soluzione avvenuta elabora i risultati eseguendo il progetto e la verifica delle membrature e producendo i grafici ed i tabulati di output.

Specifiche tecniche

Denominazione del software: Sismicad 12.20

Produttore del software: Concrete

Concrete srl, via della Pieve, 19, 35121 PADOVA - Italy

<http://www.concrete.it>

Rivenditore: CONCRETE SRL - Via della Pieve 19 - 35121 Padova - tel.049-8754720

Versione: 12.20

Identificatore licenza: SW-130106560

Intestatario della licenza: Litos Progetti Srl - Santa Caterina Villarmosa (CL)

Versione regolarmente licenziata

Schematizzazione strutturale e criteri di calcolo delle sollecitazioni

Il programma schematizza la struttura attraverso l'introduzione nell'ordine di fondazioni, poste anche a quote diverse, platee, platee nervate, plinti e travi di fondazione poggianti tutte su suolo elastico alla Winkler, di elementi verticali, pilastri e pareti in c.a. anche con fori, di orizzontamenti costituiti da solai orizzontali e inclinati (falde), e relative travi di piano e di falda; è ammessa anche l'introduzione di elementi prismatici in c.a. di interpiano con possibilità di collegamento in inclinato a solai posti a quote diverse. I nodi strutturali possono essere connessi solo a travi, pilastri e pareti, simulando così impalcati infinitamente deformabili nel piano, oppure a elementi lastra di spessore dichiarato dall'utente simulando in tal modo impalcati a rigidità finita. I nodi appartenenti agli impalcati orizzontali possono essere connessi rigidamente ad uno o più nodi principali giacenti nel piano dell'impalcato; generalmente un nodo principale coincide con il baricentro delle masse. Tale opzione, oltre a ridurre significativamente i tempi di elaborazione, elimina le approssimazioni numeriche connesse all'utilizzo di elementi lastra quando si richiede l'analisi a impalcati infinitamente rigidi. Per quanto concerne i carichi, in fase di immissione dati, vengono definite, in numero a scelta dell'utente, condizioni di carico elementari le quali, in aggiunta alle azioni sismiche e variazioni termiche, vengono combinate attraverso coefficienti moltiplicativi per fornire le combinazioni richieste per le verifiche successive. L'effetto di disassamento delle forze orizzontali, indotto ad esempio dai torcenti di piano per costruzioni in zona sismica, viene simulato attraverso l'introduzione di eccentricità planari aggiuntive le quali costituiscono ulteriori condizioni elementari di carico da cumulare e combinare secondo i criteri del paragrafo precedente.

