

COMMITTENTE

Sistema Socio Sanitario



# REGIONE LOMBARDIA

## ATS BERGAMO



INTERVENTO

### MIGLIORAMENTO SISMICO PADIGLIONE CASALI, RSD (RESIDENZA SANITARIA DISABILI) A PIARIO






CIG Accordo Quadro - Lotto n 5: 8657946B0D  
CUP: C52C21001190002; CIG derivato 91222048E0.

### PROGETTO ESECUTIVO

(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	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE, SUL CODICE DI CALCOLO E SUI MATERIALI	

<div><p>via Papa Giovanni XXIII, 13/A 93018 Santa Caterina Vill. (CL) p.iva e c.f. 01673260855 tel/fax 0934.679270 e-mail info@itosprogetti.com www.itosprogetti.com</p></div>	<div><div><div>Il Progettista</div><div>(Arch. Giuseppe Maria Ippolito)</div><div>iltos PROGETTI s.r.l.</div><div></div></div><div></div></div>	<div><div><div>Il RUP</div><div>(Ing. Luisella Bettineschi)</div><div>Settore Tecnico-Patrimoniale ATS</div><div>di Bergamo</div></div><div></div></div>	<div><div><p>SISTEMA DI QUALITÀ ISO 9001:2015 SISTEMA DI QUALITÀ ISO 14001:2015</p></div></div>	
REVISIONE	REDATTORE	CONTROLLO	VISTO E APPROVAZIONE	DATA REVISIONE
0	(Ing. Raffaele Leo)	(Ing. Angelo Nicosia)	(Arch. Giuseppe Maria Ippolito)	Febbraio 2023
1	-	-	-	-
2	(Ing. Raffaele Leo)	(Ing. Angelo Nicosia)	(Arch. Giuseppe Maria Ippolito)	Maggio 2023
COMMESSA	CATEGORIA		NOME FILE	IDENTIFICATIVO
2022_12	PE Prog Esec Rev.02		Elab. A.2.b - Relazione di calcolo strutturale, sul codice di calcolo e sui materiali.doc	2023-0364Litos

## **Sommario**

1 Descrizione generale delle opere.....	2
2 Normativa di riferimento.....	2
3 Tipo di analisi svolta .....	3
3.1 Verifiche nei confronti delle azioni non sismiche.....	3
3.2 Verifiche nei confronti delle azioni sismiche: Verifiche pushover.....	5
4 Descrizione del software.....	5
5 Descrizione hardware .....	6
6 Preferenze di analisi .....	6
7 Preferenze FEM .....	7
8 Preferenze di analisi non lineare FEM .....	7
9 Preferenze del suolo.....	8
10 Combinazioni di carico.....	9
<b>RELAZIONE SUI MATERIALI.....</b>	<b>11</b>

## 1 Descrizione generale delle opere

La presente relazione viene redatta a corredo degli elaborati del Progetto definitivo-esecutivo per i lavori inerenti l'intervento di **"MIGLIORAMENTO SISMICO PADIGLIONE CASALI RSD (RESIDENZA SANITARIA DISABILI) SITO A PIARIO"** 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 oggetto dell'intervento è ubicato nel Comune di Piario, via Papa Giovanni XXIII, il cui nucleo originario risale al 1600. Negli anni, molteplici sono stati gli interventi a cui la struttura è stata assoggettata, i più importanti sicuramente a partire dal 1984, con i quali la struttura ha subito un ampliamento in c.a. prima, e la modifica delle altezze e dei solai di copertura dopo, nel 1996.

Il fabbricato si articola su più livelli, a partire da un piano interrato accessibile tramite scala dedicata che lo collega con l'area di pertinenza esterna al piano terra. Su questo si elevano ulteriori 3 livelli, ed infine un piano sottotetto, con copertura inclinata. La struttura portante è del tipo mista, con un nucleo originario in muratura portante, e due recenti ampliamenti in cemento armato. I solai, del tipo latero cemento, possono essere considerati infinitamente rigidi. I pozzetti esplorativi eseguiti hanno consentito di verificare che le fondazioni dell'edificio esistente sono del tipo dirette e continue, con mattoni di cotto pressati.

