COMUNE DI CASTEL DI LAMA

PROVINCIA DI ASCOLI PICENO

oggetto

RIPARAZIONE DANNI E MESSA IN SICUREZZA DAL RISCHIO SISMICO DELL'ASILO NIDO "IL PASSEROTTO", SITO IN VIA ADIGE N. 33

Finanziamento promosso dall'art. 9 undertricies del Decreto Legge 24 ottobre 2019 n. 123, a favore dei Comuni con meno di 30.000 abitanti ricedenti nei territori interessati dagli eventi sismici verificatisi a far data dal 24 agosto 2016.

- PROGETTO DEFINITIVO/ESECUTIVO -

il Progettista

Dott. Arch. Marco Amabilli

C.9

elaborato

- RELAZIONE SINTETICA

collaboratore

N°	DATA	REDAZ.	APPROV.	ARCHIVIO
1	29/04/2020	Mar.		C:\nas_mad1\Comuni\2020\Castel Di Lama - AP\messa in sicurezza "IL PASSEROTTO"\prog._Def_Ese.
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				

COMUNE DI CASTEL DI LAMA	RIPARAZIONE DANNI E MESSA IN SICUREZZA DAL RISCHIO SISMICO DELL'ASILO NIDO "IL PASSEROTTO" SITO IN VIA ADIGE N. 33 **RELAZIONE SINTETICA**

Sommario

a. Descrizione del contesto edilizio e delle caratteristiche geologiche, morfologiche e idrogeologiche del sito oggetto di intervento e con l'indicazione di eventuali problematiche riscontrate e delle soluzioni ipotizzate, tenuto conto anche delle indicazioni degli strumenti di pianificazione territoriale, urbanistica e di bacino. 2

b. Descrizione generale della struttura, sia in elevazione che in fondazione, e della tipologia di intervento, con indicazione delle destinazioni d'uso previste per la costruzione, dettagliate per ogni livello entro e fuori terra, e dei vincoli imposti dal progetto architettonico. 4

c. Normativa tecnica e riferimenti tecnici utilizzati, tra cui le eventuali prescrizioni sismiche contenute negli strumenti di pianificazione territoriale, urbanistica e di bacino 8

d. Definizione dei parametri di progetto che concorrono alla definizione dell'azione sismica di base del sito (vita nominale - VN, classe d'uso, periodo di riferimento - VR, categoria del sottosuolo, categoria topografica, amplificazione topografica, zona sismica del sito, coordinate geografiche del sito), delle azioni considerate sulla costruzione e degli eventuali scenari di azioni eccezionali. 8

e. Descrizione dei materiali e dei prodotti per uso strutturale, dei requisiti di resistenza meccanica e di durabilità considerate 12

f. Illustrazione dei criteri di progettazione e di modellazione: classe di duttilità CD, regolarità in pianta ed in alzato, tipologia strutturale, fattore di struttura q e relativa giustificazione, stati limite indagati, giunti di separazione fra strutture contigue, criteri per la valutazione degli elementi non strutturali e degli impianti, requisiti delle fondazioni e collegamenti tra fondazioni, vincolamenti interni e/o esterni, schemi statici adottati 16

g. Indicazione delle principali combinazioni delle azioni in relazione agli SLU e SLE indagati: coefficienti parziali per le azioni, coefficienti di combinazione 18

h. Indicazione motivata del metodo di analisi seguito per l'esecuzione della stessa: analisi lineare o non lineare, analisi statica o dinamica. Riportando la sintesi dei principali risultati. 21

i. Criteri di verifica agli stati limite indagati in presenza di azioni sismiche 24

j. Rappresentazione delle configurazioni deformate e delle caratteristiche di sollecitazione delle strutture più significative, così come emergenti dai risultati delle analisi, sintesi delle verifiche di sicurezza e giudizio motivato di accettabilità dei risultati 26

k. Caratteristiche e affidabilità dei codici di calcolo 44

l. Con riferimento alle strutture geotecniche o di fondazione: fasi di realizzazione dell'opera (se pertinenti), sintesi delle massime pressioni attese, cedimenti e spostamenti assoluti/differenziali, distorsioni angolari, verifiche di stabilità terreno-fondazione eseguite, ed altri aspetti e risultati significativi della progettazione di opere particolari 45

m. Indicazione della categoria di intervento previsto e motivazione della scelta adottata 46

n. Definizione della struttura esistente nel suo insieme, delle eventuali interazioni con altre unità strutturali e delle modalità con cui di ciò si è tenuto conto, dei principali interventi realizzati nel tempo, nonché sintesi delle vulnerabilità riscontrate, derivanti dal rilievo strutturale 46

o. Definizione delle proprietà meccaniche dei materiali costituenti le strutture interessate dall'intervento, in relazione alle eventuali indagini specialistiche condotte o ad altro materiale disponibile, e conseguente determinazione dei livelli di conoscenza e dei corrispondenti fattori di confidenza. 47

p. Risultati più significativi emersi dal confronto tra i livelli di sicurezza pre e post intervento, in condizioni statiche e sismiche 49

a. Descrizione del contesto edilizio e delle caratteristiche geologiche, morfologiche e idrogeologiche del sito oggetto di intervento e con l'indicazione di eventuali problematiche riscontrate e delle soluzioni ipotizzate, tenuto conto anche delle indicazioni degli strumenti di pianificazione territoriale, urbanistica e di bacino.

Il fabbricato oggetto di intervento è sito alla Via Adige del Comune di Castel di Lama. Si tratta di un edificio isolato ed ha le seguenti coordinate geografiche 42,86225° N 13,70987° E. L'intero immobile è di proprietà del Comune di Castel di Lama.

Per la caratterizzazione geologica, morfologica ed idrogeologica dell'area si rimanda alla Relazione Geologica a firma del Dott. Geol. Gianluigi Bartolini ed allegata al presente progetto esecutivo.

INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Il sito in studio, posto ad una quota intorno ai 80 m. s.l.m., l'area in oggetto è ubicata all'interno di una zona urbanizzata; l'uomo infatti ha realizzato a proprio scopo opere accessorie (quali muretti, strade, ecc.) e scarpate antropiche, trasformando le originarie strutture morfologiche e la loro evoluzione nel tempo.
L'area si estende sulla parte più a valle ed al piede del ginocchio di raccordo tra i terrazzi di II^ e di III^ Ordine creati, nei tempi geologici, dal fiume Tronto. L'area interessata, quindi, mostra una bassa pendenza della superficie topografica verso SSE costituendo la fascia terminale del terrazzo alluvionale.
Nonostante la pendenza del ginocchio, l'area oggetto di studio, presenta una morfologia pianeggiante e regolare, senza segni evidenti di movimenti dei terreni superficiali verso valle. Dai sondaggi reperiti, i terreni indagati hanno raggiunto nel tempo un buon equilibrio, a causa, ovviamente, del tipo di sedimentazione che li ha generati. L'area in oggetto, costituisce la parte iniziale della lente alluvionale depositata dal Fiume Tronto, relativa all'antica sponda sinistra del Fiume stesso. In considerazione sia della struttura morfologica che della natura e caratteristiche dei terreni interessati, di seguito descritti, si può assicurare la stabilità dell'area oggetto di studio.
Per le ragioni sopra esposte s'omette la verifica di stabilità del versante, risultando inutile ai fini di una corretta progettazione.

INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il rilevamento geologico effettuato, unito ai sondaggi reperiti, ha permesso la ricostruzione dei terreni presenti nell'area in questione. Come precedentemente detto l'area in esame rientra nella fascia alluvionale terrazzata di II^ e III^ Ordine depositatesi in sinistra idrografica del Fiume Tronto. Dalle indagini eseguite e dai dati forniti dal comune, sia da PRG che da un precedente studio effettuato per la scuola in esame, la stratigrafia dell'area è rappresentata da uno spessore di circa 16 metri di depositi alluvionali e colluviali costituiti da limi e argille limose fino alla profondità di 10,00 m dal p.c. che sovrastano le ghiaie ciottolose alluvionali.

A partire dai 16 metri si hanno le argille grigio-azzurre della formazione pliocenica di base che hanno una inclinazione di circa 10° verso NE.

INQUADRAMENTO IDROLOGICO ED IDROGEOLOGICO

Nell'area in questione è presente una via principale e preferenziale di scorrimento delle acque superficiali e che funge da dreno anche per quelle sotterranee rappresentata dal Fiume Tronto. Rispetto alla zona di studio, la via preferenziale di scorrimento delle acque risulta individuabile nel Fosso Secco, con direttrice di scorrimento nord ovest- sud est; il corso d'acqua sopra citato convoglia le proprie acque nel Fiume Tronto che rappresenta la via principale di drenaggio di tutta l'area in studio.
L'area è costituita da terreni la cui permeabilità aumenta con la profondità, fino alle argille di base, impermeabili. I limi argillosi sedimentati fino a 3.00 metri circa di profondità, per la loro origine colluviale e per il loro grado di alterazione, risultano semipermeabili. I materiali sottostanti, pur spesso francamente argillosi, raggiungono caratteristiche migliori di permeabilità a causa della presenza di frequenti lenti sabbiose che costituiscono delle vie preferenziali di scorrimento delle acque.
La permeabilità è ottima per le sabbie e ghiaie sedimentate sulle argille di base. Le acque superficiali e di diretta precipitazione meteorica, scorrono sul versante considerato con tempi di corrivazione piuttosto brevi e depositano così, verso il piede del versante stesso, i materiali asportati dalla zona terrazzata più alta in quota. Tali acque, percolano in profondità attraverso i materiali semimpermeabili, e, tamponate dal basamento argilloso forma una piccola falda dal battente di m 1.50 circa, che può subire variazioni in occasione di forti piogge prolungate nel tempo. I terreni superficiali, quindi, risultano ben drenati da quelli sottostanti, per cui presentano un contenuto In acqua naturale relativamente basso.

INQUADRAMENTO DELL'AREA RISPETTO AL PAI

Il Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico del Bacino Interregionale del Fiume Tronto (P.A.I.), d'interesse comune alle Regioni Marche, Abruzzo e Lazio, adottato con Delibera del Comitato Istituzionale n. 3 del 07/06/2007, ai sensi dell'art. 18, comma10, della Legge 18 maggio 1989 n.183 e s.m.i, e dell'art. 1.bis della Legge 11 dicembre 2000 n.365, individua e norma le aree a rischio frana ed esondazione.
In base alla suddetta normativa l'area in studio non è interessata da fenomeni franosi né tanto meno da quelli d'esondazione.

b. Descrizione generale della struttura, sia in elevazione che in fondazione, e della tipologia di intervento, con indicazione delle destinazioni d'uso previste per la costruzione, dettagliate per ogni livello entro e fuori terra, e dei vincoli imposti dal progetto architettonico.

Il fabbricato oggetto di intervento è sito alla Via Adige del Comune di Castel di Lama. Si tratta di un edificio isolato ed ha le seguenti coordinate geografiche 42,86225° N 13,70987° E. L'intero immobile è di proprietà del Comune di Castel di Lama. Per una maggiore facilità di comprensione di riporta una descrizione distinta per ciascuno dei due corpi di fabbrica:

EDIFICO A "CORPO PRINCIPALE"

Il fabbricato è costituito da un unico piano con tetto in parte piano ed in parte a diversi spioventi con sovrastante manto impermeabilizzante. La struttura portante è costituita da intelaiatura in c.a. (travi e pilastri) in cui si vanno ad ancorare i solai anch'essi in cemento armato e laterizio di altezza H = 20 + 4 cm con travetti posti ad interasse di 40 cm, il tutto solidale con le fondazioni del tipo a plinti e travi di collegamento. La fondazione del corpo A è a plinti con travi di collegamento aventi sezione 30 x 55 cm. Dagli elaborati di progetto si desume la presenza di quattro tipologie di plinti aventi le seguenti dimensioni geometriche:
100 x 100 x 50 cm
110 x 110 x 50 cm
120 x 120 x 60 cm
140 x 140 x 80 cm

EDIFICO B "AMPLIAMENTO"

Il fabbricato costituisce l'ampliamento del corpo di fabbrica principale e si sviluppa su un unico livello per una superficie di circa 104 mq. La copertura è a doppia falda con sovrastante manto impermeabilizzante. La struttura portante è costituita da intelaiatura in c.a. (travi e pilastri) in cui si vanno ad ancorare i solai anch'essi in cemento armato e laterizio di altezza H = 20 + 4 cm, il tutto solidale con le fondazioni del tipo profondo con pali e cordoli in c.a. nei due versi.
La fondazione del corpo B è del tipo profondo con pali e cordoli di collegamento. Dagli elaborati di progetto si desume che i pali hanno un diametro di 60 cm ed una profondità di 11,50 m. mentre le dimensioni della zattera sono 70 x 70 x 50 cm. Le travi di collegamento hanno una sezione di 40 x 50 cm.

Oltre alle lesioni evidenziate precedentemente e la cui formazione risale all'estate del 2019, già durante il primo sopralluogo si era evidenziata la presenza di un quadro fessurativo probabilmente attribuibile all'evento sismico del 24 agosto 2016 e successivo sciame sismico, caratterizzato dalla presenza di alcune lesioni sulle tamponature perimetrali e tramezzi. Tali lesioni sono costituite da distacchi nell'intelaiatura in alcuni punti superiore ad 1 mm e da lesioni ad andamento diagonale. Oltre ai meccanismi evidenziati si segnala la presenza di una lesione di ampiezza inferiore ad 1mm in corrispondenza del nodo del pilastro n. 32.

Per quanto riguarda lo stato manutentivo complessivo il fabbricato si trova in buono stato di conservazione.

Gli interventi progettuali da eseguire prevedono una serie di interventi che possono così essere riassunti:

1. Rimozione di parte del solaio di copertura e sostituzione con altro in legno
2. Rinforzo delle fondazioni
3. Inserimento setti in c.a.
4. Incamiciatura in c.a.
5. Interventi di ripristino elementi strutturali ammalorati
6. Interventi di finitura

1.1. Interventi in copertura

L'intervento prevede la demolizione di parte del solaio di copertura in latero-cemento ed in particolare della porzione realizzata a forma piramidale con lucernai centrali di forma rotonda. Tale porzione di copertura viene sostituita da altra in legno realizzata con travi in legno lamellare di tipo GL24h e sezione costante 200x240.

1.2. Rinforzo delle fondazioni

Il quadro fessurativo evidenziato ha reso necessario progettare opere di miglioramento sismico anche per le strutture di fondazione. Nello specifico si sono ampliati alcuni plinti di fondazione, sagomando la loro struttura piramidale in una struttura a parallelepipedo ed inserendo in essi dei micropali per ogni plinto, delle dimensioni di 20 cm e tubolare C139 di spessore 5 mm e lunghezza complessiva di 9,50 m. La disponibilità economica non ha consentito di prevedere l'inserimento di n. 4 micropali per plinto, come sarebbe opportuno. Pertanto si è scelto di modulare l'intervento inserendo 4 micropali nei plinti più sollecitati, 3 e 2 micropali nei plinti meno sollecitati e nessun intervento nei plinti più scarichi o che comunque, per essere raggiunti, avrebbero richiesto oneri aggiuntivi sia tecnici che economici.
Nelle relazioni specialistiche di riferimento sono illustrati i risultati dei calcoli che riguardano il progetto delle armature, le verifiche di resistenza degli elementi e le verifiche di portanza relativi ad una fondazione realizzata su plinti. Nonché nei grafici esecutivi sono riportati gli interventi puntuali.