Tipologicamente sono ammessi sulle travi e sulle pareti carichi uniformemente distribuiti e carichi trapezoidali; lungo le aste e nei nodi di incrocio delle membrature sono anche definibili componenti di forze e coppie concentrate comunque dirette nello spazio. Sono previste distribuzioni di temperatura, di intensità a scelta dell'utente, agenti anche su singole porzioni di struttura. Il calcolo delle sollecitazioni si basa sulle seguenti ipotesi e modalità: - travi e pilastri deformabili a sforzo normale, flessione deviata, taglio deviato e momento torcente. Sono previsti coefficienti riduttivi dei momenti di inerzia a scelta dell'utente per considerare la riduzione della rigidezza flessionale e torsionale per effetto della fessurazione del conglomerato cementizio. E' previsto un moltiplicatore della rigidezza assiale dei pilastri per considerare, se pure in modo approssimato, l'accorciamento dei pilastri per sforzo normale durante la costruzione. - le travi di fondazione su suolo alla Winkler sono risolte in forma chiusa tramite uno specifico elemento finito; - le pareti in c.a. sono analizzate schematizzandole come elementi lastra-piastra discretizzati con passo massimo assegnato in fase di immissione dati; - le pareti in muratura possono essere schematizzate con elementi lastra-piastra con spessore flessionale ridotto rispetto allo spessore membranale.- I plinti su suolo alla Winkler sono modellati con la introduzione di molle verticali elastoplastiche. La traslazione orizzontale a scelta dell'utente è bloccata o gestita da molle orizzontali di modulo di reazione proporzionale al verticale. - I pali sono modellati suddividendo l'asta in più aste immerse in terreni di stratigrafia definita dall'utente. Nei nodi di divisione tra le aste vengono inserite molle assialsimmetriche elastoplastiche precaricate dalla spinta a riposo che hanno come pressione limite minima la spinta attiva e come pressione limite massima la spinta passiva modificabile attraverso opportuni coefficienti. - i plinti su pali sono modellati attraverso aste di rigidezza elevata che collegano un punto della struttura in elevazione con le aste che simulano la presenza dei pali;- le piastre sono discretizzate in un numero finito di elementi lastra-piastra con passo massimo assegnato in fase di immissione dati; nel caso di platee di fondazione i nodi sono collegati al suolo da molle aventi rigidezze alla traslazione verticale ed richiesta anche orizzontale.- La deformabilità nel proprio piano di piani dichiarati non infinitamente rigidi e di falde (piani inclinati) può essere controllata attraverso la introduzione di elementi membranali nelle zone di solaio. - I disassamenti tra elementi asta sono gestiti automaticamente dal programma attraverso la introduzione di collegamenti rigidi locali.- Alle estremità di elementi asta è possibile inserire svincolamenti tradizionali così come cerniere parziali (che trasmettono una quota di ciò che trasmetterebbero in condizioni di collegamento rigido) o cerniere plastiche.- Alle estremità di elementi bidimensionali è possibile inserire svincolamenti con cerniere parziali del momento flettente avente come asse il bordo dell'elemento.- Il calcolo degli effetti del sisma è condotto, a scelta dell'utente, con analisi statica lineare, con analisi dinamica modale o con analisi statica

non lineare, in accordo alle varie normative adottate. Le masse, nel caso di impalcati dichiarati rigidi sono concentrate nei nodi principali di piano altrimenti vengono considerate diffuse nei nodi giacenti sull'impalcato stesso. Nel caso di analisi sismica vengono anche controllati gli spostamenti di interpiano.

5 Descrizione hardware

Processore	Intel(R) Xeon(R) E-2274G CPU @ 4.00GHz
Architettura	AMD64
Frequenza	4008 MHz
Memoria	15,84 GB
Sistema operativo	Microsoft Windows 10 Pro for Workstations (64 bit)

6 Preferenze di analisi

Normativa	D.M. 17-01-18 (N.T.C.)		
Tipo di costruzione	2 - Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari		
Vn	50		
Classe d'uso	III		
Vr	75		
Tipo di analisi	Non lineare statica (pushover)		
Considera sisma Z	Solo se Ag >= 0.15 g, conformemente a §3.2.3.1		
Località	Bergamo, Bonate Sotto, Crotti; Latitudine ED50 45,6668° (45° 40' 0''); Longitudine ED50 9,5523° (9° 33' 8''); Altitudine s.l.m.		
215,86	m.		
Categoria del suolo addensati	B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto		
Categoria topografica	o terreni a grana fina molto consistenti T1 - Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i<=15°		
Ss orizzontale SLO	1.2		
Tb orizzontale SLO	0.104	[s]	
Tc orizzontale SLO	0.312	[s]	
Td orizzontale SLO	1.731	[s]	
Ss orizzontale SLD	1.2		
Tb orizzontale SLD	0.11	[s]	
Tc orizzontale SLD	0.331	[s]	
Td orizzontale SLD	1.765	[s]	
Ss orizzontale SLV	1.2		
Tb orizzontale SLV	0.131	[s]	
Tc orizzontale SLV	0.394	[s]	
Td orizzontale SLV	2.039	[s]	
Ss orizzontale SLC	1.2		
Tb orizzontale SLC	0.134	[s]	
Tc orizzontale SLC	0.403	[s]	
Td orizzontale SLC	2.171	[s]	
St	1		
PVr SLO (%)	81		
Tr SLO	45.16		
Ag/g SLO	0.0326		
Fo SLO	2.485		
Tc* SLO	0.207	[s]	
PVr SLD (%)	63		
Tr SLD	75.43		
Ag/g SLD	0.0413		
Fo SLD	2.502		
Tc* SLD	0.223	[s]	
PVr SLV (%)	10		
Tr SLV	711.84		
Ag/g SLV	0.1099		
Fo SLV	2.451		
Tc* SLV	0.277	[s]	
PVr SLC (%)	5		
Tr SLC	1462.18		
Ag/g SLC	0.1429		
Fo SLC	2.474		
Tc* SLC	0.285	[s]	
Smorzamento viscoso (%)	5		
Classe di duttilità	Non dissipativa		
Rotazione del sisma	0	[deg]	
Quota dello '0' sismico	0	[m]	
Regolarità in pianta	No		
Regolarità in elevazione	No		
Edificio C.A.	Si		
Edificio esistente	Si		
Altezza costruzione	5	[m]	
λ SLO,x	0.85		
λ SLO,y	0.85		
λ SLD,x	0.85		

