

COMUNE DI ARAGONA
Provincia di Agrigento

**PROGETTO PER L'ADEGUAMENTO ALLA NORMATIVA
SISMICA ED EFFICIENTAMENTO ENERGETICO
DELLA SCUOLA "FONTES EPISCOPI"**
PROGETTAZIONE ESECUTIVA
(Art. 23 comma 8 Dlg 50 ss.mm.ii.)

4. CALCOLI DELLE STRUTTURE E DEGLI IMPIANTI

4.2 RELAZIONE GENERALE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE

**RELAZIONE GENERALE DI
CALCOLO**

ELABORATO

4.2.1



Il Progettista

Il RUP

Aragona, lì
16-02-2021

COMUNE DI ARAGONA
PROVINCIA DI AGRIGENTO

RELAZIONE GENERALE

<u>Oggetto</u>

**PROGETTO PER L'ADEGUAMENTO ALLA NORMATIVA SISMICA ED
EFFICIENTAMENTO ENERGETICO DELLA SCUOLA "FONTES EPISCOPI"**

[illegible]

Indice generale

RELAZIONE GENERALE	3
• DESCRIZIONE GENERALE DELL’OPERA	3
• DESCRIZIONE DELLE CARATTERISTICHE GEOLOGICHE DEL SITO	3
• INFORMAZIONI GENERALI SULL’ANALISI SVOLTA.....	10
NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	10
REFERENZE TECNICHE (Cap. 12 D.M. 17.01.2018).....	10
MISURA DELLA SICUREZZA	10
MODELLI DI CALCOLO	11
• AZIONI SULLA COSTRUZIONE	13
AZIONI AMBIENTALI E NATURALI.....	13
DESTINAZIONE D’USO E SOVRACCARICHI PER LE AZIONI ANTROPICHE	13
AZIONE SISMICA.....	15
AZIONI DOVUTE AL VENTO	15
AZIONI DOVUTE ALLA TEMPERATURA	15
NEVE.....	16
AZIONI ANTROPICHE E PESI PROPRI.....	16
COMBINAZIONI DI CALCOLO	16
COMBINAZIONI DELLE AZIONI SULLA COSTRUZIONE	17
• TOLLERANZE	17
• DURABILITÀ	18
• PRESTAZIONI ATTESE AL COLLAUDO	18

RELAZIONE GENERALE

OGGETTO:

PROGETTO PER L'ADEGUAMENTO ALLA NORMATIVA SISMICA ED EFFICIENTAMENTO ENERGETICO DELLA SCUOLA "FONTES EPISCOPI"

Per una immediata comprensione delle condizioni sismiche, si riporta il seguente:

RIEPILOGO PARAMETRI SISMICI

Vita Nominale	50
Classe d'Uso	3
Categoria del Suolo	C
Categoria Topografica	1
Latitudine del sito oggetto di edificazione	37.3934
Longitudine del sito oggetto di edificazione	13.6185

I sottoscritti: dott. arch. Filippo Curallo nella qualità di progettista e Sig. Giuseppe Pendolino nella qualità di sindaco pro-tempore, al fine di adempiere agli obblighi previsti dal D.M. 17.01.2018 e s.m. ed i., dichiarano sotto la propria responsabilità quanto riportato nella presente relazione generale. Una valutazione dello stato degli immobili di seguito descritti era stata effettuata in data 18/01/2018 secondo un livello di conoscenza minimo, basandosi sulla conoscenza dei metodi di costruzione dell'epoca e dei materiali utilizzati.

Con l'incarico per la valutazione del rischio sismico, avvenuto in seguito, e affidato allo studio tecnico Sicef srl di Favara, si è proceduto ad effettuare una campagna di indagini che ha rilevato lo stato effettivo del cls e dell'acciaio costituenti la struttura intelaiata degli edifici dai quali si sono ottenuti dati differenti da quelli inizialmente considerati, rendendo, quindi, necessaria, una nuova progettazione dei due corpi di fabbrica.

• DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA

L'immobile è ubicato in zona periferica a sud del centro abitato, in c.da Fontes Episcopi, ad una altitudine media di circa 400 m s.l.m., in un contesto caratterizzato da modesta densità edilizia e caratterizzata da degrado urbano nonostante la sostanziale vicinanza alla riserva naturale delle Maccalube.