1.3. Inserimento setti in c.a.

L'intervento prevede l'inserimento di due setti, come meglio evidenziato negli elaborati grafici, al solo piano terra. I setti saranno realizzati in c.a. con spessore pari alla larghezza dei pilastri

corrispondenti, senza demolire gli elementi strutturali esistenti ma rendendoli solidali alla maglia strutturale attraverso un sistema di spinotatture.
L'inserimento dei setti ha coniugato la necessità di limitare l'invasività con gli spazi distributivi attuali e le esigenze strutturali; pertanto i tre setti saranno disposti ai lati della struttura.
La loro disposizione nasce in funzione delle esigenze strutturali connesse principalmente agli spostamenti e alle sollecitazioni indotte dal sisma. Essendo, infatti, la struttura particolarmente carente su una delle due direzioni principali a seguito della forma rettangolare sul lato corto e per la presenza di pilastri e travi snelli su tale direzione, i setti avranno un orientamento lungo la direzione corta, nella parte di estremità, per ridurre in particolare gli effetti torsionali e garantire una migliore distribuzione delle masse e delle rigidezze.
Tale intervento consente, inoltre, di ridurre i consolidamenti complessivi, portando così un'invasività limitata ed una complessiva riduzione dei costi.

1.4. Incamiciatura in c.a.

L'intervento prevede il ringrosso di sei pilastri come meglio evidenziato negli elaborati grafici e la posa di armatura aggiuntiva al fine di garantire un aumento della capacità portante verticale, della resistenza a flessione e taglio oltre ad un aumento complessivo della capacità deformativa dell'elemento strutturale.
Questo tipo di intervento si articola nelle seguenti fasi realizzative:

1. Preparazione del supporto mediante demolizione meccanica o manuale del calcestruzzo ammalorato fino ad ottenere una superficie meccanicamente resistente. Al termine di tale operazione il calcestruzzo si dovrà presentare adeguatamente irruvidito, presentando scabrosità di almeno 5 mm.
2. Tutti i ferri d'armatura eventualmente esposti durante le operazioni di demolizione dovranno essere liberati dalla ruggine superficiale
3. Pulizia del calcestruzzo e dei ferri d'armatura da polvere, lattime di cemento, ruggine, grassi, oli, vernici e pitture precedentemente applicate
4. Sigillatura delle eventuali fessure presenti, dopo essere state allargate (per esempio con un flessibile) e dopo aver asportato i residui di polvere, mediante colatura o iniezione di resina epossidica bicomponente superfluida per iniezioni e ancoraggi con successivo spolvero di quarzo a rifiuto (fresco su fresco), in modo da creare una buona superficie di aggrappo per i successivi prodotti
5. Protezione dei ferri d'armatura mediante l'applicazione a pennello di doppia mano di malta cementizia anticorrosiva. I prodotti a base di leganti cementizi, polimeri in polvere e inibitori di corrosione hanno la specifica funzione di impedire la formazione di ossido.
6. Esecuzione delle perforazioni (vd. Particolari costruttivi) per il collegamento delle barre di armature alla struttura esistente e posizionamento delle stesse barre e delle staffe. Le nuove

armature verticali dovranno essere continue in corrispondenza dei piani di solaio e sovrapposte in mezzeria alle colonne.

7. Le staffe andranno chiuse con giunzione assiale in acciaio C45 zincato elettroliticamente, di sezione quadrata, con foro centrale filettato. L'unione meccanica delle staffe avverrà mediante chiodi di diametro 5 mm in acciaio zincato ad alta resistenza inseriti nei relativi fori per mezzo di speciali pinze idrauliche.
8. Casseratura e getto della camicia in calcestruzzo di classe minima C28/35 con spessore non inferiore a 5 cm. Prima di eseguire il getto bagnare il calcestruzzo esistente.

1.5. Interventi di ripristino degli elementi strutturali ammalorati

Le operazioni di ripristino prevedono, innanzitutto, la demolizione di tutto il calcestruzzo degradato fino a raggiungere i ferri d'armatura che andranno accuratamente puliti dalla ruggine e da tutte le sostanze estranee presenti su di essi mediante idonea azione meccanica. Inoltre tutta la superficie interessata va adeguatamente pulita al fine di eliminare polvere e residui di calcestruzzo non coerenti o con completamente rimossi durante la demolizione, così da predisporre un supporto sano, resistente ed a tessitura irregolare con asperità di alcuni mm. Quindi i ferri d'armatura vanno passivati mediante applicazione di malta cementizia anticorrosiva monocomponente per la protezione del ferro. In seguito alla passivazione dei ferri il ripristino del calcestruzzo va realizzato come segue:

1. Saturazione della superficie con acqua, in modo che il sottofondo si presenti saturo a superficie asciutta;
2. Ripristino dello spessore di calcestruzzo asportato con malta tissotropica fibrorinforzata di granulometria fine a ritiro compensato e a media resistenza meccanica
3. Protezione e regolarizzazione dell'intera superficie con malte cementizie bi componenti elastiche da applicare a spatola, pennello o rullo in due mani.
4. Finitura con vernice elastica protettiva e decorativa per calcestruzzo a base di resine acriliche in dispersione acquosa.

Le verifiche di sicurezza nei riguardi del rischio sismico sono state svolte ai sensi del D.M. del 17/01/2018 "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni" e relativa Circolare Min. Infrastrutture 7/19 del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici "Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche delle Costruzioni".
Per la verifica della vulnerabilità sismica dell'edifico Post Operam è stato utilizzato lo stesso modello delle verifiche Ante Operam integrato con gli interventi strutturali di cui sopra.
Gli interventi proposti, come si evince dagli elaborati di calcolo allegati, consentono alla struttura di migliorare il proprio livello di sicurezza così come definito dal Paragrafo 8.4 delle NTC2018 e di raggiungere comunque un livello di vulnerabilità sismica, espresso in termini di rapporto tra capacità e domanda, non inferiore al 60 %.

c. Normativa tecnica e riferimenti tecnici utilizzati, tra cui le eventuali prescrizioni sismiche contenute negli strumenti di pianificazione territoriale, urbanistica e di bacino.

NORMATIVA DI RIFERIMENTO
D.M 17/01/2018 - Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni;
Circ. Ministero Infrastrutture e Trasporti 7 del 21 gennaio 2019

REFERENZE TECNICHE (Cap. 12 D.M. 17.01.2008)
UNI ENV 1992-1-1 - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
UNI EN 206-1/2001 - Calcestruzzo. Specificazioni, prestazioni, produzione e conformità.
UNI EN 1993-1-1 - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
UNI EN 1995-1 – Costruzioni in legno
UNI EN 1998-1 – Azioni sismiche e regole sulle costruzioni
UNI EN 1998-5 – Fondazioni ed opere di sostegno

d. Definizione dei parametri di progetto che concorrono alla definizione dell'azione sismica di base del sito (vita nominale - VN, classe d'uso, periodo di riferimento - VR, categoria del sottosuolo, categoria topografica, amplificazione topografica, zona sismica del sito, coordinate geografiche del sito), delle azioni considerate sulla costruzione e degli eventuali scenari di azioni eccezionali.

L'azione sismica secondo le NTC18 è calcolata, sito per sito, in condizioni di campo libero (assenza di manufatti) su sito di riferimento rigido (categoria A) a superficie topografica orizzontale (categoria T1). Le caratteristiche del moto sismico su sito di riferimento rigido orizzontale sono descritte dalla distribuzione sul territorio nazionale delle grandezze seguenti, sulla base delle quali sono interamente definite le forme spettrali:

ag	Accelerazione massima al sito di riferimento
F0	Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
T*C	Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

Il valore di ag è desunto direttamente dalla pericolosità di riferimento, fornita dallo INGV, mentre le F0 e T*C sono calcolati in modo tale che gli spettri di risposta elastici in accelerazione, velocità e spostamento forniti dalle NTC approssimino al meglio i corrispondenti spettri di risposta elastici in accelerazione, velocità e spostamento derivanti dalla pericolosità di riferimento.

- La **Vita Nominale** della struttura ai sensi del punto 2.4.1 delle NTC intesa *"come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo al quale è destinata"* è posta uguale a 50 anni.

- La **Classe d'Uso** ai sensi del punto 2.4.2 delle NTC è posta uguale a III *"Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi"*.
- **Categoria di suolo C***: Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,eq compresi tra 180 m/s e 360 m/s.*
- **Categoria topografica T1**

SL	TR	ag/g	F0	T*C	TB	TC	TD	SS	ST
SLO	45	0,066	2,434	0,287	0,152	0,455	1,867	1,5	1,0
SLD	75	0,083	2,432	0,305	0,158	0,474	1,934	1,5	1,0
SLV	712	0,203	2,466	0,348	0,172	0,517	2,414	1,398	1,0
SLC	1462	0,26	2,507	0,354	0,175	0,524	2,641	1,309	1,0

Vita Nominale	50
Classe d'Uso	3
Categoria del Suolo	C
Categoria Topografica	1,0
Zona sismica	2
Latitudine del sito oggetto di edificazione	42.85255
Longitudine del sito oggetto di edificazione	13.70987
Spettro di risposta	SLV
Probabilità di superamento periodo di riferimento	10
Tempo di ritorno del sisma	712
Ag/g	0,20
F0	2,47
T_c	0,52

AZIONI SULLA COSTRUZIONE

Si è concordato con il committente che le prestazioni attese nei confronti delle azioni sismiche siano verificate agli stati limite, sia di esercizio che ultimi individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Gli stati limite di esercizio sono:

- Stato Limite di Operatività (S.L.O.)
- Stato Limite di Danno (S.L.D.)

Gli stati limite ultimi sono:

- Stato Limite di salvaguardia della Vita (S.L.V.)

- Stato Limite di prevenzione del Collasso (S.L.C.)

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella successiva tabella:

Stati Limite PVR :		Probabilità di superamento nel periodo di riferimento VR
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Per la definizione delle forme spettrali (spettri elastici e spettri di progetto), in conformità ai dettami del D.M. 17/01/2018 § 3.2.3. sono stati definiti i seguenti termini:

Vita Nominale del fabbricato;
Classe d'Uso del fabbricato;
Categoria del Suolo;
Coefficiente Topografico;
Latitudine e Longitudine del sito oggetto di edificazione.

Si è inoltre concordato che le verifiche delle prestazioni saranno effettuate per le azioni derivanti dalla neve, dal vento e dalla temperatura secondo quanto previsto dal cap. 3 del D.M. 17/01/18 e della Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 21 gennaio 2019 n. 7 per un periodo di ritorno coerente alla classe della struttura ed alla sua vita utile.

DESTINAZIONE D'USO E SOVRACCARICHI PER LE AZIONI ANTROPICHE

Per la determinazione dell'entità e della distribuzione spaziale e temporale dei sovraccarichi variabili si farà riferimento alla tabella del D.M. 17/01/2018 in funzione della destinazione d'uso. I carichi variabili comprendono i carichi legati alla destinazione d'uso dell'opera; i modelli di tali azioni possono essere costituiti da:

- carichi verticali uniformemente distribuiti qk [kN/m2]
- carichi verticali concentrati Qk [kN]
- carichi orizzontali lineari Hk [kN/m]

I valori nominali e/o caratteristici qk, Qk ed Hk di riferimento sono riportati nella Tab. 3.1.II. delle N.T.C. 2018. In presenza di carichi verticali concentrati Qk essi sono stati applicati su impronte di carico appropriate all'utilizzo ed alla forma dello orizzontamento.

In particolare si considera una forma dell'impronta di carico quadrata pari a 50 x 50 mm, salvo che per le rimesse ed i parcheggi, per i quali i carichi si sono applicano su due impronte di 200 x 200 mm, distanti assialmente di 1,80 m.

AZIONE SISMICA

Ai fini delle N.T.C. 2018 l'azione sismica è caratterizzata da 3 componenti traslazionali, due orizzontali contrassegnate da X ed Y ed una verticale contrassegnata da Z, da considerare tra di loro indipendenti.
Le componenti possono essere descritte, in funzione del tipo di analisi adottata, mediante una delle seguenti rappresentazioni:

- accelerazione massima attesa in superficie;
- accelerazione massima e relativo spettro di risposta attesi in superficie;
- accelerogramma.

l'azione in superficie è stata assunta come agente su tali piani.
Le due componenti ortogonali indipendenti che descrivono il moto orizzontale sono caratterizzate dallo stesso spettro di risposta. L'accelerazione massima e lo spettro di risposta della componente verticale attesa in superficie sono determinati sulla base dell'accelerazione massima e dello spettro di risposta delle due componenti orizzontali.
In allegato alle N.T.C. 2018, per tutti i siti considerati, sono forniti i valori dei precedenti parametri di pericolosità sismica necessari per la determinazione delle azioni sismiche.

AZIONI DOVUTE AL VENTO

Le azioni del vento sono state determinate in conformità al §3.3 del D.M. 14/01/08 e della Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 2 febbraio 2009 n. 617. Si precisa che tali azioni hanno valenza significativa in caso di strutture di elevata snellezza e con determinate caratteristiche tipologiche come ad esempio le strutture in acciaio.

AZIONI DOVUTE ALLA TEMPERATURA

È stato tenuto conto delle variazioni giornaliere e stagionali della temperatura esterna, irraggiamento solare e convezione comportano variazioni della distribuzione di temperatura nei singoli elementi strutturali, con un delta di temperatura di 15° C.
Nel calcolo delle azioni termiche, si è tenuto conto di più fattori, quali le condizioni climatiche del sito, l'esposizione, la massa complessiva della struttura, la eventuale presenza di elementi non strutturali isolanti, le temperature dell'aria esterne (Cfr. § 3.5.2), dell'aria interna (Cfr.§ 3.5.3) e la distribuzione della temperatura negli elementi strutturali (Cfr § 3.5.4) viene assunta in conformità ai dettami delle N.T.C. 2008.

NEVE

Il carico provocato dalla neve sulle coperture, ove presente, è stato valutato mediante la seguente espressione di normativa:

$$q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t \qquad \text{(Cfr. §3.3.7)}$$

in cui si ha:
q_s = carico neve sulla copertura;
μ_i = coefficiente di forma della copertura, fornito al (Cfr.§ 3.4.5);
q_{sk} = valore caratteristico di riferimento del carico neve al suolo [kN/m^2], fornito al (Cfr.§ 3.4.2) delle N.T.C. 2008
per un periodo di ritorno di 50 anni;
C_E = coefficiente di esposizione di cui al (Cfr.§ 3.4.3);
C_t = coefficiente termico di cui al (Cfr.§ 3.4.4).

AZIONI ANTROPICHE E PESI PROPRI

Nel caso delle spinte del terrapieno sulle pareti di cantinato (ove questo fosse presente), in sede di valutazione di tali carichi, (a condizione che non ci sia grossa variabilità dei parametri geotecnici dei vari strati così come individuati nella relazione geologica), è stata adottata una sola tipologia di terreno ai soli fini della definizione dei lati di spinta e/o di eventuali sovraccarichi.

e. Descrizione dei materiali e dei prodotti per uso strutturale, dei requisiti di resistenza meccanica e di durabilità considerate.