“ADEGUAMENTO/MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA RSD (RESIDENZA SANITARIA DISABILI) EDIFICIO 5
E DEL CDD (CENTRO DIURNO DISABILI) EDIFICIO 4,
PRESSO IL COMPLESSO “MONSIGNOR BERNAREGGI” A BONATE SOTTO”
RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE, SUL CODICE DI CALCOLO E SUI MATERIALI – EDIFICIO 4

λ SLD,y	0.85	
λ SLV,x	0.85	
λ SLV,y	0.85	
Limite spostamenti interpiano SLD	0.005	
Distribuzione forze d'inerzia principali (Gruppo 1)	Da tagli di piano ottenuti da analisi dinamica	
Regola valutazione meccanismi nelle curve	In tutti i punti	
Meccanismi di rottura che limitano le capacità nelle curve	RC Pillars Check Rot Corda Failure SLD, RC Pillars Check Rot Corda Failure SLV, RC Pillars Check Shear Failure SLV, RC Pillars Check Joint Failure SLV, RC Beams Check Rot Corda Failure SLD, RC Beams Check Rot Corda Failure SLV, RC Beams Check Shear Failure SLV, Story Drift Failure SLO, Story Drift Failure SLD, Shear Reduction 15 Percent SLC	
Coefficiente di sicurezza per carico limite (fondazioni superficiali)	2.3	
Coefficiente di sicurezza per scorrimento (fondazioni superficiali)	1.1	
Coefficiente di sicurezza portanza verticale pali infissi, punta	1.15	
Coefficiente di sicurezza portanza verticale pali infissi, laterale compressione	1.15	
Coefficiente di sicurezza portanza verticale pali infissi, laterale trazione	1.25	
Coefficiente di sicurezza portanza verticale pali trivellati, punta	1.35	
Coefficiente di sicurezza portanza verticale pali trivellati, laterale compressione	1.15	
Coefficiente di sicurezza portanza verticale pali trivellati, laterale trazione	1.25	
Coefficiente di sicurezza portanza verticale micropali, punta	1.35	
Coefficiente di sicurezza portanza verticale micropali, laterale compressione	1.15	
Coefficiente di sicurezza portanza verticale micropali, laterale trazione	1.25	
Coefficiente di sicurezza portanza trasversale pali	1.3	
Fattore di correlazione resistenza caratteristica dei pali in base alle verticali indagate	1.7	
Coefficiente di sicurezza per ribaltamento (plinti superficiali)	1.15	
Percentuale di adeguamento (%)	100	
Parametro percentuale di adeguamento	Tr	
Eseguir verifiche in combinazioni SLD secondo Circolare 7	Si	

Verifiche C.A.