L'edificio nel suo complesso si presenta in discreto stato, anche se con qualche elemento di degrado specie nelle finiture esterne, ed è attualmente adibito a scuola secondaria di primo grado.

Sismicamente, l'intero territorio comunale di Aragona in base all'OPCM 3274/2003, nonché della normativa regionale (delibera di giunta regionale n. 40/2003) è classificato come zona sismica 2, per cui l'accelerazione orizzontale di picco al suolo attesa è maggiore di 0,15 g (accelerazione di gravità).

L'edificio risulta articolato in n. 2 corpi edilizi su tre livelli. Al piano terra sono allocate corpo aule, uffici amministrativi e Palestra; al primo piano sono allocati corpo aule e laboratori. Planimetricamente risulta articolato da due figure rettangolari collegate ad esse, mentre all'interno è ricavato ampio corridoio di forma rettangolare. Al piano primo è allocato il corpo aule. Il piano seminterrato è un volume tecnico non sfruttato.



Ortofoto con individuazione della struttura scolastica

La realizzazione del fabbricato principale risale ai primi anni '80, epoca nella il comune era classificato simico (II^a categoria). Mentre l'edificio adibito a palestra è stata realizzato nel 1986 e non oggetto del presente intervento.

L'edificio scolastico è stato realizzato con struttura intelaiata in cemento armato, con presenza di setti, e fondazioni dirette a graticcio di travi rovesce e solai in latero-cemento.

Per quanto attiene la situazione geologica, siamo in presenza di una zona argillosa, meglio approfondita nello studio geologico allegato.

Le tompanature sono in laterizio da blocchi forati, e non offrono alcuna resistenza alle forze sismiche, potendo innescare in caso di terremoto un possibile meccanismo di ribaltamento.

I sintomi e gli ammaloramenti riscontrati fanno notare anche una resistenza attuale dei calcestruzzi non elevata, già in fase di progetto (circa 250 daN/cm²), aggravato da un lieve quadro fessurativo nei pilastri del piano seminterrato, situazione aggravata da evidente presenza di copiose infiltrazioni d'acqua.



Inoltre, considerata l'epoca di costruzione e il livello di dettaglio delle norme sismiche di allora, si presume che ci sia un deficit d'armatura nelle zone dissipative della struttura in c.a. (i nodi trave-pilastro) che possono portare a collassi prematuri per la domanda sismica richiesta dalla zona ad alta sismicità.

Inoltre la variazione fra il baricentro fra vari piani e del rapporto fra le rigidezza torsionale e flessionale di piano e la dimensioni in pianta $r/l_s < 0,8$, fanno sì che l'edificio risulta particolarmente deformabile torsionalmente.

A seguito dei lavori di cui in oggetto è volontà della committenza operare un intervento strutturale di messa in sicurezza, identificato come "Intervento di adeguamento" ai sensi del par. 8.4.1 punto a) delle NTC 2018. Alla luce di quanto asserito, si è proceduto al calcolo dell'intera costruzione con gli interventi previsti in progetto (post operam).

ANALISI STORICO-CRITICA

Ai fini di una corretta valutazione del sistema strutturale esistente, si dichiara che per l'immobile in oggetto risulta una scarsa documentazione presso questo Comune.

Dalla realizzazione dell'edificio ad oggi non risultano essere stati eseguiti lavori che hanno interessato le parti strutturali, ma esclusivamente lavori di ordinaria manutenzione e di tipo impiantistico.

RILIEVO

Ai fini di una corretta progettazione degli interventi di adeguamento strutturale si è proceduto con il rilievo geometrico-strutturale dell'intera struttura.

CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI

Dalle conoscenze sui valori usuali per la pratica costruttiva dell'epoca di realizzazione, si erano assunti, nella prima analisi e progettazione, i seguenti valori:

Resistenza media CLS	$R_{cm} = 25 \text{ MPa}$
Barre d'armatura tipo FeB 38k	$f_{ym} = 375 \text{ MP}$

In seguito, con l'incarico affidato alla Sicef srl di Favara per la valutazione del rischio sismico degli edifici, sono state eseguite delle prove sui materiali che hanno evidenziato criticità sulla resistenza di essi. Di seguito si riportano i valori ottenuti dalle prove eseguiti dal laboratorio Geoservice srl di Favara.