CONGLOMERATO CEMENTIZIO

Si prescrive l'utilizzo di un conglomerato cementizio confezionato e messo in opera secondo le seguenti modalità:

- Resistenza caratteristica Rck = 30 MPa
- Rapporto acqua/cemento a/c < 0.50
- Dosaggio: ≥350 Kg/m3 Cemento CEM IV/A 42.5 R
- Aggregati assortiti granulometricamente secondo la curva di Bolomey, Diametro massimo degli aggregati F = 25 mm
- Classe di consistenza S4
- Grado di compattazione gc > 0.97, ottenuto come rapporto tra la densità del calcestruzzo della struttura e quella del provino compattato a rifiuto.
- Copriferro minimo 3 cm

Norme per la confezione degli impasti

Per la confezione degli impasti presso la centrale di betonaggio o in cantiere, oltre al dosaggio di cemento necessario a garantire le resistenze richieste, si impiegheranno:

- sabbia: (in regime di circa 0,400 mc/mc.) naturale o di frantoio, pulita e priva di terre, di sostanze organiche, di limi, argille, gessi ed altre sostanze comunque dannose all'indurimento del conglomerato ed alla conservazione delle armature;
- ghiaia: (in ragione di circa 0,800 mc/mc) naturale o di frantoio, ben assortita granulometricamente e con dimensioni massime degli elementi (resistenti, non gelivi, non friabili) commisurate alle caratteristiche geometriche delle carpenterie dei getti ed all'ingombro delle armature. La ghiaia deve essere pulita, priva di terre, di sostanze organiche, di limi, di argille, di gessi e di altre sostanze comunque dannose all'indurimento del conglomerato ed alla conservazione delle armature;
- acqua: deve essere limpida, priva di sali in percentuali dannose e non aggressiva. Il quantitativo di acqua deve essere in ogni caso il minimo necessario a consentire una buona lavorabilità del conglomerato, tenendo conto anche dell'acqua contenuta negli inerti.

Con l'impiego di tali ingredienti si presumono, per i conglomerati delle diverse strutture, resistenze caratteristiche cubiche a 28 giorni di maturazione (da controllare in fase esecutiva in uno dei laboratori ufficiali con le modalità di cui all'allegato 2 al D.M. 1.4.1983) non inferiori a quelle indicate.
Gli impasti saranno preparati e trasportati in modo da escludere pericoli di separazione degli ingredienti o di prematuro inizio della presa al momento del getto; il conglomerato verrà messo in opera a strati di spessore non maggiore di cm. 15 e sarà vibrato. Le superfici dei getti saranno mantenute umide per almeno 3 gg.

Disarmo
Saranno osservate le prescrizioni stabilite dalla vigente normativa.

Caratteristiche meccaniche

- Rck ≥ 30 MPa
- fck≥ 24.90 MPa
- ftmk ≥ 2.55 MPa
- gcSLU = 1.6
- fcd SLU= fck/gc = 15.56 N/mm2
- gc SLE = 1.0
- fcd QP = 0.45fck/gc = 11.21 N/mm2
- fcd RARA = 0.6fck/gc = 14.94 N/mm2

<u>CALCESTRUZZO LEGGERO STRUTTURALE</u>
Calcestruzzo leggero strutturale fibrorinforzato per getti di rinforzo ad alte prestazioni, costituito da premiscelato a base di argilla espansa, inerti naturali, cemento tipo Portland, fibre polimeriche e additivi. Classe di massa volumica del calcestruzzo D1,9 (ca. 1800 kg/m3 secondo UNI EN 206-1), classe di resistenza a compressione certificata L 40/44 (Rck=45 N/mm2 a 28 gg), modulo

elastico certificato 25.000 MPa, conducibilità termica λ 0,70 W/mK. Confezionamento e getto in opera secondo le indicazioni del produttore.

Densità (UNI EN 206-1)	ca 1800 kg/m^3 (classe D 1,9)
Classe di resistentenza (UNI EN 206-1)	L 40/44
Fibrorinforzato	Fibre in polipropilene (40x12x0,2 mm)
Tempo di applicazione	45 minuti
Temperatura di applicazione	da + 5 °C a 35 °C
Resistenza caratteristica a compressione certificata (a 28 gg)	R_{ck} = 45 N/mm^2
Modulo elastico certificato	E = 25.000 N/mm^2
Reazione al fuoco	Euroclasse A1 (incombustibile)
Condizioni di conservazione	In imballi originali, in luogo coperto, fresco, asciutto ed in assenza di ventilazione
Conformità	D.M. 17/01/2019 e Circolare
Copriferro	Almeno 3 cm

BARRE DI ARMATURA

Si utilizzeranno barre ad aderenza migliorata del tipo B450C controllato in stabilimento. Non si devono porre in opera armature ossidate, corrose, recanti difetti superficiali, che ne riducano la resistenza o ricoperte da sostanze che possano ridurne sensibilmente l'aderenza al conglomerato

Caratteristiche meccaniche

- $f_{tk} \geq 540$ MPa
- $f_{yk} \geq 430$ MPa
- $\boldsymbol{g}_{sSLU} = 1.15$
- $f_{yd\ SLU} = f_{yk}/\boldsymbol{g}c = 373.90$ N/mm^2
- $\boldsymbol{g}_{s\ SLE} = 1.0$
- $F_{yd\ RARA} = 0.6f_{yk}/\boldsymbol{g}c = 301$ N/mm^2

GEOMALTA MINERALE

Geomalta minerale certificata, eco-compatibile, colabile, a presa normale, a base di Geolegante a reazione cristallina, a bassissimo contenuto di polimeri petrolchimici ed esente da fibre organiche, specifica per la passivazione, il ripristino e il consolidamento monolitico a durabilità garantita di strutture in calcestruzzo e l'ancoraggio di elementi metallici, tipo GeoLite Magma di Kerakoll Spa, provvista di marcatura CE e conforme ai requisiti prestazionali richiesti dalla Norma EN 1504-7 per la ricostruzione volumetrica degli elementi strutturali in c.a.

Protezione dalla corrosione	EN 15183	Nessuna corrosione
Adesione per taglio	EN 15184	> 80 % del valore della barra nuda

Resistenza a compressione	EN 12190	> 75 Mpa (28 gg)
Resistenza a trazione per flessione	EN 196/1	> 9 Mpa (28 gg)
Legame di aderenza	EN 1542	> 2 Mpa (28 gg)
Modulo elastico a compressione	EN 13412	> 20 GPa
Resistenza allo sfilamento delle barre d'acciaio	EN 1881	< 0,6
Contenuto ioni cloruro	EN 1015-17	< 0,05%

ANCORAGGI

Fissaggio e ancoraggio di elementi metallici in elementi di strutture in calcestruzzo armato mediante applicazione per colaggio di malta minerale eco-compatibile, iperfluida per ancoraggi e ripristini a durabilità garantita di elementi metallici in strutture di calcestruzzo, espansiva con elevate resistenze meccaniche a breve termine e conforme ai requisiti prestazionali richiesti dalla Norma EN 1504-6 e in accordo alla EN 1504-3, per malte strutturali di Classe R4 di tipo CC e PCC.

Resistenza allo sfilamento delle barre d'acciaio	EN 1881	< 0,6
Contenuto ioni cloruro	EN 1015-17	< 0,05%
Resistenza a compressione	EN 12190	> 70 Mpa (28 gg)
Resistenza a trazione per flessione	EN 196/1	> 10 Mpa (28 gg)
Legame di aderenza	EN 1542	> 2 Mpa (28 gg)
Modulo elastico a compressione	EN 13412	> 26 GPa

f. Illustrazione dei criteri di progettazione e di modellazione: classe di duttilità CD, regolarità in pianta ed in alzato, tipologia strutturale, fattore di struttura q e relativa giustificazione, stati limite indagati, giunti di separazione fra strutture contigue, criteri per la valutazione degli elementi non strutturali e degli impianti, requisiti delle fondazioni e collegamenti tra fondazioni, vincolamenti interni e/o esterni, schemi statici adottati

L'analisi per le combinazioni delle azioni permanenti e variabili è stata condotta in regime elastico lineare. Per quanto riguarda le azioni simiche, tenendo conto che per tali azioni si vogliono determinare le prestazioni in termini di capacità in spostamento e di danno per i vari stati limite previsti dalla norma si è reso necessario effettuare un insieme di analisi statiche non lineari incrementali modellando esplicitamente le caratteristiche non lineari degli elementi strutturali.
La struttura è stata modellata con il metodo degli elementi finiti utilizzando vari elementi di libreria specializzati per schematizzare i vari elementi strutturali. In particolare le travi ed i pilastri sono stati schematizzati con elementi asta a due nodi deformabili assialmente, a flessione e taglio, utilizzando funzioni di forma cubiche di Hermite. Tale modello finito ha la caratteristica di fornire la soluzione esatta in campo elastico lineare, per cui non necessita di ulteriori suddivisioni interne degli elementi strutturali.
Per gli elementi strutturali bidimensionali (pareti a taglio, setti, nuclei irrigidenti, piastre o superfici generiche) è stato utilizzato un modello finito a 3 o 4 nodi di tipo shell che modella sia il comportamento membranale (lastra) che flessionale (piastra). Tale elemento finito di tipo isoparametrico è stato modellato con funzioni di forma di tipo polinomiale che rappresentano una soluzione congruente ma non esatta nello spirito del metodo FEM. Per questo tipo di elementi finiti la precisione dei risultati ottenuti dipende dalla forma e densità della MESH. Il metodo è efficiente per il calcolo degli spostamenti nodali ed è sempre rispettoso dell'equilibrio a livello nodale con le azioni esterne.
Nel modello sono stati tenuti in conto i disassamenti tra i vari elementi strutturali schematizzandoli come vincoli cinematici rigidi. La presenza di eventuali orizzontamenti è stata tenuta in conto o con vincoli cinematici rigidi o con modellazione della soletta con elementi SHELL. I vincoli tra i vari elementi strutturali e quelli con il terreno sono stati modellati in maniera congruente al reale comportamento strutturale. I legami costitutivi utilizzati nelle analisi globali finalizzate al calcolo delle sollecitazioni sono del tipo elastico lineare.

DATI GENERALI DI STRUTTURA			
D A T I G E N E R A L I D I S T R U T T U R A			
Massima dimens. dir. X (m)	23,93	Altezza edificio (m)	3,30
Massima dimens. dir. Y (m)	22,71	Differenza temperatura(°C)	15
P A R A M E T R I S I S M I C I			
Vita Nominale (Anni)	50	Classe d' Uso	III Cu=1.5
Longitudine Est (Grd)	13,70987	Latitudine Nord (Grd)	42,86225
Categoria Suolo	C	Coeff. Condiz. Topogr.	1,00000
Sistema Costruttivo Dir.1	C.A.	Sistema Costruttivo Dir.2	C.A.
Regolarita' in Altezza	NO(KR=.8)	Regolarita' in Pianta	NO
Direzione Sisma (Grd)	0	Sisma Verticale	ASSENTE
Effetti P/Delta	NO	Quota di Zero Sismico (m)	0,00000
Tipo Intervento	MIGLIORAMENTO	Tipo Analisi Sismica	PUSH-OVER
Livello Sicurezza Min. (%)	100		
PARAMETRI SPETTRO ELASTICO - SISMA S.L.O.			
Probabilita' Pvr	0,81	Periodo di Ritorno Anni	45,00
Accelerazione Ag/g	0,07	Periodo T'c (sec.)	0,29
Fo	2,43	Fv	0,85
Fattore Stratigrafia'Ss'	1,50	Periodo TB (sec.)	0,15
Periodo TC (sec.)	0,46	Periodo TD (sec.)	1,87
PARAMETRI SPETTRO ELASTICO - SISMA S.L.D.			
Probabilita' Pvr	0,63	Periodo di Ritorno Anni	75,00
Accelerazione Ag/g	0,08	Periodo T'c (sec.)	0,30
Fo	2,43	Fv	0,95
Fattore Stratigrafia'Ss'	1,50	Periodo TB (sec.)	0,16
Periodo TC (sec.)	0,47	Periodo TD (sec.)	1,93
PARAMETRI SPETTRO ELASTICO - SISMA S.L.V.			
Probabilita' Pvr	0,10	Periodo di Ritorno Anni	712,00
Accelerazione Ag/g	0,20	Periodo T'c (sec.)	0,35
Fo	2,47	Fv	1,50
Fattore Stratigrafia'Ss'	1,40	Periodo TB (sec.)	0,17
Periodo TC (sec.)	0,52	Periodo TD (sec.)	2,41
P A R A M E T R I S I S T E M A C O S T R U T T I V O C. A. - D I R. 1			
Classe Duttilita'	MEDIA	Sotto-Sistema Strutturale	Telaio
AlfaU/Alfa1	1,05	Fattore riduttivo KW	1,00
Fattore di comportam 'q'	2,52		
P A R A M E T R I S I S T E M A C O S T R U T T I V O C. A. - D I R. 2			
Classe Duttilita'	MEDIA	Sotto-Sistema Strutturale	Telaio
AlfaU/Alfa1	1,05	Fattore riduttivo KW	1,00
Fattore di comportam 'q'	2,52		
COEFFICIENTI DI SICUREZZA PARZIALI DEI MATERIALI			
Acciaio per carpenteria	1,05	Verif.Instabilita' acciaio:	1,05
Acciaio per CLS armato	1,15	Calcestruzzo CLS armato	1,50
Legno per comb. eccez.	1,00	Legno per comb. fondament.:	1,30
Livello conoscenza	LC2		
FRP Collasso Tipo 'A'	1,10	FRP Delaminazione Tipo 'A'	1,20
FRP Collasso Tipo 'B'	1,25	FRP Delaminazione Tipo 'B'	1,50
FRP Resist. Press/Fless	1,00	FRP Resist. Taglio/Torsione	1,20
FRP Resist. Confinamento	1,10		

g. Indicazione delle principali combinazioni delle azioni in relazione agli SLU e SLE indagati: coefficienti parziali per le azioni, coefficienti di combinazione

Le combinazioni di calcolo considerate sono quelle previste dal D.M. 17/01/2018 per i vari stati limite e per le varie azioni e tipologie costruttive.
In particolare, ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni per cui si rimanda al § 2.5.3 delle N.T.C. 2018. Queste sono:

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (S.L.U.) (2.5.1);
- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (S.L.E.) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili di cui al § 2.7 (2.5.2);
- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (S.L.E.) reversibili (2.5.3);
- Combinazione quasi permanente (S.L.E.), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine (2.5.4);
- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (v. § 3.2 form. 2.5.5);
- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto Ad (v. § 3.6 form. 2.5.6).