Normativa	D.M. 17-01-18 (N.T.C.)	
ys (fattore di sicurezza parziale per l'acciaio)	1.15	
yc (fattore di sicurezza parziale per il calcestruzzo)	1.5	
Limite σc/fck in combinazione rara	0.6	
Limite σc/fck in combinazione quasi permanente	0.45	
Limite σf/fyk in combinazione rara	0.8	
Coefficiente di riduzione della τ per cattiva aderenza	0.7	
Dimensione limite fessure w1 §4.1.2.2.4	0.0002	[m]
Dimensione limite fessure w2 §4.1.2.2.4	0.0003	[m]
Dimensione limite fessure w3 §4.1.2.2.4	0.0004	[m]
Fattori parziali di sicurezza unitari per meccanismi duttili di strutture esistenti con fattore q	Si	
Copriferro secondo EC2	No	
acc elementi nuovi nelle combinazioni sismiche	0.85	
acc elementi esistenti	0.85	

Verifiche acciaio

Normativa	D.M. 17-01-18 (N.T.C.)	
ym0	1.05	
ym1	1.05	
ym2	1.25	
Coefficiente riduttivo per effetto vettoriale	0.7	
Calcolo coefficienti C1, C2, C3 per Mcr	automatico	
Coefficienti α, β per flessione deviata	unitari	
Verifica semplificata conservativa	si	
L/e0 iniziale per profili accoppiati compressi	500	
Metodo semplificato formula (4.2.82)	si	
Escludi § 6.2.6.7 EN 1993-1-8:2005 + AC:2009 in 7.5.4.3-7.5.4.5	si	
Applica Nota 1 del prospetto 6.2	si	
Riduzione fy per tubi tondi di classe 4	no	
Limite spostamento relativo interpiano e monopiano colonne	0.00333	
Limite spostamento relativo complessivo multipiano colonne	0.002	
Considera taglio resistente estremità sagomati	no	
Fattori parziali di sicurezza unitari per meccanismi duttili di strutture esistenti con fattore q	si	

7 Preferenze FEM

Dimensione massima ottimale mesh pareti (default)	0.8	[m]
Dimensione massima ottimale mesh piastre (default)	0.8	[m]
Dimensione massima ottimale suddivisioni archi finestre/porte (default)	0.8	[m]
Tipo di mesh dei gusci (default)	Quadrilateri o triangoli	
Tipo di mesh imposta ai gusci	Specifico dell'elemento	
Metodo P-Delta	non utilizzato	
Analisi buckling	non utilizzata	
Rapporto spessore flessionale/membranale gusci muratura verticali	0.2	
Spessori membranale e flessionale pareti XLAM da sole tavole verticali	No	
Moltiplicatore rigidezza connettori pannelli pareti legno a diaframma	1	
Tolleranza di parallelismo	4.99	[deg]
Tolleranza di unicità punti	0.1	[m]
Tolleranza generazione nodi di aste	0.01	[m]
Tolleranza di parallelismo in suddivisione aste	4.99	[deg]
Tolleranza generazione nodi di gusci	0.04	[m]
Tolleranza eccentricità carichi concentrati	1	[m]
Modello elastico pareti in muratura	Gusci	
Concentra masse pareti nei vertici	No	
Segno risultati analisi spettrale	Analisi statica	
Metodo di risoluzione della matrice	Intel MKL PARDISO	
Scrivi commenti nel file di input	No	
Scrivi file di output in formato testo	No	
Solidi colle e corpi ruvidi (default)	Solidi reali	
Moltiplicatore rigidezza molla torsionale applicata ad aste di fondazione	1	
Modello trave su suolo alla Winkler nel caso di modellazione lineare	Equilibrio elastico	
Numero di modi di vibrare da ricercare	30	

“ADEGUAMENTO/MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA RSD (RESIDENZA SANITARIA DISABILI) EDIFICIO 5
E DEL CDD (CENTRO DIURNO DISABILI) EDIFICIO 4,
PRESSO IL COMPLESSO “MONSIGNOR BERNAREGGI” A BONATE SOTTO”
RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE, SUL CODICE DI CALCOLO E SUI MATERIALI – EDIFICIO 4