Relazione Generale

Prova a compressione cls:

SIGLA CAMPIONE	DATA PROVA	UBICAZIONE	H PROVINO (mm)	DIAMETRO PROVINO (mm)	MASSA VOLUMICA (kg/m ³)	RESISTENZA A COMPRESSIONE (N/mm ²)
C1	27/11/2020	PILASTRO P.TERRA	74	74	2.306	18,32
C2	27/11/2020	PILASTRO P.TERRA	74	74	2.287	20,44
C3	27/11/2020	PILASTRO P.TERRA	74	74	2.294	17,62
C4	27/11/2020	TRAVE PIANO TERRA	74	74	2.256	16,59
C5	27/11/2020	TRAVE PIANO TERRA	74	74	2.228	15,94
C6	27/11/2020	TRAVE PIANO TERRA	74	74	2.275	13,74
C7	27/11/2020	SETTO SEMINTERRATO	74	74	2.256	14,84
C8	27/11/2020	SETTO SEMINTERRATO	74	74	2.269	18,61
C9	27/11/2020	PILASTRO SEMINTERRATO	74	74	2.262	14,37
C10	27/11/2020	SETTO SEMINTERRATO	74	74	2.278	23,10
C11	27/11/2020	PILASTRO SEMINTERRATO	74	74	2.228	23,18
C12	27/11/2020	PILASTRO SEMINTERRATO	74	74	2.256	20,79

SIGLA CAMPIONE	DATA PROVA	UBICAZIONE	H PROVINO (mm)	DIAMETRO PROVINO (mm)	MASSA VOLUMICA (kg/m ³)	RESISTENZA A COMPRESSIONE (N/mm ²)
C13	27/11/2020	TRAVE 1°PIANO	74	74	2.269	14,31
C14	27/11/2020	TRAVE 1°PIANO	74	74	2.209	15,07
C15	27/11/2020	TRAVE 1°PIANO	74	74	2.225	16,11
C16	27/11/2020	PILASTRO 1°PIANO	74	74	2.253	13,84
C17	27/11/2020	PILASTRO 1°PIANO	74	74	2.240	16,29
C18	27/11/2020	PILASTRO 1°PIANO	74	74	2.212	12,99
C19	27/11/2020	PILASTRO PALESTRA	74	74	2.284	16,41
C20	27/11/2020	PILASTRO PALESTRA	74	74	2.237	14,88

Relazione Generale

Prova di rottura a trazione semplice barra di armatura:

SIGLA CAMPIONE	VERBALE DI PRELIEVO	DATA PRELIEVO	UBICAZIONE	Diametro PROVINO (mm)	lunghezza PROVINO (mm)	TENSIONE DI SNERVAMENTO (N/mm ²)	TENSIONE DI ROTTURA (N/mm ²)
A1	145/20	16/11/2020	PILASTRO PIANO TERRA	16	284	482,65	714,34
A2	145/20	16/11/2020	PILASTRO PIANO TERRA	16	284	459,50	691,51
A3	145/20	16/11/2020	SETTO SEMINTER-RATO	12	318	401,43	575,34
A4	145/20	16/11/2020	PILASTRO SEMINT.	18	285	473,00	755,07
A5	146/20	17/11/2020	PILASTRO 1°PIA-NO.	16	270	440,88	646,13
A6	146/20	17/11/2020	PILASTRO 1°PIA-NO.	16	285	549,33	728,31
A7	146/20	17/11/2020	PILASTRO PALE-STRAS	16	287	482,89	720,85

Poiché i predetti risultati sono riferiti a due distinti corpi di fabbrica, aventi funzionamento statico e sismico diverso tanto da dover essere considerati due distinti edifici, abbiamo riordinato i predetti dati tenendo conto della localizzazione dei singoli saggi, in modo da ottenere i parametri secondo i criteri delle NTC 2018.