Nel caso delle costruzioni civili e industriali le verifiche agli stati limite ultimi o di esercizio devono essere effettuate per la combinazione dell'azione sismica con le altre azioni già fornita in § 2.5.3 e 3.2 delle N.T.C. 2018.
Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai carichi gravitazionali (form. 3.2.17).
La struttura deve essere progettata così che il degrado nel corso della sua vita nominale, purché si adotti la normale manutenzione ordinaria, non pregiudichi le sue prestazioni in termini di resistenza, stabilità e funzionalità, portandole al di sotto del livello richiesto dalle presenti norme.
Le misure di protezione contro l'eccessivo degrado devono essere stabilite con riferimento alle previste condizioni ambientali.
La protezione contro l'eccessivo degrado deve essere ottenuta attraverso un'opportuna scelta dei dettagli, dei materiali e delle dimensioni strutturali, con l'eventuale applicazione di sostanze o ricoprimenti protettivi, nonché con l'adozione di altre misure di protezione attiva o passiva.
La definizione quantitativa delle prestazioni e le verifiche sono riportati nel fascicolo delle elaborazioni numeriche allegate.

<u>COMBINAZIONI DELLE AZIONI SULLA COSTRUZIONE</u>
Le azioni definite come al § 2.5.1 delle N.T.C. 2018 sono state combinate in accordo a quanto definito al § 2.5.3. applicando i coefficienti di combinazione come di seguito definiti:

Categoria/Azione variabile	ψ0j	ψ 1j	ψ 2j
Categoria A Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H Coperture	0,0	0,0	0,0
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

Tabella 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

I valori dei coefficienti parziali di sicurezza γGi e γQj utilizzati nelle calcolazioni sono dati nelle N.T.C. 2018 in § 2.6.1, Tab. 2.6.I.

Le combinazioni di calcolo considerate sono quelle previste dal D.M. 17.01.2018 per i vari stati limite e per le varie azioni e tipologie costruttive. In particolare, ai fini delle verifiche degli stati limite, sono state considerate le combinazioni delle azioni di cui al § 2.5.3 delle NTC 2018, per i seguenti casi di carico:

SLO	NO
SLD	SI
SLV	SI
SLC	NO
Combinazione Rara	SI
Combinazione frequente	SI
Combinazione quasi permanente	SI
SLU terreno A1 – Approccio 1/ Approccio 2	SI

Il sottoscritto progettista ha verificato che le combinazioni prese in considerazione per il calcolo sono sufficienti a garantire il soddisfacimento delle prestazioni sia per gli stati limite ultimi che per gli stati limite di esercizio.
Le combinazioni considerate ai fini del progetto tengono infatti in conto le azioni derivanti dai pesi propri, dai carichi permanenti, dalle azioni variabili, dalle azioni termiche e dalle azioni sismiche combinate utilizzando i coefficienti parziali previsti dalle NTC2018 per le prestazioni di SLU ed SLE.

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

COMBINAZIONI CARICHI A1 - S.L.V. / S.L.D.

DESCRIZIONI	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Peso Strutturale	1,30	1,30	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Perm.Non Strutturale	1,50	1,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Var.Amb.affol.	1,50	1,05	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Var.Neve h<=1000	0,75	1,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Var.Coperture	1,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Corr. Tors. dir. 0	0,00	0,00	1,00	-1,00	1,00	-1,00	1,00	-1,00	1,00	-1,00	-1,00	1,00	-1,00	1,00	-1,00
Corr. Tors. dir. 90	0,00	0,00	0,30	0,30	-0,30	-0,30	-0,30	-0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	-0,30	-0,30	-0,30
Sisma direz. grd 0	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00
Sisma direz. grd 90	0,00	0,00	0,30	0,30	0,30	0,30	-0,30	-0,30	-0,30	-0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	-0,30

COMBINAZIONI CARICHI A1 - S.L.V. / S.L.D.

DESCRIZIONI	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Peso Strutturale	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Perm.Non Strutturale	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Var.Amb.affol.	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Var.Neve h<=1000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Var.Coperture	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Corr. Tors. dir. 0	1,00	-1,00	1,00	0,30	-0,30	0,30	-0,30	0,30	-0,30	0,30	-0,30	-0,30	0,30	-0,30	0,30
Corr. Tors. dir. 90	-0,30	0,30	0,30	1,00	1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	-1,00	-1,00
Sisma direz. grd 0	-1,00	-1,00	-1,00	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	-0,30	-0,30	-0,30	-0,30
Sisma direz. grd 90	-0,30	-0,30	-0,30	1,00	1,00	1,00	1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

COMBINAZIONI CARICHI A1 - S.L.V. / S.L.D.

DESCRIZIONI	31	32	33	34
Peso Strutturale	1,00	1,00	1,00	1,00
Perm.Non Strutturale	1,00	1,00	1,00	1,00
Var.Amb.affol.	0,60	0,60	0,60	0,60
Var.Neve h<=1000	0,00	0,00	0,00	0,00
Var.Coperture	0,00	0,00	0,00	0,00
Corr. Tors. dir. 0	-0,30	0,30	-0,30	0,30
Corr. Tors. dir. 90	-1,00	-1,00	1,00	1,00
Sisma direz. grd 0	-0,30	-0,30	-0,30	-0,30
Sisma direz. grd 90	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00

COMBINAZIONI RARE - S.L.E.

DESCRIZIONI	1	2
Peso Strutturale	1,00	1,00
Perm.Non Strutturale	1,00	1,00
Var.Amb.affol.	1,00	0,70
Var.Neve h<=1000	0,50	1,00
Var.Coperture	1,00	0,00
Corr. Tors. dir. 0	0,00	0,00
Corr. Tors. dir. 90	0,00	0,00
Sisma direz. grd 0	0,00	0,00
Sisma direz. grd 90	0,00	0,00

COMBINAZIONI FREQUENTI - S.L.E.

DESCRIZIONI	1	2
Peso Strutturale	1,00	1,00
Perm.Non Strutturale	1,00	1,00
Var.Amb.affol.	0,70	0,60
Var.Neve h<=1000	0,00	0,20
Var.Coperture	0,00	0,00
Corr. Tors. dir. 0	0,00	0,00
Corr. Tors. dir. 90	0,00	0,00
Sisma direz. grd 0	0,00	0,00
Sisma direz. grd 90	0,00	0,00

COMBINAZIONI PERMANENTI - S.L.E.

DESCRIZIONI	1
Peso Strutturale	1,00
Perm.Non Strutturale	1,00
Var.Amb.affol.	0,60
Var.Neve h<=1000	0,00
Var.Coperture	0,00
Corr. Tors. dir. 0	0,00
Corr. Tors. dir. 90	0,00
Sisma direz. grd 0	0,00
Sisma direz. grd 90	0,00

h. Indicazione motivata del metodo di analisi seguito per l'esecuzione della stessa: analisi lineare o non lineare, analisi statica o dinamica. Riportando la sintesi dei principali risultati.

Tipo di analisi e motivazione

L'analisi per le combinazioni delle azioni permanenti e variabili è stata condotta in regime elastico lineare. Per quanto riguarda le azioni simiche, tenendo conto che per tali azioni si vogliono determinare le prestazioni in termini di capacità in spostamento e di danno per i vari stati limite previsti dalla norma si è reso necessario effettuare un insieme di analisi statiche non lineari incrementali modellando esplicitamente le caratteristiche non lineari degli elementi strutturali.

Metodo di risoluzione della struttura

La struttura è stata modellata con il metodo degli elementi finiti utilizzando vari elementi di libreria specializzati per schematizzare i vari elementi strutturali. In particolare le travi ed i pilastri sono stati schematizzati con elementi asta a due nodi deformabili assialmente, a flessione e taglio, utilizzando funzioni di forma cubiche di Hermite. Tale modello finito ha la caratteristica di fornire la soluzione esatta in campo elastico lineare, per cui non necessita di ulteriori suddivisioni interne degli elementi strutturali.

Per gli elementi strutturali bidimensionali (pareti a taglio, setti, nuclei irrigidenti, piastre o superfici generiche) è stato utilizzato un modello finito a 3 o 4 nodi di tipo shell che modella sia il comportamento membranale (lastra) che flessionale (piastra). Tale elemento finito di tipo isoparametrico è stato modellato con funzioni di forma di tipo polinomiale che rappresentano una soluzione congruente ma non esatta nello spirito del metodo FEM. Per questo tipo di elementi finiti la precisione dei risultati ottenuti dipende dalla forma e densità della MESH. Il metodo è efficiente per il calcolo degli spostamenti nodali ed è sempre rispettoso dell'equilibrio a livello nodale con le azioni esterne.

Nel modello sono stati tenuti in conto i disassamenti tra i vari elementi strutturali schematizzandoli come vincoli cinematici rigidi. La presenza di eventuali orizzontamenti è stata tenuta in conto o con vincoli cinematici rigidi o con modellazione della soletta con elementi SHELL. I vincoli tra i vari elementi strutturali e quelli con il terreno sono stati modellati in maniera congruente al reale comportamento strutturale. I legami costitutivi utilizzati nelle analisi globali finalizzate al calcolo delle sollecitazioni sono del tipo elastico lineare.

Metodo di verifica sezionale

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

Le verifiche degli elementi bidimensionali sono state effettuate direttamente sullo stato tensionale ottenuto, per le azioni di tipo statico e di esercizio. Per le azioni dovute al sisma (ed in genere per le azioni che provocano elevata domanda di deformazione anelastica), le verifiche sono state effettuate sulle risultanti (forze e momenti) agenti globalmente su una sezione dell'oggetto strutturale (muro a taglio, trave accoppiamento, etc.)

Per le verifiche sezionali degli elementi in c.a. ed acciaio sono stati utilizzati i seguenti legami:
Legame parabola rettangolo per il cls
Legame elastico perfettamente plastico o incrudente a duttilità limitata per l'acciaio

SINTESI DEI RISULTATI ANTE OPERAM

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

Tabellina Riassuntiva delle % Massa Eccitata

Il numero dei modi di vibrare considerato (6) ha permesso di mobilitare le seguenti percentuali delle masse della struttura, per le varie direzioni:

DIREZIONE	% MASSA
X	100
Y	100
Z	NON SELEZIONATA

Tabellina riassuntiva delle verifiche SLU

Tipo di Elemento	Non Verif/Totale	STATUS
Travi c.a. Elevazione	0 su 101	VERIFICATO
Pilastri in c.a.	0 su 43	VERIFICATO

Tabellina riassuntiva delle PushOver

Numero PushOver	PgaSLO/Pga81%	PgaSLD/Pga63%	PgaSLV/Pga10%	PgaSLC/Pga5%
Min. PgaSL/Pga%	.837	.665	.272	0

SINTESI DEI RISULTATI POST OPERAM

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

Tabellina Riassuntiva delle % Massa Eccitata

Il numero dei modi di vibrare considerato (3) ha permesso di mobilitare le seguenti percentuali delle masse della struttura, per le varie direzioni:

DIREZIONE	% MASSA
X	100
Y	100

Tabellina riassuntiva delle verifiche SLU

Tipo di Elemento	Non Verif/Totale	STATUS
Travi c.a. Elevazione	0 su 58	VERIFICATO
Pilastri in c.a.	0 su 34	VERIFICATO
Shell in c.a.	0 su 3	VERIFICATO
Aste in Legno	0 su 2	VERIFICATO
Zattera Plinti	0 su 34	VERIFICATO
Pali/Micropali (Plinti)	0 su 25	VERIFICATO

Tabellina riassuntiva delle verifiche SLE

Tipo di Elemento	Non Verif/Totale	STATUS
Travi c.a. Elevazione	0 su 58	VERIFICATO
Pilastri in c.a.	0 su 34	VERIFICATO
Shell in c.a.	0 su 3	VERIFICATO
Aste in Legno	0 su 2	VERIFICATO
Zattera Plinti	0 su 34	VERIFICATO
Pali	0 su 25	VERIFICATO

Tabellina riassuntiva delle PushOver

Numero PushOver	PgaSLO/Pga81%	PgaSLD/Pga63%	PgaSLV/Pga10%	PgaSLC/Pga5%
1	4.686	3.726	1.523	0
2	4.686	3.726	1.523	0
3	2.251	1.79	.732	0
4	2.04	1.622	.663	0
5	4.686	3.726	1.523	0
6	4.686	3.726	1.523	0
7	2.251	1.79	.732	0
8	2.04	1.622	.663	0
9	4.686	3.726	1.523	0
10	4.686	3.726	1.523	0
11	2.02	1.606	.656	0
12	2.225	1.769	.723	0
13	4.686	3.726	1.523	0
14	4.686	3.726	1.523	0
15	2.02	1.606	.656	0
16	2.225	1.769	.723	0
17	4.686	3.726	1.523	0
18	4.686	3.726	1.523	0
19	2.079	1.653	.676	0
20	2.169	1.725	.705	0
21	4.686	3.726	1.523	0
22	4.686	3.726	1.523	0
23	2.079	1.653	.676	0
24	2.169	1.725	.705	0

25	4.686	3.726	1.523	0
26	4.686	3.726	1.523	0
27	1.917	1.524	.623	0
28	2.376	1.889	.772	0
29	4.686	3.726	1.523	0
30	4.686	3.726	1.523	0
31	1.917	1.524	.623	0
32	2.376	1.889	.772	0
Min. PgaSL/Pga%	1.917	1.524	.623	0

i. Criteri di verifica agli stati limite indagati in presenza di azioni sismiche

Il metodo di verifica della sicurezza adottato è quello degli Stati Limite (SL) che prevede due insiemi di verifiche rispettivamente per gli stati limite ultimi S.L.U. e gli stati limite di esercizio S.L.E..
La sicurezza viene quindi garantita progettando i vari elementi resistenti in modo da assicurare che la loro resistenza di calcolo sia sempre maggiore delle corrispondente domanda in termini di azioni di calcolo.
Le norme precisano che la sicurezza e le prestazioni di una struttura o di una parte di essa devono essere valutate in relazione all'insieme degli stati limite che verosimilmente si possono verificare durante la vita normale.
Prescrivono inoltre che debba essere assicurata una robustezza nei confronti di azioni eccezionali.
Le prestazioni della struttura e la vita nominale sono riportati nei successivi tabulati di calcolo della struttura.
La sicurezza e le prestazioni saranno garantite verificando gli opportuni stati limite definiti di concerto al Committente in funzione dell'utilizzo della struttura, della sua vita nominale e di quanto stabilito dalle norme di cui al D.M. 17/01/2018 e successive modifiche ed integrazioni.
In particolare si è verificata:

- la sicurezza nei riguardi degli stati limite ultimi (S.L.U.) che possono provocare eccessive deformazioni permanenti, crolli parziali o globali, dissesti, che possono compromettere l'incolumità delle persone e/o la perdita di beni, provocare danni ambientali e sociali, mettere fuori servizio l'opera. Per le verifiche sono stati utilizzati i coefficienti parziali relativi alle azioni ed alle resistenze dei materiali in accordo a quando previsto dal D.M. 17/01/2018 per i vari tipi di materiale. I valori utilizzati sono riportati nel fascicolo delle elaborazioni numeriche allegate;
- la sicurezza nei riguardi degli stati limite di esercizio (S.L.E.) che possono limitare nell'uso e nella durata l'utilizzo della struttura per le azioni di esercizio. In particolare di concerto con il committente e coerentemente alle norme tecniche si sono definiti i limiti riportati nell'allegato fascicolo delle calcolazioni;

- la sicurezza nei riguardi dello stato limite del danno (S.L.D.) causato da azioni sismiche con opportuni periodi di ritorno definiti di concerto al committente ed alle norme vigenti per le costruzioni in zona sismica;
- robustezza nei confronti di opportune azioni accidentali in modo da evitare danni sproporzionati in caso di incendi, urti, esplosioni, errori umani;

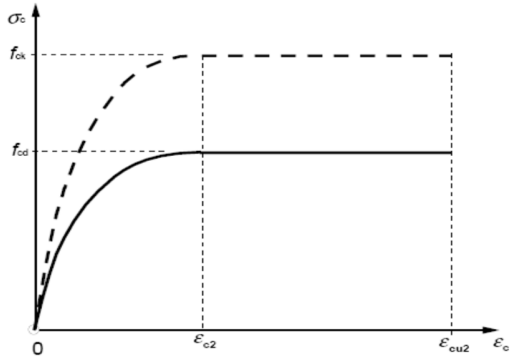
Per quando riguarda le fasi costruttive intermedie la struttura non risulta cimentata in maniera più gravosa della fase finale.