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  $\zeta_E$  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:

- **incamiciatura in c.a. dei pilastri** mediante l'inserimento dell'armatura in barre di acciaio ad aderenza migliorata e l'aumento della sezione resistente mediante getto entro cassero di malta cementizia bicomponente fibrorinforzata;
- **incamiciatura in c.a. delle travi in elevazione** mediante l'inserimento dell'armatura in barre di acciaio ad aderenza migliorata e l'aumento della sezione resistente mediante getto entro cassero di malta cementizia bicomponente fibrorinforzata;
- **rinforzo dei nodi trave-pilastro in c.a. con metodo CAM**. In corrispondenza di nodi trave-pilastro, quelli in cui le verifiche strutturali manifestano meccanismi di collasso fragile dovuti al superamento della loro resistenza sotto le azioni orizzontali, sarà previsto un sistema di rinforzo realizzato attraverso nastri in acciaio ad alta resistenza.
- realizzazione di **nuove murature portanti**;
- consolidamento delle murature portanti non verificate mediante **intonaco armato**.

Si rimanda ai contenuti dell'elaborato A.3.a – *Relazione sulla valutazione della sicurezza*, 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  $\theta$  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  $\theta$  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.

#### ***Maschi in muratura***

Si è fatto riferimento alle indicazioni per la progettazione delle nuove strutture di muratura del punto 4.5.6 delle NTC 2018. La verifica per le azioni statiche sugli elementi murari è stata effettuata secondo le modalità di seguito riassunte.

### Calcolo delle eccentricità

*Eccentricità accidentale trasversale:*

$$e_a = h / 200$$

dove con **h** si è indicata l'altezza complessiva del muro. Tale valore di eccentricità si utilizza per intero nella sezione di testa, per metà in quella di mezzeria e si annulla nella sezione al piede.

*Eccentricità strutturale trasversale:*

$$e_s = M / N$$

essendo:

**M** = momento flettente complessivo dovuto alle azioni di calcolo, tra cui l'eccentricità della risultante del carico del solaio, la pressione orizzontale dovuta all'azione del vento o del terrapieno, l'eccentricità di posizionamento del muro sovrastante e l'effetto di azioni orizzontali spingenti.

**N** = sforzo normale complessivo agente sulla sezione da verificare.

*Eccentricità strutturale longitudinale:*

$$e_b = M_b / N$$

essendo:

**M<sub>b</sub>** = momento flettente complessivo dovuto alle azioni di calcolo, tra cui l'eccentricità della risultante del carico del solaio, la pressione orizzontale dovuta all'azione del vento o del terrapieno, l'eccentricità di posizionamento del muro sovrastante e l'effetto di azioni orizzontali spingenti lungo la direzione del muro.

**N** = sforzo normale complessivo agente sulla sezione da verificare.

*Eccentricità trasversale di calcolo:*

$$e = |e_s| + |e_a|$$

In ogni caso il valore dell'eccentricità trasversale di calcolo per ciascuna sezione di verifica non può essere inferiore ad **h** / 200 o superiore a 1/3 dello spessore del muro. Nel primo caso questa si porrà comunque pari ad **h** / 200; nel secondo caso la verifica si riterrà non soddisfatta.

### Calcolo dei coefficienti di eccentricità

Si calcola il seguente coefficiente:

$$m = 6 e / t$$

essendo **t** lo spessore del muro, nel caso di eccentricità trasversale, o la lunghezza, nel caso di eccentricità longitudinale.

### Calcolo della snellezza della parete

$$l = (r h) / t$$

Essendo **r** il fattore laterale di vincolo, posto in questo calcolo sempre pari ad 1.

### Calcolo dei coefficienti di riduzione

Il calcolo dei coefficienti **F<sub>i</sub>**, in funzione di **m** e **l**, viene effettuato per doppia interpolazione in funzione della tabella 4.5.III delle NTC 2018.

### Verifica

La verifica verrà effettuata utilizzando il metodo agli stati limite ultimi. La condizione che soddisfa la verifica della sezione sarà la seguente:

$$s = N / (F_i F_b A) < f_d$$

essendo:

**N** = sforzo normale complessivo agente nella sezione;

**F<sub>i</sub>** = coefficiente di parzializzazione trasversale per la sezione i-esima (testa, mezzeria o piede);

**F<sub>b</sub>** = coefficiente di parzializzazione longitudinale per la sezione di piede (pari ad 1 per le altre sezioni);