CORPO A

DENOMINAZIONE	VALORI DI RESISTENZA MPa	R _{CK,IS} MPa
C2	20,44	22,2796
C3	17,61	19,371
C4	16,59	18,249
C6	13,74	15,114
C8	18,61	20,471
C10	23,1	25,179
C11	23,18	25,2662
C12	20,79	22,6611
C13	14,31	15,5979
C17	16,29	17,7561
C18	12,99	14,1591

$$f_{m(n),is} = 216,10/11 = 19,65 \text{ MPa}$$

Si è considerato il valore minore tra le seguenti equazioni:

$$f_{ck,is} = f_{m(n),is} - k = 19,65 - 5 = 14,65 \text{ MPa}$$

$$f_{ck,is} = f_{is,lowest} + 4 = 14,1591 + 4 = 18,1591 \text{ MPa}$$

dove:

n= numero dei campioni prelevati

$f_{m(n),is}$ = valore medio della resistenza a compressione degli n campioni

$f_{is,lowest}$ = valore minore fra le resistenze degli n campioni

$k=5$ per n compreso tra 10 e 14

$k=6$ per n compreso tra 7 e 9

$k=7$ per n compreso tra 4 e 6

CORPO B

DENOMINAZIONE	VALORI DI RESISTENZA MPa	$R_{CK,IS}$ MPa
C1	18,32	20,15
C5	15,94	17,53
C7	14,84	16,32
C9	14,37	15,81
C14	15,07	16,42
C16	13,87	15,11

$$f_{m(n),is} = 101,34/6 = 16,89 \text{ MPa}$$

Si è considerato il valore minore tra le seguenti equazioni:

$$f_{ck,is} = f_{m(n),is} - k = 16,89 - 7 = 9,89 \text{ MPa}$$

$$f_{ck,is} = f_{is,lowest} + 4 = 15,11 + 4 = 19,11 \text{ MPa}$$

dove:

n = numero dei campioni prelevati

$f_{m(n),is}$ = valore medio della resistenza a compressione degli n campioni

$f_{is,lowest}$ = valore minore fra le resistenze degli n campioni

$k=5$ per n compreso tra 10 e 14

$k=6$ per n compreso tra 7 e 9

$k=7$ per n compreso tra 4 e 6

ACCIAIO

Mentre per la caratterizzazione delle armature metalliche, la resistenza di calcolo, assunta per la verifica della struttura, sarà pari a:

$$f_{ym} / FC = 467,80 / 1,20 = 389,83 \text{ MPa}$$

LIVELLI DI CONOSCENZA E FATTORI DI CONFIDENZA

Sulla base degli approfondimenti effettuati nelle fasi conoscitive si deduce che:

Livello di conoscenza limitata

LC2

Fattore di confidenza

FC = 1,2

Valutazione della sicurezza

Analisi Dinamica Lineare

TIPOLOGIA DI RINFORZO

Per il rinforzo delle viarie membrature strutturali (Pilastri), si è considerato un cls capace di realizzare un incremento di resistenza a flessione con aumento della duttilità e confinamento, si è deciso di realizzare una incamiciatura con microcalcestruzzo fibrorinforzato HPFRCC (High Performance Fiber Reinforced Cement Composites) con elevati valori meccanici del tipo Planitop HPC del Mapei o REFOR-tec GF5 ST-HS della Tecnochem, aventi le caratteristiche di resistenza:

Resistenza a compressione a 28gg	130 N/mm ²
Resistenza a flessione trazione a 28gg	32 N/mm ²
Resistenza a taglio a 28gg	16 N/mm ²
Modulo elastico a 28gg	38 Gpa

PROPRIETÀ MECCANICHE e di DURABILITÀ in accordo a CVT n° 264/2020 (acqua d'impasto 12%)		
Proprietà	Metodo di prova / Normativa di riferimento	Prestazione prodotto
Classe di resistenza a compressione:	NTC 2018 Tab. 4.1.I	C 90/105
Modulo elastico a compressione (GPa):	NTC 2018 § 11.2.10.3	43,9 (valore calcolato)
Classe di tenacità:	EN 14651	8,0 a
Resistenza al limite di proporzionalità: – valore medio $f_{ct,L,m}$ (MPa): – valore caratteristico $f_{ct,L,k}$ (MPa):	EN 14651	8,6 7,2
Classe di esposizione:	EN 206-1	X0 XC1, XC2, XC3, XC4 XD1, XD2, XD3 XS1, XS2, XS3 XF1, XF2, XF3, XF4 (***) XA1
Resistenza al gelo e disgelo:	Linee Guida FRC (Gennaio 2019) § 3.4.1	prova superata

Scheda tecnica Mapei

Per quanto riguarda le travi si è considerata, nel calcolo, una omogeneizzazione del cls della sezione dal punto di vista del materiale, sia esistente che nuovo, ottimizzando l'intervento di incamiciatura di progetto.