MODELLI DI CALCOLO
Si sono utilizzati come modelli di calcolo quelli esplicitamente richiamati nel D.M. 17/01/2018.

Per quanto riguarda le azioni sismiche ed in particolare per la determinazione del fattore di struttura, dei dettagli costruttivi e le prestazioni sia agli S.L.U. che allo S.L.D. si fa riferimento al D.M. 17/01/18 e alla circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 21 gennaio 2019 n. 7 la quale è stata utilizzata come norma di dettaglio.

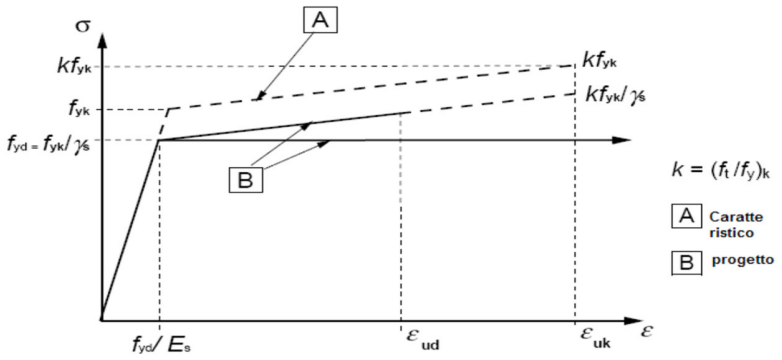
La definizione quantitativa delle prestazioni e le verifiche sono riportati nel fascicolo delle elaborazioni numeriche allegate.

Per le verifiche sezionali i legami utilizzati sono:



Legame costitutivo di progetto parabola-rettangolo per il calcestruzzo.

Il valore □cu2 nel caso di analisi non lineari sarà valutato in funzione dell'effettivo grado di confinamento esercitato dalle staffe sul nucleo di calcestruzzo.

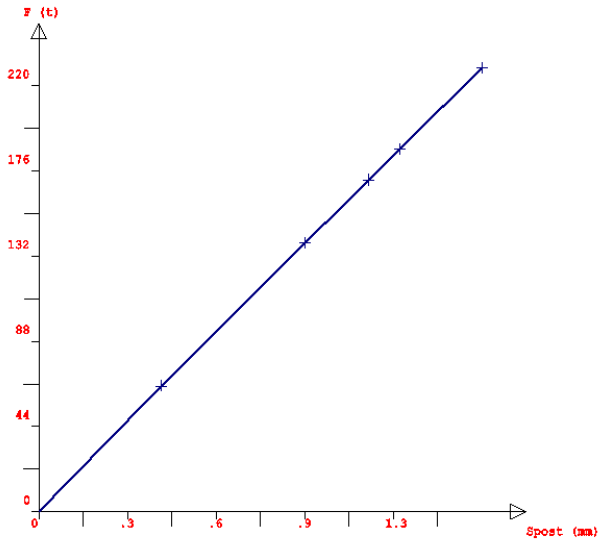


Legame costitutivo di progetto elastico perfettamente plastico o incrudente a duttilità limitata per l'acciaio.

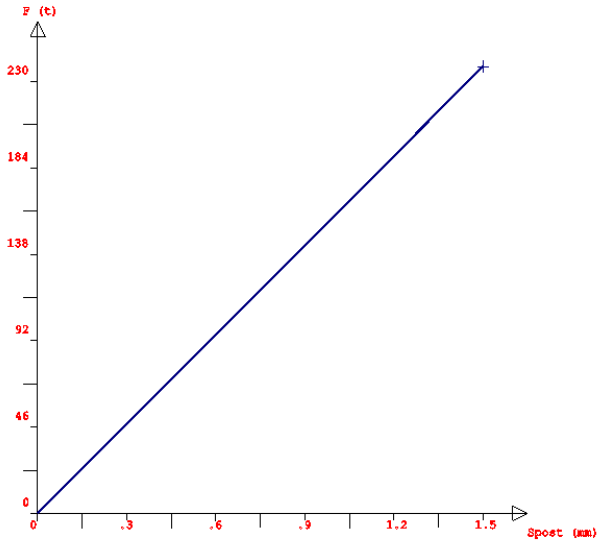
j. Rappresentazione delle configurazioni deformate e delle caratteristiche di sollecitazione delle strutture più significative, così come emergenti dai risultati delle analisi, sintesi delle verifiche di sicurezza e giudizio motivato di accettabilità dei risultati.

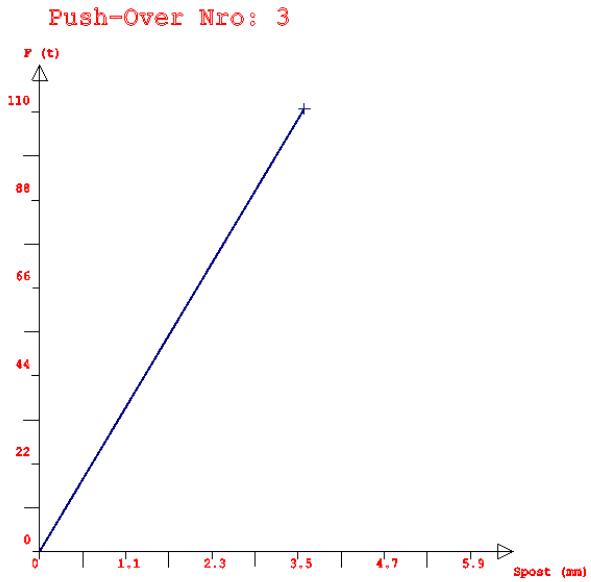
Si riportano le configurazioni relative al solo stato Post Operam. Per informazioni relative allo stato ante operam si rimanda al relativo elaborato

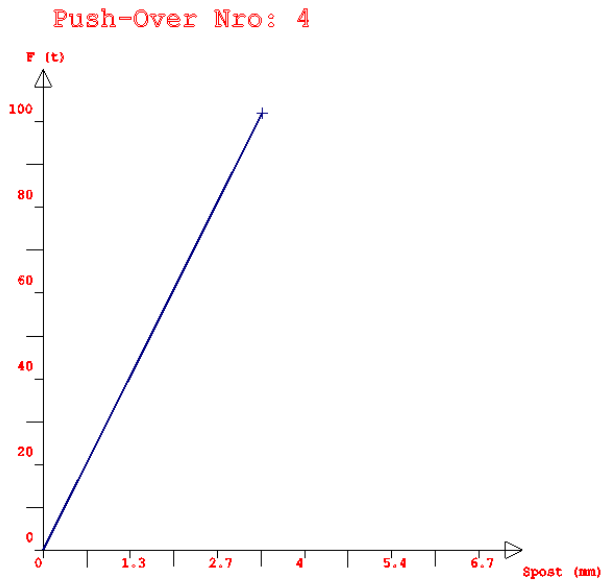
Push-Over Nro: 1



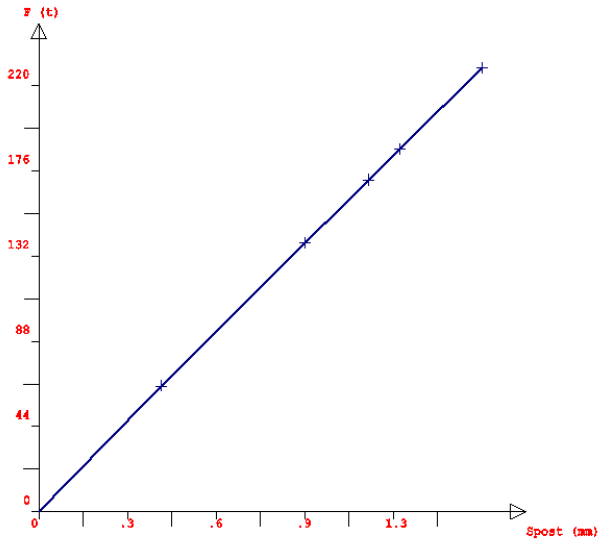
Push-Over Nro: 2



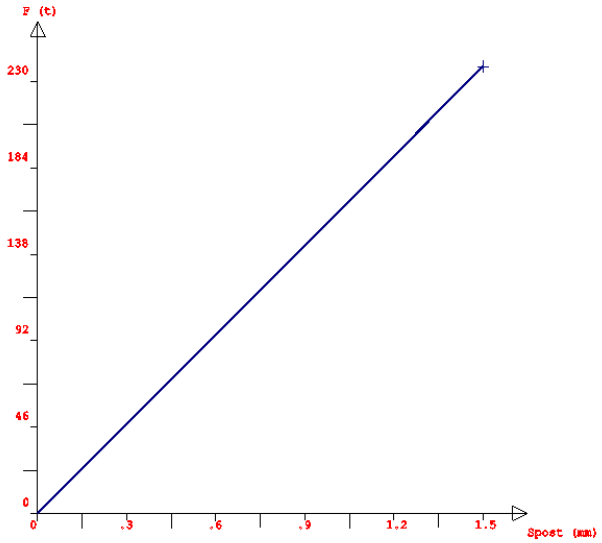

Push-Over Nro: 3
F (t)
110
88
66
44
22
0
0
1.1
2.3
3.5
4.7
5.9
Spost (mm)


Push-Over Nro: 4
F (t)
100
80
60
40
20
0
0
1.3
2.7
4
5.4
6.7
Spost (mm)

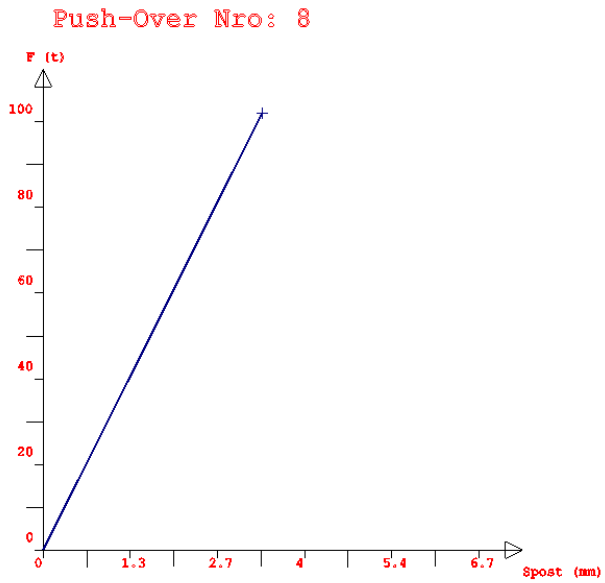
Push-Over Nro: 5

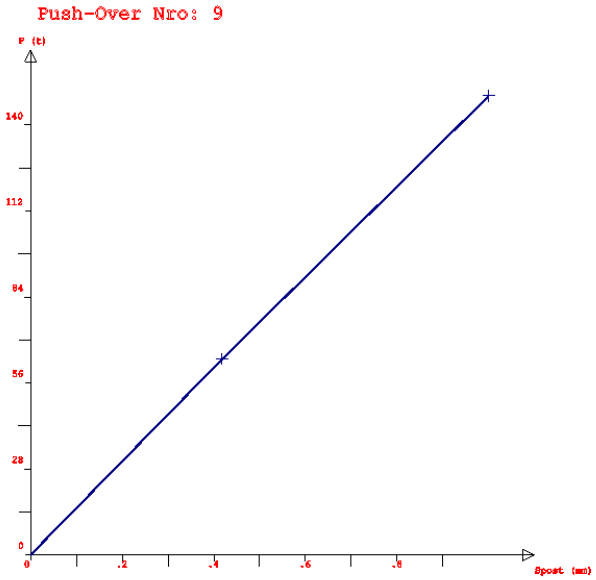


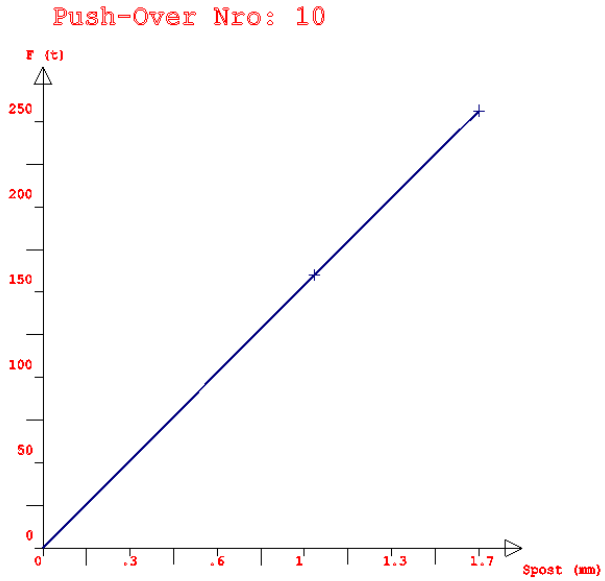
Push-Over Nro: 6

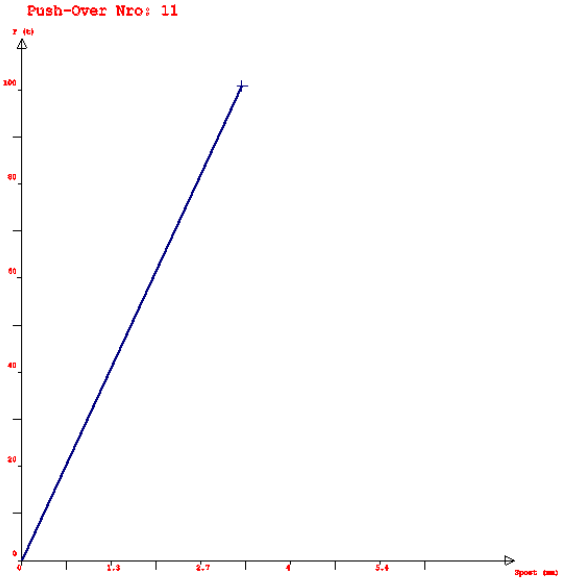


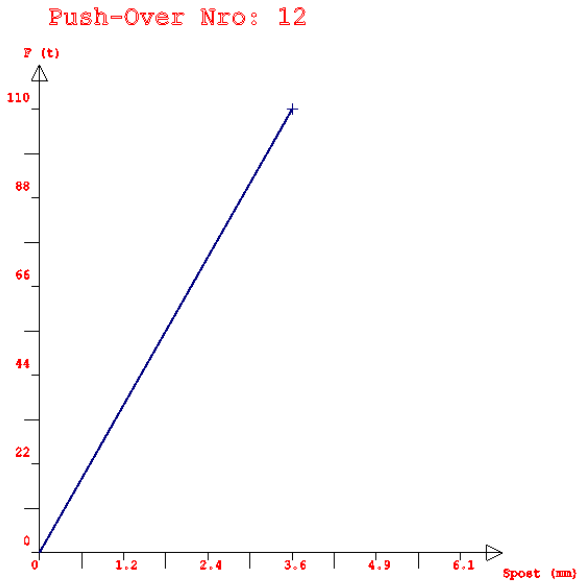
Push-Over Nro: 7
F (t)
110
88
66
44
22
0
0
1.1
2.3
3.5
4.7
5.9
Spost (mm)