**A** = area della sezione;

**f<sub>d</sub>** = resistenza di calcolo della muratura.

La resistenza al **taglio** per rottura per scorrimento di ciascun maschio murario verrà valutata secondo il punto 7.8.2.2.2 del D.M. 17-01-18 nel seguente modo:

$$V_t = l' \cdot t \cdot f_{vd}$$

dove:

**l'** è la lunghezza della parte compressa della parete ottenuta sulla base di un diagramma lineare delle compressioni, e in assenza di resistenza a trazione;

**t** è lo spessore della parete;

**f<sub>vd</sub>** =  $f_{vk} / \gamma_M$  è definito al punto 4.5.6.1 delle NTC2018, calcolando la tensione normale media (indicata con  $\sigma_n$ ) sulla parte compressa della sezione ( $\sigma_n = N / (l' \cdot t)$ ).

## 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 rigidità, 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 limite rotazione alla corda di nucleo/lama C.A. [SLD];
- Superamento limite rotazione alla corda di nucleo/lama C.A. [SLV];
- Rottura taglio dei nuclei/lame di parete in 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;
- Riduzione del taglio del 20% [SLC] §C7.8.1.5.4;
- Spostamento corrispondente a 3/4 dello spostamento allo SLC [SLV] §C7.8.1.5.4;
- Spostamento corrispondente al raggiungimento della massima forza [SLD] §C7.8.1.5.4;
- Spostamento corrispondente a  $q^* = 3$  [SLV] §C7.8.1.6;
- Spostamento corrispondente a  $q^* = 4$  [SLC] §C7.8.1.6.
- 

## 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: 12.19

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 rigidezza 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

<b>Normativa</b>	D.M. 17-01-18 (N.T.C.)
<b>Tipo di costruzione</b>	2 - Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari
<b>Vn</b>	50
<b>Classe d'uso</b>	III
<b>Vr</b>	75
<b>Tipo di analisi</b>	Non lineare statica (pushover)
<b>Considera sisma Z</b>	Solo se Ag >= 0.15 g, conformemente a §3.2.3.1
<b>Località</b>	Bergamo, Parre, Sant'alberto-grumella; Latitudine ED50 45,892° (45° 53' 31''); Longitudine ED50 9,921° (9° 55' 15''); Altitudine s.l.m. 540,71 m.
<b>Categoria del suolo</b>	B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati
<b>Categoria topografica</b>	o terreni a grana fina molto consistenti T1 - Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i<=15°
<b>Ss orizzontale SLO</b>	1.2
<b>Tb orizzontale SLO</b>	0.104 [s]
<b>Tc orizzontale SLO</b>	0.312 [s]
<b>Td orizzontale SLO</b>	1.735 [s]
<b>Ss orizzontale SLD</b>	1.2
<b>Tb orizzontale SLD</b>	0.11 [s]
<b>Tc orizzontale SLD</b>	0.331 [s]
<b>Td orizzontale SLD</b>	1.765 [s]
<b>Ss orizzontale SLV</b>	1.2
<b>Tb orizzontale SLV</b>	0.135 [s]
<b>Tc orizzontale SLV</b>	0.406 [s]
<b>Td orizzontale SLV</b>	1.975 [s]
<b>Ss orizzontale SLC</b>	1.2
<b>Tb orizzontale SLC</b>	0.139 [s]
<b>Tc orizzontale SLC</b>	0.417 [s]