Da una attenta valutazione basata sui risultati delle prove e considerando l'utilizzo per l'intervento di incamiciatura di un cls di caratteristiche come sopra riportate, si è optato per adottare, nel calcolo, un cls C30/37.

Per l'integrazione e/o sostituzione di armatura danneggiata verranno utilizzate barre del tipo B450.

• INFORMAZIONI GENERALI SULL'ANALISI SVOLTA

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- D.M 17/01/2018 - Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni;
Circ. Ministero Infrastrutture e Trasporti 21 gennaio 2019, n. 7 Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17 gennaio 2018;

REFERENZE TECNICHE (Cap. 12 D.M. 17.01.2018)

- 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

MISURA DELLA SICUREZZA

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 quanto 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.

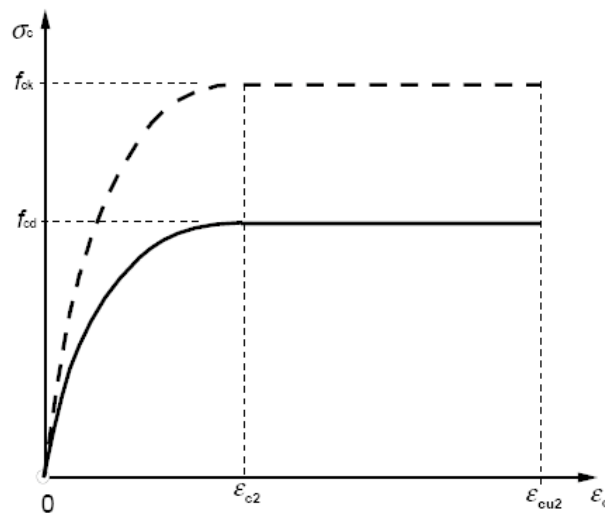
MODELLI DI CALCOLO

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.

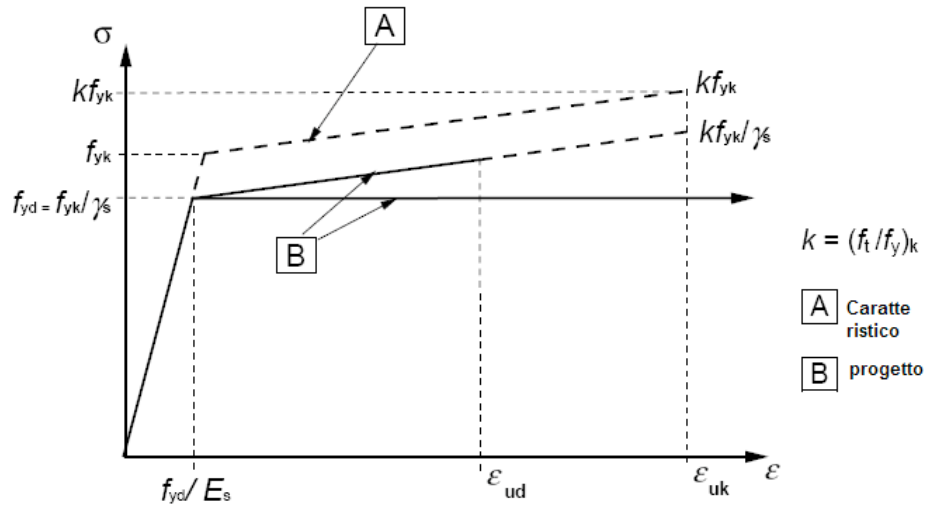
La definizione quantitativa delle prestazioni e le verifiche sono riportati nel fascicolo delle elaborazioni numeriche allegate.

Per le verifiche sezionali i legami utilizzati sono:



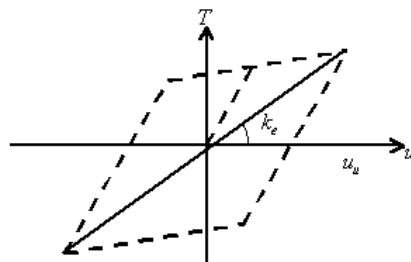
Legame costitutivo di progetto parabola-rettangolo per il calcestruzzo.

