



CITTA' DI PALERMO

- SETTORE URBANISTICA -

CENTRO POLIFUNZIONALE PER MINORI DA REALIZZARE IN LOCALITA' BONAGIA A PALERMO

Progetto Esecutivo

Progettisti incaricati

Raggruppamento tecnico temporaneo tra
Studio Tecnico degli Ingegneri
Luigi Palizzolo e Ivan Torretta

e
Ing. Salvo Mortellaro

Responsabile Unico del Procedimento

Ing. Luigi Di Lorenzo



4. PROGETTO - STRUTTURE

ELABORATO N. 4.1.1

SCALA

AGGIORNATO IL

Relazione Tecnica sulle Strutture e sui Materiali

Per il Raggruppamento

Ing. Ivan Torretta

Ordine degli Ingegneri della
Provincia di Palermo
n. 5091

1. Premessa ed oggetto

La presente relazione si riferisce all'ambito strutturale del Progetto esecutivo di un centro polifunzionale per minori da realizzare in località Bonagia a Palermo.

Nel progetto architettonico è prevista la realizzazione di un edificio con struttura intelaiata in calcestruzzo di cemento armato con copertura piana, costituito da tre elevazioni fuori terra oltre volume tecnico interrato, e la realizzazione di un muro contro terra necessario alla sistemazione degli spazi esterni.

Prima di procedere alla progettazione delle opere strutturali, è stata acquisita la relazione geologica a firma del dott. geol. Vincenzo Giambruno, che individua e caratterizza dal punto di vista fisico-meccanico e sismico i terreni interessati dalle opere, nonché la relazione sulle indagini geognostiche redatta a cura della "Si.Ar. Trivellazioni" di Palermo.

La presente relazione è stata suddivisa in capitoli che riguardano il quadro normativo di riferimento, le scelte progettuali effettuate, il modello utilizzato per le calcolazioni e le verifiche svolte.

Fanno parte integrante della presente relazione il tabulato di calcolo e gli elaborati grafici di progetto esecutivo.

2. Riferimenti normativi

Le strutture in progetto sono del tipo in conglomerato cementizio armato e pertanto il quadro normativo di riferimento da osservare risulta essere:

- **Legge 05.11.1971 n. 1086:** Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica;
- **Legge 02.02.1974 n. 64:** Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche;
- **D.M. LL.PP. del 11/03/1988:** Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri

generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione;

- **Testo Unico Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 (D.M. 14 Gennaio 2008);**
- **Circolare Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici del 02/02/2009 n° 617:** Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme Tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14 Gennaio 2008.

3. Codice di calcolo utilizzato

Il codice di calcolo DOLMEN

Il codice di calcolo DOLMEN WIN è un sistema integrato di procedure dedicate alla progettazione strutturale prodotto e sviluppato dalla CDM DOLMEN s.r.l., con sede a Torino in Via B. Drovetti 9F.

La procedura è sviluppata in ambiente Windows, ed è stata scritta utilizzando i linguaggi FORTRAN, C++ e BASIC.

DOLMEN WIN permette l'analisi elastica lineare di strutture tridimensionali con nodi a sei gradi di libertà utilizzando un solutore ad elementi finiti.

Eventuali analisi sismiche possono essere effettuate sia in regime statico che dinamico tramite analisi modale, con o senza presa in conto di piani orizzontali rigidi. Il calcolo delle forze sismiche ed il successivo dimensionamento degli elementi resistenti avviene secondo il Testo Unico "Nuove Norme Tecniche delle Costruzioni" del 14.01.2008.

L'affidabilità del codice di calcolo è garantita dall'esistenza di un'ampia documentazione di supporto, composta da un manuale d'uso contenente fra l'altro più esempi dettagliati di calcolo e da una vasta serie di test di validazione, sia su esempi classici di Scienza e Tecnica delle Costruzioni, sia su strutture particolarmente impegnative e reperibili nella bibliografia specializzata.

È possibile ottenere rappresentazioni grafiche di deformate e sollecitazioni della struttura, ed al termine dell'elaborazione viene valutata la qualità della

soluzione, in base all'uguaglianza del lavoro esterno e dell'energia di deformazione.

DOLMEN WIN è dotato inoltre di moduli a corredo del solutore principale, che consentono il progetto e la verifica di membrature in acciaio, di travi, pilastri e piastre in calcestruzzo. Tali moduli leggono direttamente le sollecitazioni prodotte dal solutore e producono disegni e relazioni di calcolo secondo le ultime normative vigenti.