**"PIARIO, MIGLIORAMENTO SISMICO PADIGLIONE CASALI  
RSD (RESIDENZA SANITARIA DISABILI)"**

Td orizzontale SLC	2.074	[s]
St	1	
PVr SLO (%)	81	
Tr SLO	45.16	
Ag/g SLO	0.0338	
Fo SLO	2.535	
Tc* SLO	0.207	[s]
PVr SLD (%)	63	
Tr SLD	75.43	
Ag/g SLD	0.0413	
Fo SLD	2.563	
Tc* SLD	0.223	[s]
PVr SLV (%)	10	
Tr SLV	711.84	
Ag/g SLV	0.0938	
Fo SLV	2.55	
Tc* SLV	0.288	[s]
PVr SLC (%)	5	
Tr SLC	1462.18	
Ag/g SLC	0.1185	
Fo SLC	2.559	
Tc* SLC	0.298	[s]
Smorzamento viscoso (%)	5	
Classe di duttilità	Non dissipativa	
Rotazione del sisma	0	[deg]
Quota dello '0' sismico	0	[cm]
Regolarità in pianta	No	
Regolarità in elevazione	No	
Edificio muratura	Si	
Edificio esistente	Si	
Altezza costruzione	1540	[cm]
T1,x	0.35903	[s]
T1,y	0.30433	[s]
λ SLO,x	1	
λ SLO,y	1	
λ SLD,x	1	
λ SLD,y	1	
λ SLV,x	1	
λ SLV,y	1	
Limite spostamenti interpiano SLD	0.002	
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	Superamento limite rotazione alla corda pilastrata C.A. [SLD]; Superamento limite rotazione alla corda pilastrata C.A. [SLV]; uperamento limite rotazione alla corda pilastrata C.A. [SLC]; 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 limite rotazione alla corda di nucleo/lama C.A. [SLD]; Superamento limite rotazione alla corda di nucleo/lama C.A. [SLV]; Rottura taglio dei nuclei/lame di parete in 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; Riduzione del taglio del 20% [SLC] §C7.8.1.5.4; Spostamento corrisp. a 3/4 dello spostamento allo SLC [SLV] §C7.8.1.5.4; Spostamento corrisp. al raggiungim. della massima forza [SLD] §C7.8.1.5.4; Spostamento corrispondente a q* = 3 [SLV] §C7.8.1.6; Spostamento corrispondente a q* = 4 [SLC] §C7.8.1.6.	
Coefficiente di sicurezza per carico limite (fondazioni superficiali)	2.3	
Coefficiente di sicurezza per scorrimento (fondazioni superficiali)	1.1	
Coefficiente di sicurezza per ribaltamento (plinti superficiali)	1.15	
Percentuale di adeguamento (%)	100	
Parametro percentuale di adeguamento	Tr	
Esegui verifiche in combinazioni SLD per elementi esistenti	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 $\sigma_c/f_{ck}$ in combinazione rara	0.6	
Limite $\sigma_c/f_{ck}$ in combinazione quasi permanente	0.45	
Limite $\sigma_f/f_{yk}$ in combinazione rara	0.8	
Coefficiente di riduzione della $\tau$ per cattiva aderenza	0.7	
Dimensione limite fessure w1 §4.1.2.2.4	0.02	[cm]
Dimensione limite fessure w2 §4.1.2.2.4	0.03	[cm]
Dimensione limite fessure w3 §4.1.2.2.4	0.04	[cm]
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	

## 7 Preferenze FEM

Dimensione massima ottimale mesh pareti (default)	80	[cm]
Dimensione massima ottimale mesh piastre (default)	80	[cm]
Dimensione massima ottimale suddivisioni archi finestre/porte (default)	30	[cm]
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	



*"PIARIO, MIGLIORAMENTO SISMICO PADIGLIONE CASALI  
RSD (RESIDENZA SANITARIA DISABILI)"*

Moltiplicatore rigidezza connettori pannelli pareti legno a diaframma	1	
Tolleranza di parallelismo	4.99	[deg]
Tolleranza di unicità punti	10	[cm]
Tolleranza generazione nodi di aste	1	[cm]
Tolleranza di parallelismo in suddivisione aste	4.99	[deg]
Tolleranza generazione nodi di gusci	4	[cm]
Tolleranza eccentricità carichi concentrati	100	[cm]
Considera deformabilità a taglio negli elementi guscio	No	
Modello elastico pareti in muratura	Gusci	
Concentra masse pareti nei vertici	Si	
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	300	
Algoritmo di analisi modale	Proiezione nel sottospazio totale	
Algoritmo di combinazione modale	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	50	[cm]
Massima lunghezza dei concetti di asta in campata	100	[cm]
Numero massimo di divisioni per lato per sezioni c.a.	4	
Massima dimensione nel frazionare sezioni c.a.	15	[cm]
Fattore di confinamento per aste in c.a.	1	
Deformabilità a taglio delle aste nel modello inelastico	no	
f <sub>ym</sub> /f <sub>yk</sub> (per acciaio)	1	
f <sub>cm</sub> /f <sub>ck</sub> (per calcestruzzi)	1	
f <sub>m</sub> /f <sub>k</sub> (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	
*** Aste C.A. con cerniere per rottura fragile per taglio	no	
Numero di suddivisioni per secondo tentativo	5	
Aste in legno modellate come elastiche	si	
Aste in acciaio modellate come elastiche	no	