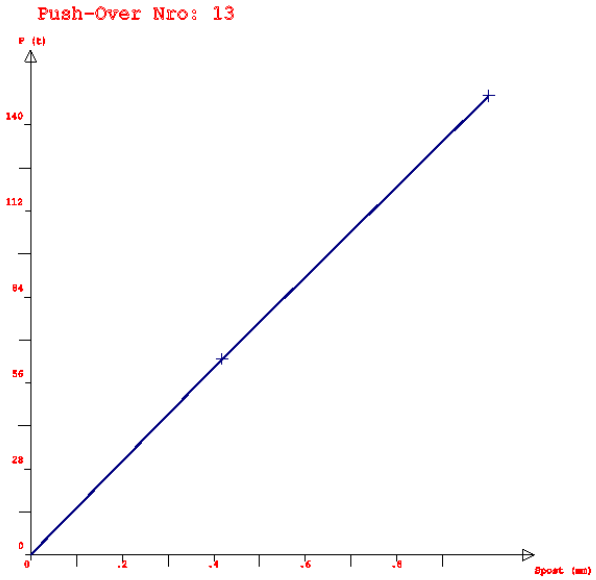

Push-Over Nro: 8
F (t)
100
80
60
40
20
0
0
1.3
2.7
4
5.4
6.7
Spost (mm)

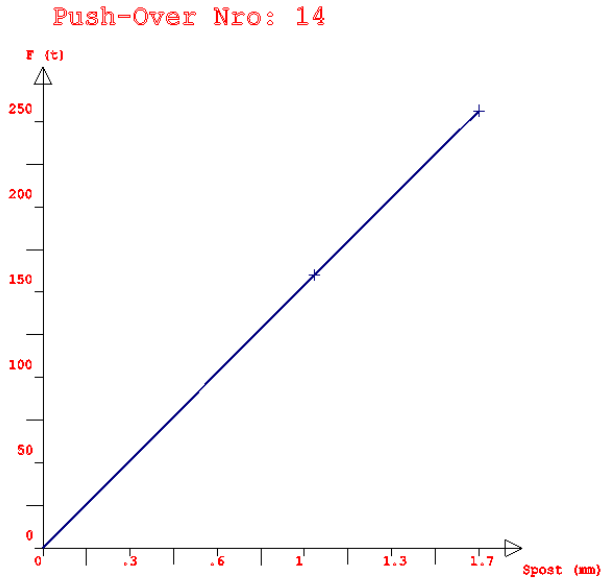

Push-Over Nro: 9
F (t)
140
112
84
56
28
0
0
.2
.4
.6
.8
Spost (mm)

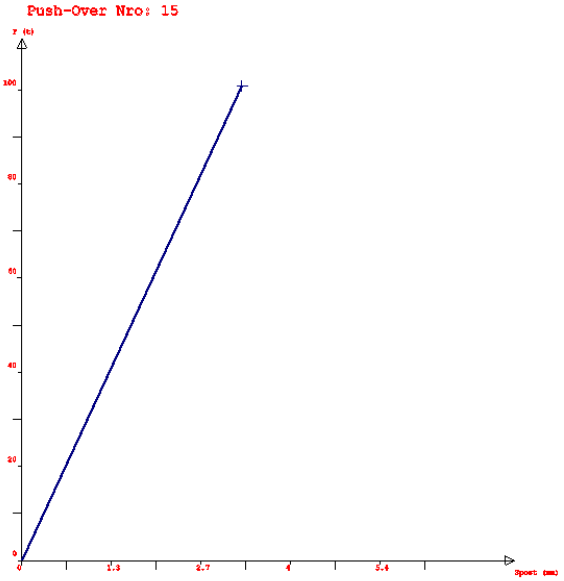

Push-Over Nro: 10
F (t)
250
200
150
100
50
0
0
.3
.6
1
1.3
1.7
Spost (mm)

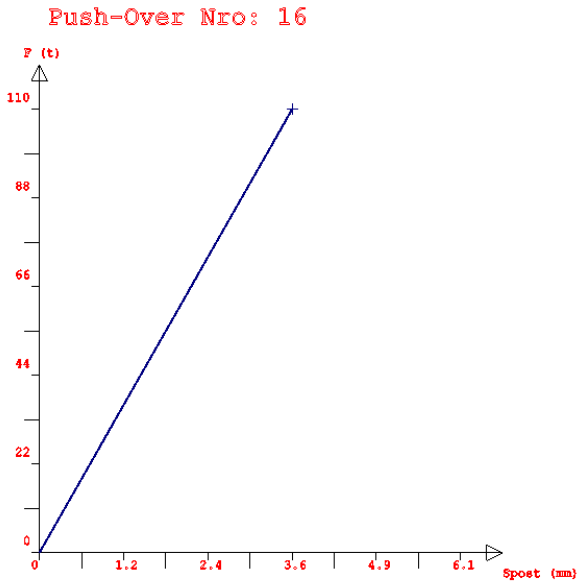

Push-Over Nro: 11


Push-Over Nro: 12
F (t)
110
88
66
44
22
0
0
1.2
2.4
3.6
4.9
6.1
Spost (mm)

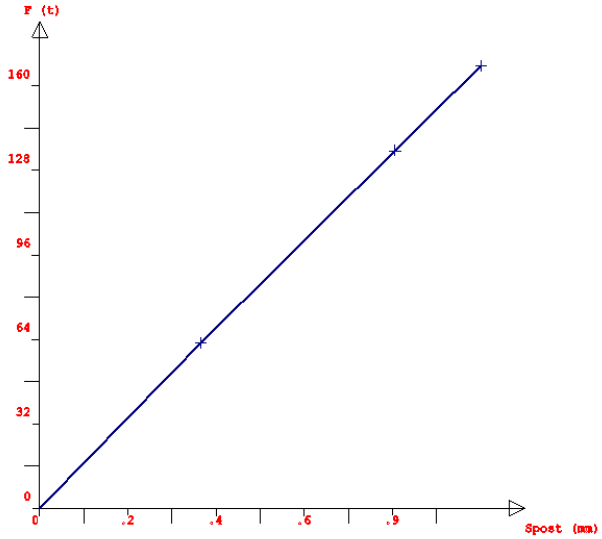

Push-Over Nro: 13
F (t)
140
112
84
56
28
0
0
.2
.4
.6
.8
Spost (mm)


Push-Over Nro: 14
F (t)
250
200
150
100
50
0
0
.3
.6
1
1.3
1.7
Spost (mm)

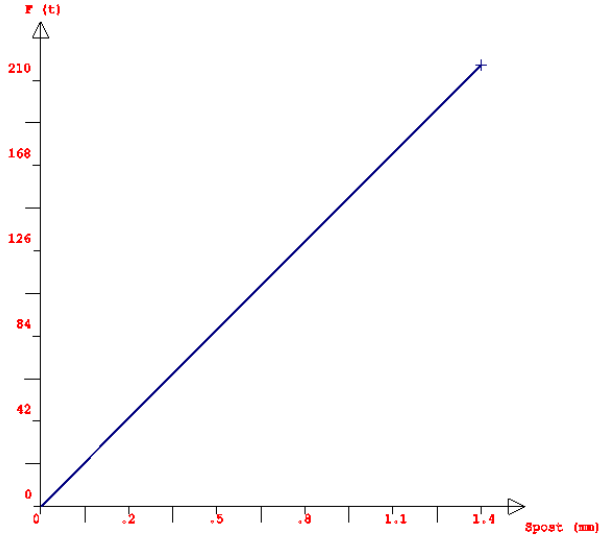

Push-Over Nro: 15


Push-Over Nro: 16
F (t)
110
88
66
44
22
0
0
1.2
2.4
3.6
4.9
6.1
Spost (mm)