Il codice di calcolo AZTEC

Il programma MAX è dedicato all'analisi ed al calcolo dei muri di sostegno. Esso è sviluppato dalla Aztec Informatica, con sede a Casole Bruzio (CS) in Corso Umbro, 43.

La procedura è sviluppata in ambiente Windows ed è gestita da qualsiasi dispositivo funzionante in ambiente Windows.

Il programma permette di gestire diverse tipologie di muri di sostegno: muri a gravità, muri a semigravità e muri a mensola.

In funzione della tipologia e del materiale costituente il muro (calcestruzzo o pietrame) possono, inoltre, essere considerati diversi elementi: gradoni (a monte, a valle o su entrambi i lati); contrafforti (a monte o a valle) gettati in opera o prefabbricati; mensole di marciapiede e/o di contrappeso; pali o micropali di fondazione anche inclinati; tiranti di ancoraggio anche inclinati (attivi o passivi); sperone (o dente) con posizione a scelta tra le posizioni di monte, centro e valle.

Ogni dato messo in ingresso viene riportato in grafica, in modo da avere un controllo diretto dei dati digitati.

Il programma permette di modellare la geometria del muro, il profilo del terrapieno a monte del muro, di inserire sovraccarichi (concentrati e/o distribuiti) in qualsiasi punto o tratto del profilo stesso, consente inoltre di inserire dei carichi lungo l'altezza del muro. Tutti i carichi sono gestiti per condizioni e combinazioni di carico.

Il terreno di fondazione e quello del terrapieno possono essere stratificati

secondo superfici rettilinee aventi pendenza generica.

La falda può essere messa in conto con quote differenziate a monte ed a valle del muro.

Il metodo di calcolo della spinta, sia in condizioni statiche sia in condizioni sismiche, può essere scelto tra quello di Rankine, di Coulomb, di Culmann e di Mononobe-Okabe.

Per il calcolo della portanza della fondazione superficiale sono a disposizione i metodi di Terzaghi, Meyerhof, Hansen e Vesic.

L'analisi di stabilità del pendio nei pressi dell'opera, così come prescrive la Normativa vigente, può essere eseguita con il metodo di Fellenius o di Bishop.

L'analisi viene eseguita per tutte le combinazioni di carico definite dall'Utente e, per ogni combinazione, vengono riportate le verifiche globali con i relativi coefficienti di sicurezza.

Il calcolo delle sollecitazioni viene effettuato considerando il paramento e/o la fondazione come una piastra ed analizzata con il metodo degli elementi finiti (FEM) oppure considerando il muro come una mensola.

Il calcolo delle armature e la verifica delle sezioni possono essere eseguiti con il metodo delle tensioni ammissibili o con il metodo degli stati limite.

Nell'ambito della verifica agli stati limite è possibile effettuare sia la verifica allo stato limite ultimo (SLU) che la verifica allo stato limite di esercizio (SLE).

A conclusione dell'analisi MAX consente, attraverso l'editore grafico integrato, la visualizzazione di tutti i risultati ottenuti.

Il programma è dotato, inoltre, di un impaginatore grafico molto efficiente che consente di comporre le tavole degli esecutivi secondo le proprie esigenze.

Il programma consente l'analisi secondo la Normativa di cui al D.M. 88 + D.M. 96 (tensioni ammissibili e stati limite) e secondo la Normativa Tecnica per le Costruzioni 2008 (D.M. 14/01/08).

L'affidabilità del codice di calcolo è garantita dall'esistenza di un'ampia documentazione di supporto, composta da un manuale d'uso contenente fra l'altro

più esempi dettagliati di calcolo e da una vasta serie di test di validazione, sia su esempi classici di Scienza e Tecnica delle Costruzioni, e di Tecnica delle Fondazioni sia su strutture particolarmente impegnative e reperibili nella bibliografia specializzata.

4. Modellazione strutturale

La modellazione delle strutture in progetto è stata condotta coerentemente con la configurazione delle stesse e con le prescrizioni normative vigenti, utilizzando una schematizzazione ad elementi elastici asta e nodi rigidi, applicata a sistemi intelaiati tridimensionali. Tale schematizzazione è stata possibile grazie al codice di calcolo che consente l'analisi dinamica a sei gradi di libertà per nodo.