Algoritmo di analisi modale
Algoritmo di combinazione modale

Ritz
CQC

8 Preferenze di analisi non lineare FEM

Metodo iterativo	Secante	
Tolleranza iterazione	0.00001	
Numero massimo iterazioni	50	
Matrice rigidezza aste a fibre	Metodo misto	
Massima lunghezza dei concetti di asta agli appoggi	0.5	[m]
Massima lunghezza dei concetti di asta in campata	1	[m]
Numero massimo di divisioni per lato per sezioni c.a.	4	
Massima dimensione nel frazionare sezioni c.a.	0.15	[m]
Fattore di confinamento per aste in c.a.	1	
Deformabilità a taglio delle aste nel modello inelastico	no	
fym/fyk (per acciaio)	1	
fcm/fck (per calcestruzzi)	1	
fm/fk (per compositi)	1	
Percentuale momento torcente	0.1	
Percentuale momento ortogonale	0.1	
Elementi inelastici solo per murature	No	
Inelasticità di aste non in muratura	Diffusa	
Moltiplicatore rigidezza aste elastiche	0.5	
Elementi C.A. senza armature come elastici	si	
Controllo tolleranza in path following	Spostamento	
Fattore di lunghezza cerniere muratura	0.01	
Valutazione dello sforzo normale nei maschi	Integrazione numerica	
Numero di suddivisioni per secondo tentativo	5	

RELAZIONE SUI MATERIALI

(redatta ai sensi dell'art.4 della Legge 1086/71 e del capitolo 10 delle norme tecniche sulle costruzioni approvate con D.M. del 17 gennaio 2018)

1.1 Acciaio da carpenteria

L'acciaio strutturale da adottare per i piatti di collegamento sarà del tipo:

Classe	Tensione di snervamento caratteristica	Tensione a rottura caratteristica
S235	235 MPa	360 MPa

Si riportano di seguito i valori nominali delle proprietà del materiale:

- modulo elastico $E = 210.000 \text{ N/mm}^2$
- modulo di elasticità trasversale $G = E / [2 (1 + \nu)] \text{ N/mm}^2$
- coefficiente di Poisson $\nu = 0,3$
- coefficiente di espansione termica lineare $\alpha = 12 \times 10^{-6} \text{ per } ^\circ\text{C}^{-1}$ (per temperature ≤ 100 $^\circ\text{C}$)
- densità $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

1.2 Acciaio per piatti di collegamento

L'acciaio strutturale da adottare per i piatti di collegamento sarà del tipo:

Classe	Tensione di snervamento caratteristica	Tensione a rottura caratteristica
S235	275 MPa	430 MPa

Si riportano di seguito i valori nominali delle proprietà del materiale:

- modulo elastico $E = 210.000 \text{ N/mm}^2$
- modulo di elasticità trasversale $G = E / [2 (1 + \nu)] \text{ N/mm}^2$
- coefficiente di Poisson $\nu = 0,3$
- coefficiente di espansione termica lineare $\alpha = 12 \times 10^{-6} \text{ per } ^\circ\text{C}^{-1}$ (per temperature ≤ 100 $^\circ\text{C}$)
- densità $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

1.3 Bulloni, dadi e rosette

- Bulloni e barre filettate cl. 8.8 con caratteristiche meccaniche minime:

- $f_{t,b} = 800,00 \text{ MPa}$ tensione di rottura

- $f_{yk,b} = 640,00 \text{ MPa}$ tensione di snervamento caratteristica

Coppie di serraggio secondo D.M. 17/01/2018.

I bulloni devono essere montati con una rosetta sotto la testa della vite ed una rosetta sotto il dado.

I bulloni dovranno essere contrassegnati con le indicazioni del produttore e la classe di resistenza.

- Dadi (UNI 5588-65): Classe 6S;
- Rosette (UNI 6592-69): R80.

Normativa di riferimento:

- UNI EN ISO 4016:2011 "Viti a testa esagonale con gambo parzialmente filettato - Categoria C" (geometria)
- UNI EN ISO 4034:2013 "Dadi esagonali normali (tipo 1) - Categoria C"
- UNI EN ISO 898-1:2009 "Caratteristiche meccaniche degli elementi di collegamento di acciaio - Parte 1: Viti e viti prigioniere con classi di resistenza specificate - Filettature a passo grosso e a passo fine"
- UNI EN ISO 898-2:2012 "Caratteristiche meccaniche degli elementi di collegamento di acciaio al carbonio e acciaio legato - Parte 2: Dadi con classi di resistenza specificate - Filettatura a passo grosso e filettatura a passo fine"
- UNI EN 14399-1:2005 "Bulloneria strutturale ad alta resistenza a serraggio controllato"
- UNI EN 15048-1:2007 "Bulloneria strutturale non a serraggio controllato - Parte 1: Requisiti generali"
- UNI EN 10083-2:2006 "Acciai da bonifica - Parte 2: Condizioni tecniche di fornitura per acciai non legati" (Rosette e Piastrine)

1.4 Saldatura per piastre e scarpette di collegamento

Tipo: a cordone d'angolo o a piena penetrazione, secondo le specifiche di progetto o diverse indicazioni della D.L.