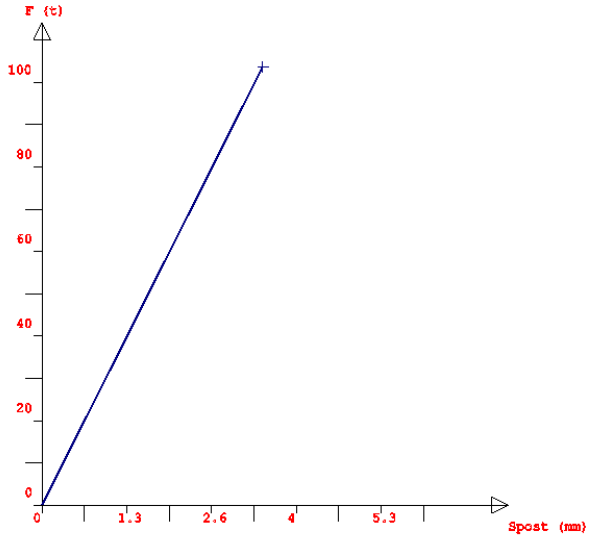
Push-Over Nro: 17



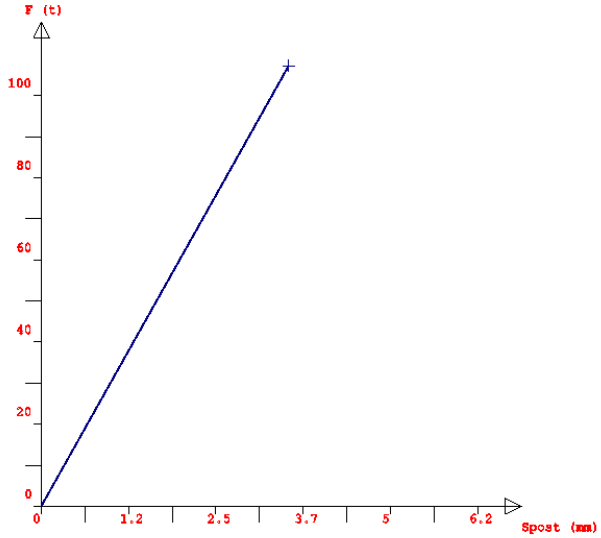
Push-Over Nro: 18



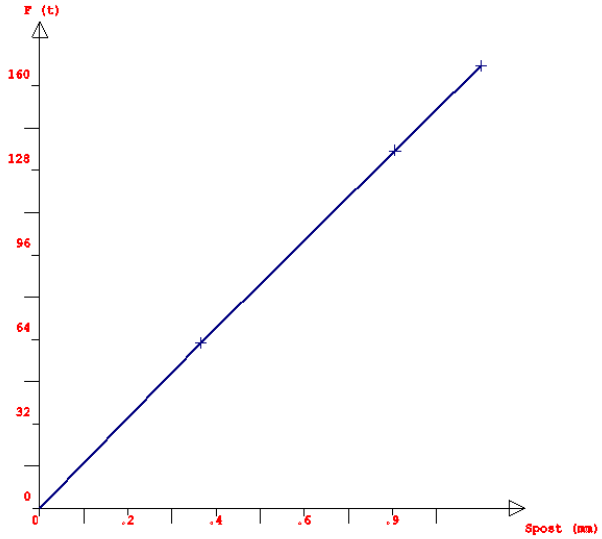
Push-Over Nro: 19



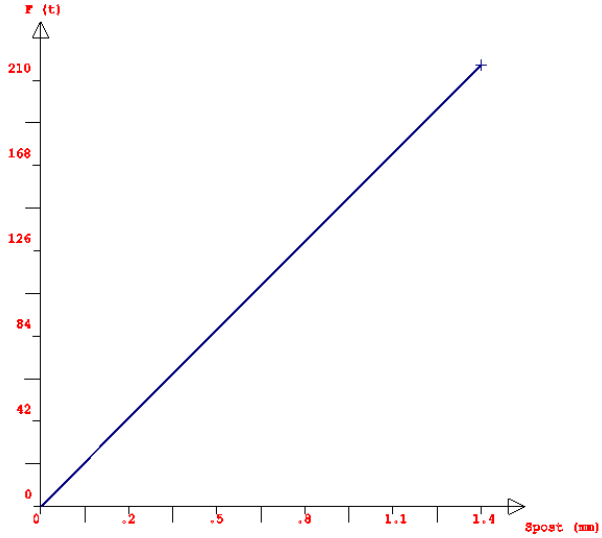
Push-Over Nro: 20



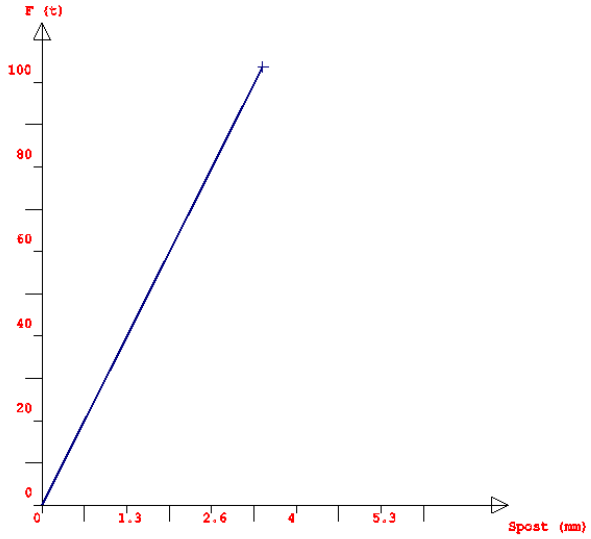
Push-Over Nro: 21



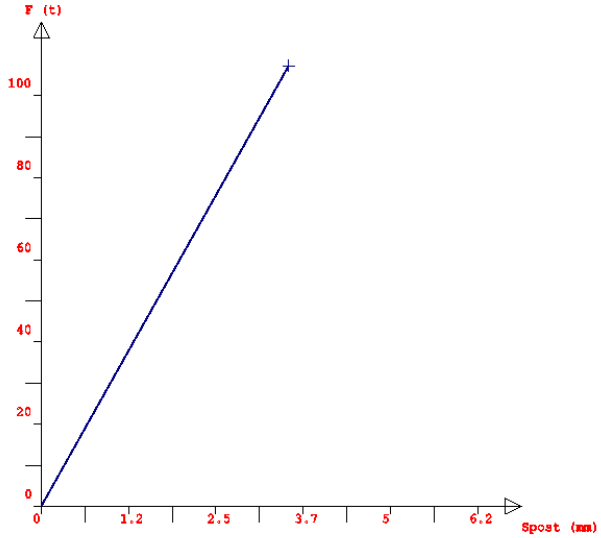
Push-Over Nro: 22

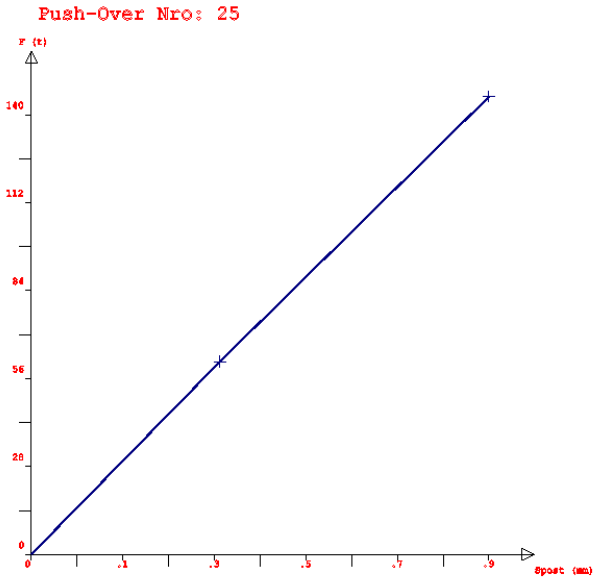


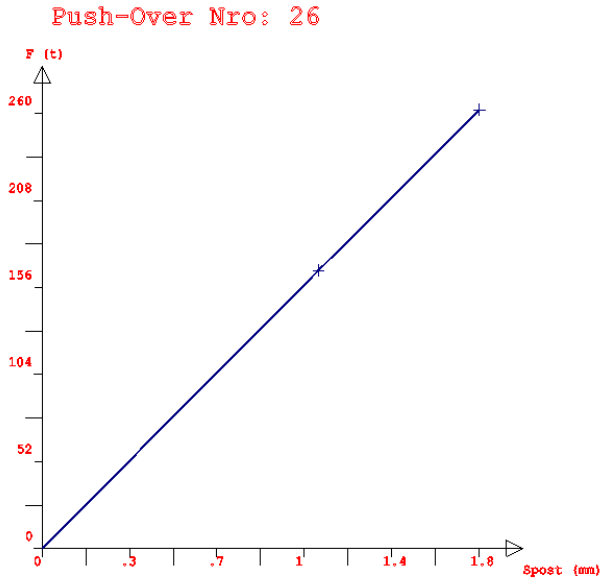
Push-Over Nro: 23

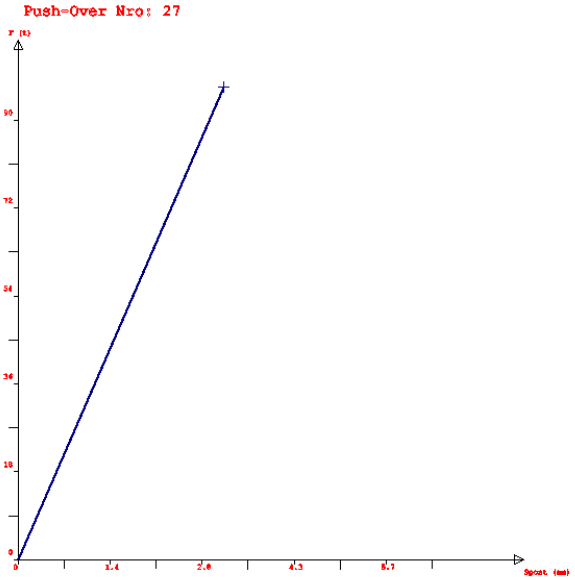


Push-Over Nro: 24

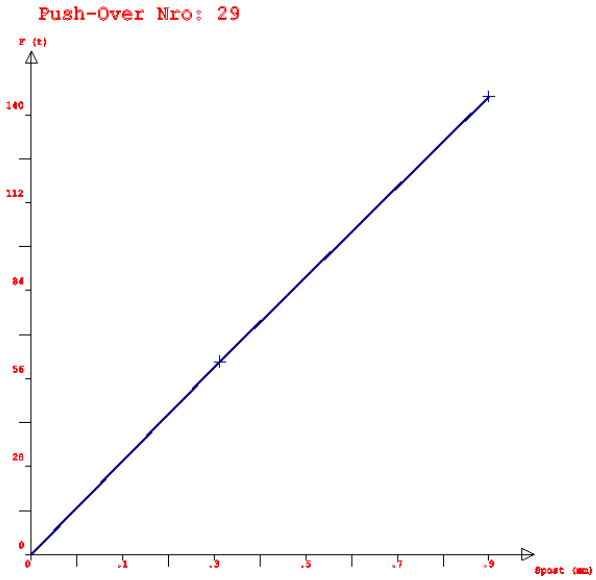


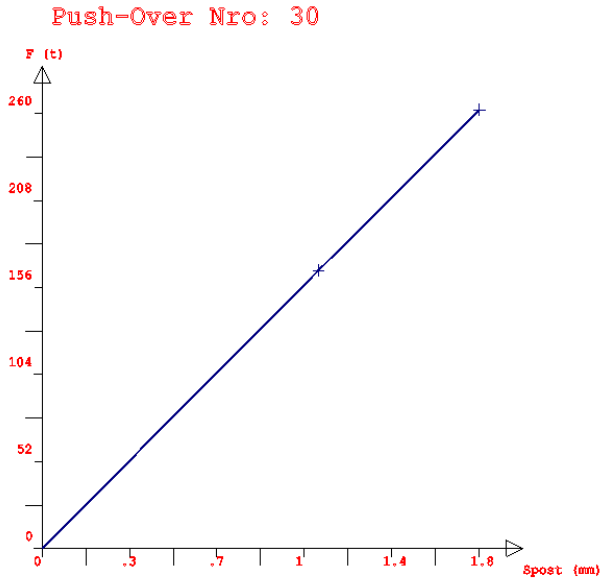

Push-Over Nro: 25
F (t)
140
112
84
56
28
0
0
.1
.3
.5
.7
.9
Spost (mm)

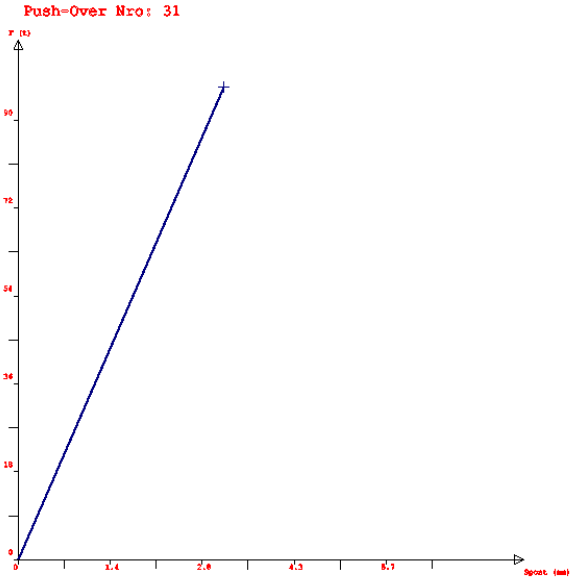

Push-Over Nro: 26
F (t)
260
208
156
104
52
0
0
.3
.7
1
1.4
1.8
Spost (mm)


Push-Over Nro: 27
F (t)
Spost (mm)

Push-Over Nro: 28
F (t)
110
88
66
44
22
0
0
1.1
2.2
3.3
4.4
5.5
Spost (mm)


Push-Over Nro: 29
F (t)
140
112
84
56
28
0
0
.1
.3
.5
.7
.9
Spost (mm)


Push-Over Nro: 30
F (t)
260
208
156
104
52
0
0
.3
.7
1
1.4
1.8
Spost (mm)


Push-Over Nro: 31
F (t)
90
72
54
36
18
0
0
1.4
2.8
4.3
5.7
Spost (mm)

Push-Over Nro: 32
F (t)
110
88
66
44
22
0
0
1.1
2.2
3.3
4.4
5.5
Spost (mm)

Giudizio motivato di accettabilità

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

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

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

Si è inoltre riscontrato che le reazioni vincolari sono in equilibrio con i carichi applicati, e che i valori dei taglianti di base delle azioni sismiche sono confrontabili con gli omologhi valori ottenuti da modelli SDOF semplificati.

Sono state inoltre individuate un numero di travi ritenute significative e, per tali elementi, è stata effettuata una apposita verifica a flessione e taglio.

Le sollecitazioni fornite dal solutore per tali travi, per le combinazioni di carico indicate nel tabulato di verifica del CDSWin, sono state validate effettuando gli equilibri alla rotazione e traslazione delle dette travi, secondo quanto meglio descritto nel calcolo semplificato, allegato alla presente relazione.

Si sono infine eseguite le verifiche di tali travi con metodologie semplificate e, confrontandole con le analoghe verifiche prodotte in automatico dal programma, si è potuto riscontrare la congruenza di tali risultati con i valori riportati dal software.

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

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

k. Caratteristiche e affidabilità dei codici di calcolo

Produttore	S.T.S. srl
Titolo	CDSWin
Versione	Rel. 2019
Nro Licenza	17821

Ragione sociale completa del produttore del software:
S.T.S. s.r.l. Software Tecnico Scientifico S.r.l.
Via Tre Torri n°11 – Complesso Tre Torri
95030 Sant'Agata li Battiati (CT).

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

Validazione dei codici
L' opera in esame non è di importanza tale da necessitare un calcolo indipendente eseguito con altro software da altro calcolista.

l. Con riferimento alle strutture geotecniche o di fondazione: fasi di realizzazione dell'opera (se pertinenti), sintesi delle massime pressioni attese, cedimenti e spostamenti assoluti/differenziali, distorsioni angolari, verifiche di stabilità terreno-fondazione eseguite, ed altri aspetti e risultati significativi della progettazione di opere particolari

Il quadro fessurativo evidenziato ha reso necessario progettare opere di miglioramento sismico anche per le strutture di fondazione. Nello specifico si sono ampliati alcuni plinti di fondazione, sagomando la loro struttura piramidale in una struttura a parallelepipedo ed inserendo in essi dei micropali per ogni plinto, delle dimensioni di 20 cm e tubolare C139 di spessore 5 mm e lunghezza complessiva di 9,50 m. La disponibilità economica non ha consentito di prevedere l'inserimento di n. 4 micropali per plinto, come sarebbe opportuno. Pertanto si è scelto di modulare l'intervento inserendo 4 micropali nei plinti più sollecitati, 3 e 2 micropali nei plinti meno sollecitati e nessun intervento nei plinti più scarichi o che comunque, per essere raggiunti, avrebbero richiesto oneri aggiuntivi sia tecnici che economici.
Nelle relazioni specialistiche di riferimento sono illustrati i risultati dei calcoli che riguardano il progetto delle armature, le verifiche di resistenza degli elementi e le verifiche di portanza relativi ad una fondazione realizzata su plinti. Nonché nei grafici esecutivi sono riportati gli interventi puntuali.

VERIFICA PORTANZA PALI

VERIFICA PORTANZA PALI E MICROPALI

IDENTIFICAT			CARICO LUNGO L'ASSE DEL PALO								CARICO ORTOGONALE ALL'ASSE							VERIFICA SLD					Q MAX SLE	
Filo N.	Fi cm	Int cm	Cmas	Qpunt	Qlatt	Coef Grup	Qlimt	QEulet	Qest	Coef Sic.	Cmor	Qagt	Coef Grup	Qlimt	Qesot	Coef Sicu	STA TUS	Combt	Qlimt	Qmax SLD	Coef Sic.	STA TUS	Cmb SLE	QmxSLEt
1	0	40	22	0,0	86,1	0,70	44,9	407,4	6,8	6,6	34	169,4	0,70	91,9	0,4	215,1	OK	22	44,9	6,6	6,8	OK	1	3,9
2	0	40	1	0,0	86,1	0,70	44,9	407,4	6,3	7,1	28	169,4	0,70	91,9	0,2	462,9	OK	1	44,9	6,3	7,1	OK	1	4,6
3	0	40	1	0,0	86,1	0,70	44,9	407,4	6,1	7,4	34	169,4	0,70	91,9	0,3	335,7	OK	1	44,9	6,1	7,4	OK	1	4,5
7	0	40	1	0,0	86,1	0,70	44,9	407,4	7,2	6,2	29	169,4	0,70	91,9	0,6	150,2	OK	12	44,9	7,2	6,2	OK	1	5,3
8	0	40	1	0,0	86,1	0,70	44,9	407,4	8,8	5,1	34	169,4	0,70	91,9	0,4	211,7	OK	1	44,9	8,8	5,1	OK	1	6,4
9	0	40	1	0,0	86,1	0,70	44,9	407,4	8,2	5,5	1	169,4	0,70	91,9	0,3	333,2	OK	1	44,9	8,2	5,5	OK	1	5,9
11	0	40	1	0,0	86,1	0,70	44,9	407,4	6,3	7,1	24	169,4	0,70	91,9	0,3	293,6	OK	1	44,9	6,3	7,1	OK	1	4,7
12	0	40	1	0,0	86,1	0,70	44,9	407,4	5,1	8,8	29	169,4	0,70	91,9	0,3	296,6	OK	1	44,9	5,1	8,8	OK	1	3,7
13	0	40	1	0,0	86,1	0,70	44,9	407,4	6,7	6,7	29	169,4	0,70	91,9	0,3	294,1	OK	1	44,9	6,7	6,7	OK	1	4,8
14	0	40	1	0,0	86,1	0,70	44,9	407,4	7,4	6,1	22	169,4	0,70	91,9	0,2	481,5	OK	1	44,9	7,4	6,1	OK	1	5,4
15	0	40	1	0,0	86,1	0,70	44,9	407,4	7,2	6,3	28	169,4	0,70	91,9	0,3	321,2	OK	1	44,9	7,2	6,3	OK	1	5,1
16	0	40	1	0,0	86,1	0,70	44,9	407,4	5,5	8,2	29	169,4	0,70	91,9	0,2	434,2	OK	1	44,9	5,5	8,2	OK	1	4,0
20	0	40	1	0,0	86,1	1,00	63,7	407,4	11,2	5,7	29	169,4	1,00	130,3	0,7	197,7	OK	1	63,7	11,2	5,7	OK	1	8,3
21	0	40	1	0,0	86,1	0,70	44,9	407,4	5,1	8,9	34	169,4	0,70	91,9	0,3	268,9	OK	1	44,9	5,1	8,9	OK	1	3,6
25	0	40	15	0,0	86,1	0,70	44,9	407,4	7,5	6,0	34	169,4	0,70	91,9	0,6	158,0	OK	15	44,9	7,5	6,0	OK	1	5,4
26	0	40	25	0,0	86,1	0,70	44,9	407,4	8,1	5,6	25	169,4	0,70	91,9	0,4	210,1	OK	25	44,9	7,9	5,7	OK	1	5,6
27	0	40	1	0,0	86,1	0,70	44,9	407,4	4,8	9,3	25	169,4	0,70	91,9	0,3	355,5	OK	1	44,9	4,8	9,3	OK	1	3,6
28	0	40	25	0,0	86,1	0,70	44,9	407,4	10,9	4,1	25	169,4	0,70	91,9	0,6	150,2	OK	25	44,9	10,5	4,3	OK	1	5,9
29	0	40	1	0,0	86,1	0,70	44,9	407,4	12,4	3,6	29	169,4	0,70	91,9	0,5	188,2	OK	1	44,9	12,4	3,6	OK	1	8,8
30	0	40	19	0,0	86,1	0,70	44,9	407,4	10,5	4,3	28	169,4	0,70	91,9	0,8	117,8	OK	19	44,9	10,0	4,5	OK	1	7,0
32	0	40	1	0,0	86,1	0,70	44,9	407,4	12,5	3,6	24	169,4	0,70	91,9	0,4	208,8	OK	1	44,9	12,5	3,6	OK	1	8,9
33	0	40	1	0,0	86,1	0,70	44,9	407,4	10,9	4,1	24	169,4	0,70	91,9	0,7	126,0	OK	1	44,9	10,9	4,1	OK	1	7,8
34	0	40	1	0,0	86,1	0,70	44,9	407,4	10,5	4,3	28	169,4	0,70	91,9	0,8	119,5	OK	1	44,9	10,5	4,3	OK	1	7,6
35	0	40	1	0,0	86,1	0,70	44,9	407,4	10,1	4,4	24	169,4	0,70	91,9	0,7	124,5	OK	1	44,9	10,1	4,4	OK	1	7,2
36	0	40	28	0,0	86,1	0,70	44,9	407,4	9,8	4,6	24	169,4	0,70	91,9	0,7	134,9	OK	28	44,9	9,4	4,8	OK	1	5,3