L'interazione suolo struttura è stata schematizzata mediante vincoli esterni atti a impedire gli spostamenti di piano, affidando alla costante di Winkler del terreno l'ulteriore vincolo.

L'analisi dinamica è stata condotta utilizzando la classica tecnica modale, rispettando una precisa combinazione delle componenti orizzontali dell'azione sismica come di seguito riportata.

Sono state individuate le seguenti azioni:

a) **azioni permanenti (G)**: pesi propri strutturali (pilastri, travi e solai), pesi di ciascuna sovrastruttura (massetti, tamponamenti, pavimenti, rivestimenti, controsoffitti, impianti e spinta terre);

b) **azioni variabili (Q)**: di lunga durata (carichi conseguenti alla destinazione degli ambienti) e di breve durata (neve e sisma).

La valutazione della sicurezza è stata condotta coerentemente con le prescrizioni normative, esaminando le azioni variabili a turno come dominanti affette dai relativi coefficienti di sicurezza.

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.

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. 14.01.2008.

In particolare si è verificata:

- la sicurezza nei riguardi degli stati limite ultimi (SLU) 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. 14.01.2008 per i vari tipi di materiale;
- la sicurezza nei riguardi degli stati limite di esercizio (SLE) 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 da rispettare;
- la sicurezza nei riguardi dello stato limite del danno (SLD) causato da azioni sismiche con opportuni periodi di ritorno definiti di concerto al committente ed alle norme vigenti per le costruzioni in zona sismica

Combinazioni delle azioni sulle strutture

Le azioni sulla struttura sono state definite in accordo al § 2.5.1. delle NTC 2008 e sono state combinate secondo quanto definito al § 2.5.3. applicando i coefficienti di combinazione come di seguito definiti:

Categoria/Azione variabile	Ψ_{0j}	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	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

Mentre, i valori dei coefficienti parziali di sicurezza γ_{gi} e γ_{Qj} utilizzati nelle calcolazioni sono stati desunti dalla Tab. 2.6.I.del § 2.6.1.

Destinazione d'uso e sovraccarichi variabili

Per la determinazione dell'entità e della distribuzione spaziale e temporale dei sovraccarichi variabili si farà riferimento alla Tabella 3.1.II del D.M. 14.01.2008 in funzione della destinazione d'uso dell'opera.

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

Cat.	Ambienti	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]	H_k [kN/m]
A	Ambienti ad uso residenziale. Sono compresi in questa categoria i locali di abitazione e relativi servizi, gli alberghi. (ad esclusione delle aree suscettibili di affollamento)	2,00	2,00	1,00
	Uffici. Cat. B1 Uffici non aperti al pubblico Cat. B2 Uffici aperti al pubblico	2,00 3,00	2,00 2,00	1,00 1,00
C	Ambienti suscettibili di affollamento Cat. C1 Ospedali, ristoranti, caffè, banche, scuole	3,00	2,00	1,00
	Cat. C2 Balconi, ballatoi e scale comuni, sale convegni, cinema, teatri, chiese, tribune con posti fissi	4,00	4,00	2,00
	Cat. C3 Ambienti privi di ostacoli per il libero movimento delle persone, quali musei, sale per esposizioni, stazioni ferroviarie, sale da ballo, palestre, tribune libere, edifici per eventi pubblici, sale da concerto, palazzetti per lo sport e relative tribune	5,00	5,00	3,00
D	Ambienti ad uso commerciale. Cat. D1 Negozi Cat. D2 Centri commerciali, mercati, grandi magazzini, librerie...	4,00 5,00	4,00 5,00	2,00 2,00
	Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale. Cat. E1 Biblioteche, archivi, magazzini, depositi, laboratori manifatturieri Cat. E2 Ambienti ad uso industriale, da valutarsi caso per caso	$\geq 6,00$ —	6,00 —	1,00* —
F-G	Rimesse e parcheggi. Cat. F Rimesse e parcheggi per il transito di automezzi di peso a pieno carico fino a 30 kN Cat. G Rimesse e parcheggi per transito di automezzi di peso a pieno carico superiore a 30 kN: da valutarsi caso per caso	2,50 —	2 x 10,00 —	1,00** —
	Coperture e sottotetti Cat. H1 Coperture e sottotetti accessibili per sola manutenzione Cat. H2 Coperture praticabili Cat. H3 Coperture speciali (impianti, eliporti, altri) da valutarsi caso per caso	0,50 — —	1,20 — —	1,00 — —
* 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 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 su una superficie q_k [kN/m²]
- carichi verticali concentrati Q_k [kN]
- carichi orizzontali distribuiti su una linea H_k [kN/m]

I valori nominali e/o caratteristici q_k , Q_k ed H_k di riferimento sono elencati nella Tabella 3.1.II delle NTC 2008, precedentemente riportata.