## 9 Preferenze del suolo

Fondazioni non modellate e struttura bloccata alla base	no	
Fondazioni bloccate orizzontalmente	si	
Considera peso sismico delle fondazioni	no	
Fondazioni superficiali e profonde su suolo elastoplastico	no	
Coefficiente di sottofondo verticale per fondazioni superficiali (default)	3	[daN/cm³]
Rapporto coefficiente di sottofondo orizzontale/verticale	0.5	
Pressione verticale limite sul terreno per abbassamento (default)	10	[daN/cm²]
Pressione verticale limite sul terreno per innalzamento (default)	0.001	[daN/cm²]
Metodo di calcolo della K verticale	Vesic	
Metodo di calcolo della portanza e della pressione limite	Vesic	
Terreno laterale di riporto da piano posa fondazioni (default)	Ghiaia_3	
Dimensione massima della discretizzazione del palo (default)	200	[cm]
Moltiplicatore coesione per pressione orizzontale limite nei pali	1	
Moltiplicatore spinta passiva per pressione orizzontale pali	1	
K punta palo (default)	4	[daN/cm³]
Pressione limite punta palo (default)	10	[daN/cm²]
Pressione per verifica schiacciamento fondazioni superficiali	6	[daN/cm²]
Calcola cedimenti fondazioni superficiali	no	
Spessore massimo strato	100	[cm]
Profondità massima	3000	[cm]
Cedimento assoluto ammissibile	5	[cm]
Cedimento differenziale ammissibile	5	[cm]
Cedimento relativo ammissibile	5	[cm]
Rapporto di inflessione F/L ammissibile	0.003333	
Rotazione rigida ammissibile	0.191	[deg]
Rotazione assoluta ammissibile	0.191	[deg]
Distorsione positiva ammissibile	0.191	[deg]
Distorsione negativa ammissibile	0.095	[deg]
Considera fondazioni compensate	no	
Coefficiente di riduzione della a Max attesa	0.3	
Condizione per la valutazione della spinta su pareti	Lungo termine	
Considera l'azione sismica del terreno anche su pareti sotto lo zero sismico	no	
Calcola cedimenti teorici pali	no	
Considera accorciamento del palo	si	
Distanza influenza cedimento palo	1000	[cm]
Distribuzione attrito laterale	Attrito laterale uniforme	
Ripartizione del carico	Ripartizione come da modello FEM	
Scelta terreno laterale	Media pesata degli strati coinvolti	
Scelta terreno punta	Media pesata degli strati coinvolti	
Cedimento assoluto ammissibile	5	[cm]

**"PIARIO, MIGLIORAMENTO SISMICO PADIGLIONE CASALI  
RSD (RESIDENZA SANITARIA DISABILI)"**

Cedimento medio ammissibile	5	[cm]
Cedimento differenziale ammissibile	5	[cm]
Rotazione rigida ammissibile	0.191	[deg]
Trascura la coesione efficace in verifica allo scorrimento	si	
Considera inclinazione spinta del terreno contro pareti	no	
Esegui verifica a liquefazione	no	
Metodo di verifica liquefazione	Seed-Idriss (1982)	
Coeff. di sicurezza minimo a liquefazione	1.3	
Magnitudo scaling factor per liquefazione	1	