VERIFICA PORTANZA PALI

VERIFICA PORTANZA PALI E MICROPALI

IDENTIFICATIVO				CARICO LUNGO L'ASSE DEL PALO								CARICO ORTOGONALE ALL'ASSE DEL PALO						
Crit. N.	Tipo Elem.	Diam cm	Int. cm	Cmbass	Qpunt	Qlatt	Coeff Grupp	Qlimt	QEulert	Qest	Coeff Sicur	Cmbort	Qagt	Coeff Grupp	Qlimt	Qesot	Coeff Sicur	STATUS VERIFICA
2	PLIN	24	40	28	0,0	86,1	0,70	44,9	407,4	12,5	3,6	1	169,4	0,70	91,9	0,8	117,8	OK

m. Indicazione della categoria di intervento previsto e motivazione della scelta adottata

Il seguente progetto prevede l'attuazione di interventi atti al ripristino dell'agibilità e miglioramento sismico dell'edificio così come definito dal paragrafo 8.4.2. delle NTC e comunque un livello di vulnerabilità sismica, espresso in termini di rapporto tra capacità e domanda, non inferiore al 60 %.

Le strutture sono verificate staticamente secondo la normativa vigente (DM 17.01.2018) allo Stato Limite Ultimo, considerati la ancora discreta qualità dei materiali e la regolarità dell'edificio.
Ai fini della Valutazione della sicurezza sismica, nonostante l'edificio presenti un quadro fessurativo piuttosto limitato in conseguenza degli eventi sismici succedutisi dal 24/08/2016, i risultati delle verifiche, effettuate secondo la normativa vigente, hanno portato a valori di capacità degli edifici trascurabili a causa delle seguenti principali criticità intrinseche:

- Le travi e pilastri hanno una armatura a taglio e flessione inadeguata;
- I nodi non risultano confinati;
- Capacità portante delle fondazioni insufficiente

	DOMANDA DEL SITO	SLV	0.203		
	CAPACITA DELLA STRUTTURA	SLV	0.055		
PGA=	ACC. SOPPORTABILE	**0.055**	=	**0.272**	INDICATORE DI RISCHIO STATO ATTUALE
	ACCELERAZIONE DEL SITO	**0.203**			

In riferimento alle verifiche effettuate i risultati appaiono congrui alla luce dell'epoca di costruzione, dei dettagli costruttivi, delle proprietà meccaniche dei materiali e della disposizione e quantità delle armature. Il fabbricato presenta un indice di vulnerabilità molto basso e soprattutto una scarsa capacità di opporsi alle azioni sismiche a causa dell'attivazione, anche in corrispondenza di accelerazioni molto basse, di rotture fragili a taglio nei nodi ma anche a flessione nelle travi e negli stessi pilastri.

n. Definizione della struttura esistente nel suo insieme, delle eventuali interazioni con altre unità strutturali e delle modalità con cui di ciò si è tenuto conto, dei principali interventi realizzati nel tempo, nonché sintesi delle vulnerabilità riscontrate, derivanti dal rilievo strutturale

Esauriente descrizione del fabbricato è riportata al punto a) della stessa relazione

o. Definizione delle proprietà meccaniche dei materiali costituenti le strutture interessate dall'intervento, in relazione alle eventuali indagini specialistiche condotte o ad altro materiale disponibile, e conseguente determinazione dei livelli di conoscenza e dei corrispondenti fattori di confidenza.

Il fabbricato è realizzato con struttura portante in c.a. In relazione alle dimensioni in pianta e richiamata la Circolare n° 7 del 21/01/2019 è stato predisposto il piano di indagini per la caratterizzazione dei materiali e per il raggiungimento di un livello di conoscenza LC2.
Le prove effettuate hanno permesso di ridurre il numero di rilievi delle strutture. Sono state programmate delle indagini pacometriche per la verifica delle geometrie di armatura sul 50 % di travi e pilastri.

Carotaggi
La caratterizzazione dei materiali è stata effettuata mediante l'esecuzione di n. 4 carotaggi sulle strutture in c.a.
Le percentuali di elementi da verificare ed il numero di provini da estrarre e sottoporre a prove di resistenza riportati nella Tabella C8A.1. 3 hanno valore indicativo e vanno adattati ai singoli casi, tenendo conto dei seguenti aspetti:
Nel controllo del raggiungimento delle percentuali di elementi indagati ai fini del rilievo dei dettagli costruttivi si tiene conto delle eventuali situazioni ripetitive, che consentano di estendere ad una più ampia percentuale i controlli effettuati su alcuni elementi strutturali facenti parte di una serie con evidenti caratteristiche di ripetibilità, per uguale geometria e ruolo nello schema strutturale.
Le prove sugli acciai sono finalizzate all'identificazione della classe dell'acciaio utilizzata con riferimento alla normativa vigente all'epoca di costruzione. Ai fini del raggiungimento del numero di prove sull'acciaio necessario per il livello di conoscenza è opportuno tener conto dei diametri (nelle strutture in c.a.) o dei profili (nelle strutture in acciaio) di più diffuso impiego negli elementi principali con esclusione delle staffe.
Il numero di provini riportato nelle tabelle 8A.3a e 8A.3b può esser variato, in aumento o in diminuzione, in relazione alle caratteristiche di omogeneità del materiale. Nel caso del calcestruzzo in opera tali caratteristiche sono spesso legate alle modalità costruttive tipiche dell'epoca di costruzione e del tipo di manufatto, di cui occorrerà tener conto nel pianificare l'indagine. Sarà opportuno, in tal senso, prevedere l'effettuazione di una seconda campagna di prove integrative, nel caso in cui i risultati della prima risultino fortemente disomogenei.
Le posizioni delle indagini eseguite sono riportate nei rapporti di prova STRU allegati.

Campagna di provini in sito:

Sigla	Resistenza di laboratorio f_c [MPa]	D [mm]	h [mm]	h/D [ ]	Resistenza cilindrica di laboratorio [MPa]	Resistenza cubica di laboratorio [MPa]	F_d calcolato	Resistenza cilindrica di sito f_{cis} [MPa]	Resistenza cubica in sito R_{car} [MPa]
C1	19,95	80,0	80,5	1,006	16,58	19,98	1,090	18,08	21,78
C2	17,67	80,0	81,0	1,013	14,70	17,71	1,092	16,06	19,35
C3	18,62	80,0	80,5	1,006	15,48	18,64	1,091	16,89	20,35
C4	17,69	80,0	80,5	1,006	14,70	17,71	1,092	16,05	19,34

I valori medio e minimo di resistenza cubica strutturale, derivati e corretti dalle prove di laboratorio di tutti i campioni, risultano rispettivamente pari a 20,2 Mpa e 19,3 Mpa.

Prova di trazione su barre

È stato prelevato 1 spezzone di barre d'armatura con una lunghezza pari a 450 mm per poter essere sottoposto alla prova di rottura per trazione in conformità alle norme UNI EN. I risultati delle prove eseguite presentano valori riconducibili ai valori limite del tipo di acciaio FeB44k per le barre ad aderenza migliorata.

Prove di durezza sugli acciai

Sono state inoltre effettuate misure di durezza in corrispondenza di armature di elementi strutturali. Ogni prova è stata effettuata previa rimozione del copriferro e levigatura della superficie della barra.

ID	PIANO	DIAMETRO BARRA [mm]	TIPO BARRA	N° BATTUTA	CONVERSION MODE	MATERIAL GROUP	HL	HB	f [N/mm²]
D1	TERRA	16	A.M.	1	DYNA	st	245	145	470
D2	TERRA	8	A.M.	1	DYNA	st	230	134	435
D3	TERRA	16	A.M.	1	DYNA	st	241	142	460
D4	TERRA	8	A.M.	1	DYNA	st	236	138	450
D5	TERRA	16	A.M.	1	DYNA	st	239	140	455
D6	TERRA	8	A.M.	1	DYNA	st	244	144	470
D7	TERRA	16	A.M.	1	DYNA	st	240	141	460
D8	TERRA	8	A.M.	1	DYNA	st	238	140	455
D9	TERRA	16	A.M.	1	DYNA	st	239	140	455

MATERIAL GROUP	
st	Low-alloy/unalloyed steel and cast steel

HARDNESS SCALE							
HL	Leeb	HS	Shore	HB	Brinell	f [N/mm²]	Tensile strength

Statistica descrittiva

N°	TIPO BARRA	f_{cmed} [N/mm²]	f_{min} [N/mm²]	f_{max} [N/mm²]	Δf_c [N/mm²]	DEV.ST. [N/mm²]	CV [%]
9	A.M.	457	435	470	35	10,607	2,3

I risultati delle prove eseguite sui prelievi di barre di armatura presentano valori riconducibili al tipo di acciaio FeB44 per le barre ad aderenza migliorata.

Prove elettromagnetiche

Sono state svolte prove elettromagnetiche con pacometro al fine di determinare posizione e orientamento dei ferri di armatura nelle strutture in calcestruzzo. Le indagini svolte sul 15% degli elementi non hanno rilevato sostanziali difformità da quanto riportato sugli elaborati di progetto.

p. Risultati più significativi emersi dal confronto tra i livelli di sicurezza pre e post intervento, in condizioni statiche e sismiche

Le verifiche di sicurezza nei riguardi del rischio sismico sono state svolte ai sensi del D.M. del 17/01/2018 "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni" e relativa Circolare Min. Infrastrutture 7/2019 del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici "Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche delle Costruzioni".

Per la verifica della vulnerabilità sismica dell'edifico Post Operam è stato utilizzato lo stesso modello delle verifiche Ante Operam integrato con gli interventi strutturali di cui sopra.

Gli interventi proposti, come si evince dagli elaborati di calcolo allegati, consentono alla struttura di migliorare il proprio livello di sicurezza così come definito dal Paragrafo 8.4 delle NTC2018 e di raggiungere comunque un livello di vulnerabilità sismica, espresso in termini di rapporto tra capacità e domanda, non inferiore al 60 %.

SINTESI DEI RISULTATI ANTE OPERAM

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

Tabellina Riassuntiva delle % Massa Eccitata

Il numero dei modi di vibrare considerato (6) ha permesso di mobilitare le seguenti percentuali delle masse della struttura, per le varie direzioni:

DIREZIONE	% MASSA
X	100
Y	100
Z	NON SELEZIONATA

Tabellina riassuntiva delle verifiche SLU

Tipo di Elemento	Non Verif/Totale	STATUS
Travi c.a. Elevazione	0 su 101	VERIFICATO
Pilastri in c.a.	0 su 43	VERIFICATO

Tabellina riassuntiva delle PushOver

Numero PushOver	PgaSLO/Pga81%	PgaSLD/Pga63%	PgaSLV/Pga10%	PgaSLC/Pga5%
Min. PgaSL/Pga%	.837	.665	.272	0

SINTESI DEI RISULTATI POST OPERAM

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

Tabellina Riassuntiva delle % Massa Eccitata

Il numero dei modi di vibrare considerato (3) ha permesso di mobilitare le seguenti percentuali delle masse della struttura, per le varie direzioni:

DIREZIONE	% MASSA
X	100
Y	100

Tabellina riassuntiva delle verifiche SLU

Tipo di Elemento	Non Verif/Totale	STATUS
Travi c.a. Elevazione	0 su 58	VERIFICATO
Pilastri in c.a.	0 su 34	VERIFICATO
Shell in c.a.	0 su 3	VERIFICATO
Aste in Legno	0 su 2	VERIFICATO
Zattera Plinti	0 su 34	VERIFICATO
Pali/Micropali (Plinti)	0 su 25	VERIFICATO

Tabellina riassuntiva delle verifiche SLE

Tipo di Elemento	Non Verif/Totale	STATUS
Travi c.a. Elevazione	0 su 58	VERIFICATO
Pilastri in c.a.	0 su 34	VERIFICATO
Shell in c.a.	0 su 3	VERIFICATO
Aste in Legno	0 su 2	VERIFICATO
Zattera Plinti	0 su 34	VERIFICATO
Pali	0 su 25	VERIFICATO

Tabellina riassuntiva delle PushOver

Numero PushOver	PgaSLO/Pga81%	PgaSLD/Pga63%	PgaSLV/Pga10%	PgaSLC/Pga5%
1	4.686	3.726	1.523	0
2	4.686	3.726	1.523	0
3	2.251	1.79	.732	0
4	2.04	1.622	.663	0
5	4.686	3.726	1.523	0

6	4.686	3.726	1.523	0
7	2.251	1.79	.732	0
8	2.04	1.622	.663	0
9	4.686	3.726	1.523	0
10	4.686	3.726	1.523	0
11	2.02	1.606	.656	0
12	2.225	1.769	.723	0
13	4.686	3.726	1.523	0
14	4.686	3.726	1.523	0
15	2.02	1.606	.656	0
16	2.225	1.769	.723	0
17	4.686	3.726	1.523	0
18	4.686	3.726	1.523	0
19	2.079	1.653	.676	0
20	2.169	1.725	.705	0
21	4.686	3.726	1.523	0
22	4.686	3.726	1.523	0
23	2.079	1.653	.676	0
24	2.169	1.725	.705	0
25	4.686	3.726	1.523	0
26	4.686	3.726	1.523	0
27	1.917	1.524	.623	0
28	2.376	1.889	.772	0
29	4.686	3.726	1.523	0
30	4.686	3.726	1.523	0
31	1.917	1.524	.623	0
32	2.376	1.889	.772	0
Min. PgaSL/Pga%	1.917	1.524	.623	0

Il Progettista
(Dott. Arch. Marco Amabilli)