Il valore ε_{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.

- legame rigido plastico per le sezioni in acciaio di classe 1 e 2 e elastico lineare per quelle di classe 3 e 4;
- legame elastico lineare per le sezioni in legno;
- legame elasto-viscoso per gli isolatori.



Legame costitutivo per gli isolatori.

Il modello di calcolo utilizzato risulta rappresentativo della realtà fisica per la configurazione finale anche in funzione delle modalità e sequenze costruttive.

• **AZIONI SULLA COSTRUZIONE**

AZIONI AMBIENTALI E NATURALI

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 P_{VR} , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella successiva tabella:

Stati Limite P_{VR} :		Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R
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 dlla 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

Relazione Generale

azioni possono essere costituiti da:

- carichi verticali uniformemente distribuiti q_k [kN/m²]
- carichi verticali concentrati Q_k [kN]
- carichi orizzontali lineari H_k [kN/m]

Tabella 3.1.II – Valori dei carichi d'esercizio per le diverse categorie di edifici

Categ.	Ambienti	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]	H_k [kN/m]
A	Ambienti ad uso residenziale			
	Aree per attività domestiche e residenziali; sono compresi in questa categoria i locali di abitazione e relativi servizi, gli alberghi (ad esclusione delle aree soggette ad affollamento), camere di degenza di ospedali	2,00	2,00	1,00
	Scale comuni, balconi, ballatoi	4,00	4,00	2,00
B	Uffici			
	Cat. B1 – Uffici non aperti al pubblico	2,00	2,00	1,00
	Cat. B2 – Uffici aperti al pubblico	3,00	2,00	1,00
	Scale comuni, balconi, ballatoi	4,00	4,00	2,00
C	Ambienti suscettibili di affollamento			
	Cat. C1 Aree con tavoli, quali scuole, caffè, ristoranti, sale per banchetti, lettura e ricevimento	3,00	3,00	1,00
	Cat. C2 Aree con posti a sedere fissi, quali chiese, teatri, cinema, sale per conferenze e attesa, aule universitarie e aule magne	4,00	4,00	2,00
	Cat. C3 Ambienti privi di ostacoli al movimento delle persone, quali musei, sale per esposizioni, aree d'accesso a uffici, ad alberghi e ospedali, ad atri di stazioni ferroviarie	5,00	5,00	3,00
	Cat. C4. Aree con possibile svolgimento di attività fisiche, quali sale da ballo, palestre, palcoscenici	5,00	5,00	3,00
	Cat. C5. Aree suscettibili di grandi affollamenti, quali edifici per eventi pubblici, sale da concerto, palazzetti per lo sport e relative tribune, gradinate e piattaforme ferroviarie	5,00	5,00	3,00
	Scale comuni, balconi, ballatoi	Secondo categoria d'uso servita, con le seguenti limitazioni		
D	Ambienti ad uso commerciale			
	Cat. D1 Negozi	4,00	4,00	2,00
	Cat. D2 Centri commerciali, mercati, grandi magazzini	5,00	5,00	2,00
	Scale comuni, balconi, ballatoi	Secondo categoria d'uso servita		
E	Aree per immagazzinamento e uso commerciale ed uso industriale			
	Cat. E1 Aree per accumulo di merci e relative aree d'accesso, quali biblioteche, archivi, magazzini, depositi, laboratori manifatturieri	≥ 6,00	7,00	1,00*
	Cat. E2 Ambienti ad uso industriale	da valutarsi caso per caso		
F – G	Rimesse e aree per traffico di veicoli (esclusi i ponti)			
	Cat. F Rimesse, aree per traffico, parcheggio e sosta di veicoli leggeri (peso a pieno carico fino a 30 kN)	2,50	2 x 10,00	1,00**
	Cat. G Aree per traffico e parcheggio di veicoli medi (peso a pieno carico compreso fra 30 kN e 160 kN), quali rampe d'accesso, zone di carico e scarico merci	da valutarsi caso per caso e comunque non minori di		
		5,00	2 x 50,00	1,00**
H-I-K	Coperture			
	Cat. H Coperture accessibili per sola manutenzione e riparazione	0,50	1,20	1,00
	Cat. I Coperture praticabili di ambienti di categoria d'uso compresa fra A e D	secondo categoria di appartenenza		
	Cat. K Coperture per usi speciali, quali impianti, eliporti	da valutarsi caso per caso		

* non comprende le azioni orizzontali eventualmente esercitate dai materiali immagazzinati.