## 10 Combinazioni di carico

### Verifiche per azioni sismiche

**Nome:** E' il nome esteso che contraddistingue la condizione elementare di carico.

**Nome breve:** E' il nome compatto della condizione elementare di carico, che viene utilizzato altrove nella relazione.

**Pesi:** Pesi strutturali

**Port.:** Permanenti portati

**Variabile H:** Variabile H

**Neve:** Neve

**Variabile C:** Variabile C

**ΔT:** ΔT

**X SLO:** Sisma X SLO

**Y SLO:** Sisma Y SLO

**Z SLO:** Sisma Z SLO

**EySx SLO:** Eccentricità Y per sisma X SLO

**ExSy SLO:** Eccentricità X per sisma Y SLO

**Tr x SLO:** Terreno sisma X SLO

**Tr y SLO:** Terreno sisma Y SLO

**Tr z SLO:** Terreno sisma Z SLO

**X SLD:** Sisma X SLD

**Y SLD:** Sisma Y SLD

**Z SLD:** Sisma Z SLD

**EySx SLD:** Eccentricità Y per sisma X SLD

**ExSy SLD:** Eccentricità X per sisma Y SLD

**Tr x SLD:** Terreno sisma X SLD

**Tr y SLD:** Terreno sisma Y SLD

**Tr z SLD:** Terreno sisma Z SLD

**SLV X:** Sisma X SLV

**SLV Y:** Sisma Y SLV

**SLV Z:** Sisma Z SLV

**EySx SLV:** Eccentricità Y per sisma X SLV

**ExSy SLV:** Eccentricità X per sisma Y SLV

**Tr sLV X:** Terreno sisma X SLV

**Tr sLV Y:** Terreno sisma Y SLV

**Tr sLV Z:** Terreno sisma Z SLV

**Rig Ux:** Rig Ux

**Rig Uy:** Rig Uy

**Rig Rz:** Rig Rz

Tutte le combinazioni di carico vengono raggruppate per famiglia di appartenenza. Le celle di una riga contengono i coefficienti moltiplicatori della i-esima combinazione, dove il valore della prima cella è da intendersi come moltiplicatore associato alla prima condizione elementare, la seconda cella si riferisce alla seconda condizione elementare e così via.

### Famiglia SLU

Il nome compatto della famiglia è SLU.

Nome	Nome breve	Pesi	Port.	Variabile H	Neve	Variabile C
1	SLU 1	1	0.8	0	0	0
2	SLU 2	1	0.8	0	0	1.5
3	SLU 3	1	0.8	0	0.75	1.5
4	SLU 4	1	0.8	0	1.5	0
5	SLU 5	1	0.8	0	1.5	1.05
6	SLU 6	1	0.8	1.5	0	0
7	SLU 7	1	0.8	1.5	0	1.05
8	SLU 8	1	0.8	1.5	0.75	0
9	SLU 9	1	0.8	1.5	0.75	1.05
10	SLU 10	1	1.5	0	0	0
11	SLU 11	1	1.5	0	0	1.5
12	SLU 12	1	1.5	0	0.75	1.5
13	SLU 13	1	1.5	0	1.5	0
14	SLU 14	1	1.5	0	1.5	1.05
15	SLU 15	1	1.5	1.5	0	0
16	SLU 16	1	1.5	1.5	0	1.05
17	SLU 17	1	1.5	1.5	0.75	0
18	SLU 18	1	1.5	1.5	0.75	1.05
19	SLU 19	1.3	0.8	0	0	0
20	SLU 20	1.3	0.8	0	0	1.5
21	SLU 21	1.3	0.8	0	0.75	1.5
22	SLU 22	1.3	0.8	0	1.5	0
23	SLU 23	1.3	0.8	0	1.5	1.05
24	SLU 24	1.3	0.8	1.5	0	0
25	SLU 25	1.3	0.8	1.5	0	1.05
26	SLU 26	1.3	0.8	1.5	0.75	0

*"PIARIO, MIGLIORAMENTO SISMICO PADIGLIONE CASALI  
RSD (RESIDENZA SANITARIA DISABILI)"*

Nome	Nome breve	Pesi	Port.	Variabile H	Neve	Variabile C
27	SLU 27	1.3	0.8	1.5	0.75	1.05
28	SLU 28	1.3	1.5	0	0	0
29	SLU 29	1.3	1.5	0	0	1.5
30	SLU 30	1.3	1.5	0	0.75	1.5
31	SLU 31	1.3	1.5	0	1.5	0
32	SLU 32	1.3	1.5	0	1.5	1.05
33	SLU 33	1.3	1.5	1.5	0	0
34	SLU 34	1.3	1.5	1.5	0	1.05
35	SLU 35	1.3	1.5	1.5	0.75	0
36	SLU 36	1.3	1.5	1.5	0.75	1.05

#### Famiglia SLE rara

Il nome compatto della famiglia è SLE RA.

Nome	Nome breve	Pesi	Port.	Variabile H	Neve	Variabile C
1	SLE RA 1	1	1	0	0	0
2	SLE RA 2	1	1	0	0	1
3	SLE RA 3	1	1	0	0.5	1
4	SLE RA 4	1	1	0	1	0
5	SLE RA 5	1	1	0	1	0.7
6	SLE RA 6	1	1	1	0	0
7	SLE RA 7	1	1	1	0	0.7
8	SLE RA 8	1	1	1	0.5	0
9	SLE RA 9	1	1	1	0.5	0.7

#### Famiglia SLE frequente

Il nome compatto della famiglia è SLE FR.