Normativa di riferimento:

- UNI EN ISO 15614-1:2012 "Specificazione e qualificazione delle procedure di saldatura per materiali metallici - Prove di qualificazione della procedura di saldatura - Parte 1: Saldatura ad arco e a gas degli acciai e saldatura ad arco del nichel e leghe di nichel"

- UNI EN ISO 4063:2011 "Saldatura e tecniche affini -Nomenclatura e codificazione numerica dei processi"
- UNI EN ISO 2560:2010 "Materiali di apporto per saldatura - Elettrodi rivestiti per saldatura manuale ad arco di acciai non legati e a grano fine - Classificazione"
- UNI EN ISO 15609-1:2006
- "Specificazione e qualificazione delle procedure di saldatura per materiali metallici – Specificazione della procedura di saldatura - Parte 1: Saldatura ad arco"
- UNI EN ISO 15609-2:2004 "Specificazione e qualificazione delle procedure di saldatura per materiali metallici - Specificazione della procedura di saldatura - Saldatura a gas"
- UNI EN ISO 15609-3:2006 "Specificazione e qualificazione delle procedure di saldatura per materiali metallici - Specificazione della procedura di saldatura - Parte 3: Saldatura a fascio elettronico"
- UNI EN ISO 15609-4:2009 "Specificazione e qualificazione delle procedure di saldatura per materiali metallici - Specificazione della procedura di saldatura - Parte 4: Saldatura a fascio laser"
- UNI EN ISO 15609-5:2012 "Specificazione e qualificazione delle procedure di saldatura per materiali metallici - Specificazione della procedura di saldatura - Parte 5: Saldatura a resistenza"
- UNI EN 287-1:2012 "Prove di qualificazione dei saldatori - Saldatura per fusione - Parte 1: Acciai"
- UNI EN ISO 17638:2010 "Controllo non distruttivo delle saldature - Controllo con particelle magnetiche"
- UNI EN 1011-1:2005 "Saldatura - Raccomandazioni per la saldatura dei materiali metallici - Parte 1: Guida generale per la saldatura ad arco"
- UNI EN 1011-2:2005 "Saldatura - Raccomandazioni per la saldatura dei materiali metallici - Parte 2: Saldatura ad arco di acciai ferritici"
- UNI EN 13479:2006 "Materiali di apporto per la saldatura - Norma generale di prodotto per i metalli di apporto e per i flussi utilizzati nella saldatura per fusione dei materiali metallici"
- UNI EN ISO 14341-2011 "Materiali di apporto per saldatura - Fili elettrodi e depositi di saldatura per saldatura ad arco in gas protettivo di acciai non legati e a grano fine - Classificazione"
- UNI EN ISO 2560-2007 "Materiali di apporto per saldatura -Elettrodi rivestiti per saldatura manuale ad arco di acciai non legati e di acciai a grano fine"

- UNI EN 12062:2004 "Controllo non distruttivo delle saldature - Regole generali per i materiali metallici"
- I collegamenti saldati saranno conformi a quanto indicato nel D.M. 14/01/2008 ed inoltre rispetteranno le norme UNI EN 1011:2009.
- La saldatura degli acciai dovrà avvenire con uno dei procedimenti all'arco elettrico codificati secondo la norma UNI EN ISO 4063:2011.
- I saldatori nei procedimenti semiautomatici e manuali dovranno essere qualificati secondo la norma UNI EN 287-1:2007 da parte di un ente terzo. Gli operatori dei procedimenti automatici o robotizzati dovranno essere certificati secondo la norma UNI EN 1418:1999.