** per i soli parapetti o partizioni nelle zone pedonali. Le azioni sulle barriere esercitate dagli automezzi dovranno essere valutate caso per caso

I valori nominali e/o caratteristici q_k , Q_k ed H_k di riferimento sono riportati nella Tab. 3.1.II. delle

N.T.C. 2018. In presenza di carichi verticali concentrati Q_k 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. 17/01/18 e della Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 21 gennaio 2019 n. 7. 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

E' 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. 2018.

NEVE

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

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

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/m²], fornito al (Cfr. § 3.4.2) delle N.T.C. 2018

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.

COMBINAZIONI DI CALCOLO

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).

Nelle combinazioni per S.L.E., si intende che vengono omessi i carichi Q_{kj} che danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi G_2 .

Altre combinazioni sono da considerare in funzione di specifici aspetti (p. es. fatica, ecc.). Nelle

formule sopra riportate il simbolo + vuol dire “combinato con”.

I valori dei coefficienti parziali di sicurezza γ_{Gi} e γ_{Qj} sono dati in § 2.6.1, Tab. 2.6.I.

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 form. 3.2.16 delle N.T.C. 2018.

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai carichi gravitazionali (form. 3.2.17).

I valori dei coefficienti ψ_{2j} sono riportati nella Tabella 2.5.I..

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.

COMBINAZIONI DELLE AZIONI SULLA COSTRUZIONE

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	ψ_{0i}	ψ_{1i}	ψ_{2i}
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 γ_{Gi} e γ_{Qj} utilizzati nelle calcolazioni sono dati nelle N.T.C. 2018 in § 2.6.1, Tab. 2.6.I.

• TOLLERANZE

Nelle calcolazioni si è fatto riferimento ai valori nominali delle grandezze geometriche ipotizzando che le tolleranze ammesse in fase di realizzazione siano conformi alle euronorme EN 1992-1991-EN206 - EN 1992-2005:

- Copriferro -5 mm (EC2 4.4.1.3)

Per dimensioni $\leq 150\text{ mm}$ $\pm 5\text{ mm}$

Per dimensioni $\approx 400\text{ mm}$ $\pm 15\text{ mm}$

Per dimensioni $\geq 2500\text{ mm}$ $\pm 30\text{ mm}$

Per i valori intermedi interpolare linearmente.

• DURABILITÀ

Per garantire la durabilità della struttura sono state prese in considerazione opportuni stati limite di esercizio (S.L.E.) in funzione dell'uso e dell'ambiente in cui la struttura dovrà vivere limitando sia gli stati tensionali che nel caso delle opere in calcestruzzo anche l'ampiezza delle fessure. La definizione quantitativa delle prestazioni, la classe di esposizione e le verifiche sono riportati nel fascicolo delle elaborazioni numeriche allegate.

Inoltre per garantire la durabilità, così come tutte le prestazioni attese, è necessario che si ponga adeguata cura sia nell'esecuzione che nella manutenzione e gestione della struttura e si utilizzino tutti gli accorgimenti utili alla conservazione delle caratteristiche fisiche e dinamiche dei materiali e delle strutture. La qualità dei materiali e le dimensioni degli elementi sono coerenti con tali obiettivi.

Durante le fasi di costruzione il direttore dei lavori implementerà severe procedure di controllo sulla qualità dei materiali, sulle metodologie di lavorazione e sulla conformità delle opere eseguite al progetto esecutivo nonché alle prescrizioni contenute nelle "Norme Tecniche per le Costruzioni"

D.M. 17/01/2018 e relative Istruzioni.

• PRESTAZIONI ATTESE AL COLLAUDO

La struttura a collaudo dovrà essere conforme alle tolleranze dimensionali prescritte nella presente relazione, inoltre relativamente alle prestazioni attese esse dovranno essere quelle di cui al § 9 del D.M. 17/01/2018.

Ai fini della verifica delle prestazioni il collaudatore farà riferimento ai valori di tensioni, deformazioni e spostamenti desumibili dall'allegato fascicolo dei calcoli statici per il valore delle azioni pari a quelle di esercizio.