Nome	Nome breve	Pesi	Port.	Variabile H	Neve	Variabile C
1	SLE FR 1	1	1	0	0	0
2	SLE FR 2	1	1	0	0	0.7
3	SLE FR 3	1	1	0	0.2	0
4	SLE FR 4	1	1	0	0.2	0.6

#### Famiglia SLE quasi permanente

Il nome compatto della famiglia è SLE QP.

Nome	Nome breve	Pesi	Port.	Variabile H	Variabile B	Neve	Variabile A
1	SLE QP 1	1	1	0	0	0	0
2	SLE QP 2	1	1	0	0	0	0.6

### Verifica dei meccanismi globali: Verifiche Push-Over

**Nome:** E' il nome esteso che contraddistingue la condizione elementare di carico.

**Nome breve:** E' il nome compatto della condizione elementare di carico, che viene utilizzato altrove nella relazione.

**Pesi:** Pesi strutturali

**Port.:** Permanenti portati

**Variabile A:** Variabile A

**Variabile C:** Variabile C

**Variabile H:** Variabile H

**Neve:** Neve

**ΔT:** ΔT

**Sis X:** Sisma X

**Sis Y:** Sisma Y

**Ecc Y:** Eccentricità Y per sisma X

**Ecc X:** Eccentricità X per sisma Y

Tutte le combinazioni di carico vengono raggruppate per famiglia di appartenenza. Le celle di una riga contengono i coefficienti moltiplicatori della i-esima combinazione, dove il valore della prima cella è da intendersi come moltiplicatore associato alla prima condizione elementare, la seconda cella si riferisce alla seconda condizione elementare e così via.

#### Famiglia Unica

Il nome compatto della famiglia è UN.

Nome	Nome breve	Pesi	Port.	Variabile A	Variabile C	Variabile H	Neve	ΔT	Sis X	Sis Y	Ecc Y	Ecc X
1	1	1	1	0.3	0.6	0	0	0	-1	0	-1	0
2	2	1	1	0.3	0.6	0	0	0	-1	0	1	0
3	3	1	1	0.3	0.6	0	0	0	0	-1	0	-1
4	4	1	1	0.3	0.6	0	0	0	0	-1	0	1
5	5	1	1	0.3	0.6	0	0	0	0	1	0	-1
6	6	1	1	0.3	0.6	0	0	0	0	1	0	1
7	7	1	1	0.3	0.6	0	0	0	1	0	-1	0
8	8	1	1	0.3	0.6	0	0	0	1	0	1	0

## 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)

---

### CARATTERISTICHE DEI MATERIALI E RICHIAMI DI NORMATIVA:

Riferimento al D.M. 17/01/2018 *Norme Tecniche per le Costruzioni* in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

### CALCESTRUZZO FONDAZIONE

Classe di resistenza a compressione C32/40( $R_{ck}=400\text{Kg/cm}^2$ )  
a prestazione garantita in accordo alla norma UNI EN 206-1  
Diametro massimo degli inerti < 20 mm.  
Classe di esposizione XC3  
Classe di consistenza S4

### CALCESTRUZZO ELEVAZIONE

Classe di resistenza a compressione C32/40( $R_{ck}=400\text{Kg/cm}^2$ )  
a prestazione garantita in accordo alla norma UNI EN 206-1  
Diametro massimo degli inerti < 20 mm.  
Classe di esposizione XC3  
Classe di consistenza S4

### RESISTENZA DI CALCOLO A COMPRESSIONE DEL CALCESTRUZZO

Per il calcestruzzo la resistenza di calcolo a compressione  $f_{cd}$  è:

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c$$

con:

$\alpha_{cc} = 0.85$  coefficiente riduttivo per le resistenze a lunga durata

$\gamma_c = 1.5$  coefficiente parziale di sicurezza

$f_{ck}$  = resistenza caratteristica cilindrica a compressione del calcestruzzo a 28 giorni

### RESISTENZA DI CALCOLO A TRAZIONE DEL CALCESTRUZZO

Per il calcestruzzo la resistenza di calcolo a trazione  $f_{ctd}$  è:

$$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c$$

$\gamma_c = 1.5$  coefficiente parziale di sicurezza

$f_{ctk}$  = resistenza caratteristica a trazione del calcestruzzo

## ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO B450C

L'acciaio per cemento armato B450C è caratterizzato dai seguenti valori:

Tensione di snervamento  $f_{yk} > 450 \text{ N/mm}^2$  ( $f_{yk} > 4400 \text{ Kg/cm}^2$ )

Tensione di rottura  $f_{tk} > 540 \text{ N/mm}^2$  ( $f_{tk} > 5500 \text{ Kg/cm}^2$ )

Allungamento %  $> 7.5$

## RESISTENZA DI CALCOLO DELL'ACCIAIO

La resistenza di calcolo dell'acciaio  $f_{yd}$  è riferita alla tensione di snervamento ed il suo valore è data da:

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$$

$\gamma_s$  coefficiente parziale di sicurezza dell'acciaio

$f_{yk}$  = è la tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio

## TENSIONE TANGENZIALE DI ADERENZA ACCIAIO-CALCESTRUZZO

La resistenza tangenziale di aderenza di calcolo  $f_{bd}$  vale:

$$f_{bd} = f_{bk} / \gamma_c$$

$\gamma_c$  coefficiente parziale di sicurezza del calcestruzzo

$f_{bk}$  = è la resistenza caratteristica di aderenza  $f_{bd} = 2.25 \cdot \eta \cdot f_{ck}$

Nel caso di armature molto addensate o ancoraggi in zona di calcestruzzo teso, la resistenza di aderenza va ridotta dividendola almeno per 1.5

## PRESCRIZIONI PER L' ACCETTAZIONE DEI MATERIALI

I materiali ed i prodotti debbono rispondere ai requisiti indicati nel cap. 11 del D.M. 17 Gennaio 2018.

## CALCESTRUZZO

Prelievo campioni:

- a) ogni prelievo costituito almeno da due provini
- b) la media delle resistenze a compressione dei due provini rappresenta la resistenza di prelievo R .
- c) ogni controllo di accettazione rappresentato da tre prelievi ciascuno dei quali eseguiti su un massimo di 100 mc di getto di miscela omogenea, risulta quindi un controllo di accettazione ogni 300 mc di getto;
- d) per ogni giorno di getto va comunque effettuato almeno un prelievo (si può derogare dall'obbligo del prelievo giornaliero per costruzioni con meno 100 mc di miscela omogenea, fermo restando il controllo di cui al punto c);
- e) il processo dei provini va eseguito alla presenza del Direttore dei Lavori che provvede alla relazione di apposito verbale di prelievo e dispone l'identificazione dei provini mediante sigle ineliminabili.

Verifiche:

Siano R1, R2, R3 le tre resistenze di prelievo

con  $R1 \mu R2 \mu R3$  e  $R_m = (R1+R2+R3)/3$  .

Il controllo e' positivo ed il quantitativo di conglomerato

accettato se risultano verificate entrambe le disuguaglianze:

$R_m > R_{ck} + 3,5 \text{ N/mm}^2$  ( $R_m > R_{ck} + 35 \text{ Kg/cm}^2$ )

$R1 > R_{ck} - 3,5 \text{ N/mm}^2$  ( $R1 > R_{ck} - 35 \text{ Kg/cm}^2$ )

**ACCIAIO PER C.A.:**

Tutte le forniture di acciai per le quali non sussiste l'obbligo della Marchiatura CE, devono essere accompagnati dalla copia dell'attestato di qualificazione del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici dopo apposite verifiche e dopo essere stati sottoposti a controlli in stabilimento.

Il prodotto può essere immesso sul mercato solo dopo rilascio dell'Attestato di qualificazione, la qualificazione ha validità 5 anni con rinnovo semestrale. La data del certificato deve essere non anteriore di tre mesi a quella di spedizione.

Sono obbligatori controlli in cantiere o nel luogo di lavorazione delle barre, come indicato al punto 11.3.1.5 del D.M. 17/01/2018.

**DISARMI:**

I disarmi debbono essere eseguiti, salvo casi particolari (previa autorizzazione della D.L.), dopo almeno 28 giorni di stagionatura.

**NUOVE MURATURE PORTANTI:**

Le nuove murature portanti saranno realizzate con elementi in mattoni pieni aventi resistenza a compressione  $f_{bk}$  dell'elemento pari a 10 N/mm<sup>2</sup>. I mattoni in laterizio saranno posti in opera con malta cementizia avente classe di resistenza M15.