Azioni ambientali e naturali

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

In particolare gli stati limite considerati, al fine di individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati considerati, sono:

- per lo stato limite di esercizio lo Stato Limite di Operatività (SLO)
- per lo stato limite di progetto lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV)

Le relative probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, necessarie alla successiva valutazione dell'azione sismica, sono riportate nella tabella seguente:

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. 14 gennaio 2008 § 3.2.3. sono stati definiti i seguenti termini:

- Vita Nominale;
- Classe d'Uso;
- Categoria del suolo;
- Coefficiente Topografico;
- Latitudine e longitudine del sito oggetto di edificazione.

Tali valori sono stati utilizzati per determinare i parametri di pericolosità sismica da considerare ai fini del calcolo strutturale, riportati nel tabulato di calcolo.

Si è inoltre concordato che le verifiche delle prestazioni saranno effettuate per le azioni derivanti dalla neve e dal vento secondo quanto previsto al cap. 3 del DM 14.01.08 e della Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 2 febbraio 2009 n. 617 per un periodo di ritorno coerente alla classe della struttura ed alla sua vita utile.

Per quanto attiene alle azioni sismiche, individuata l'accelerazione e la categoria del suolo si è pervenuto alla valutazione delle masse associate ai carichi gravitazionali.

Determinata l'azione sismica, si è proceduto all'elaborazione attraverso l'analisi dinamica modale e pertanto, in relazione alle azioni da prendere in conto, sono stati generati i casi di carico dinamico che permettono di effettuare le successive verifiche in condizioni elastiche, allo stato limite ultimo ed allo stato limite di esercizio.

5. Caratteristiche dei materiali

Le norme UNI EN 206– 2006 e UNI 11104:2004 prevedono 6 classi di esposizione per il calcestruzzo strutturale (dove oltre al massimo rapporto a/c e al minimo contenuto di cemento viene indicata anche la minima classe di resistenza, il tutto per garantire la massima durabilità del materiale). Tali norme prevedono,

nel caso ci sia una possibile corrosione delle armature indotta dalla carbonatazione, di utilizzare calcestruzzo con classe di esposizione XC1 o XC2.

Pertanto, per l'esecuzione delle opere in progetto, in considerazione dei luoghi, si prevede l'adozione di materiali aventi le seguenti caratteristiche meccaniche:

- calcestruzzo per strutture di fondazione ed opere di contenimento, classe di esposizione XC2;
- calcestruzzo per strutture in elevazione, classe di esposizione XC1;
- calcestruzzo per sottofondazioni (magrone) con resistenza caratteristica pari a $R_{ck} \geq 15 \text{ N/mm}^2$;
- calcestruzzo per le strutture dell'edificio, classe di resistenza C25/30 con resistenza caratteristica cubica minima pari a $R_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$;
- calcestruzzo per muri di contenimento esterni, classe di resistenza C20/25 con resistenza caratteristica cubica minima pari a $R_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$;
- acciaio in barre ad aderenza migliorata B450C controllato in stabilimento, tensione di snervamento caratteristica assunta pari a $f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$.

Il copriferro minimo sarà di 3,5 cm sulle staffe delle travi e dei pilastri e 3 cm sulle armature delle piastre e dei muri. Esso dovrà essere garantito tramite l'uso di opportuni distanziatori.

Il cemento dovrà rispondere ai requisiti di cui alla legge 26.05.1965 n. 595 ed al D.M. 06.03.1968 e successive modifiche ed integrazioni, nonché alla norma UNI-EN 197/1.

La sabbia, naturale o artificiale, dovrà essere – in ordine di precedenza – silicea, quarzosa o granitica ed in ogni caso dovrà essere ricavata da rocce di elevata resistenza a compressione.

Il pietrisco proveniente dalla frantumazione delle rocce dovrà avere dimensioni massime pari a 20 mm.

L'acqua per la formazione del calcestruzzo dovrà essere limpida, dolce, priva di materiali terrosi od organici, priva di solfati e potrà contenere al massimo 0,1 g/l

di cloruri.

Dovrà limitarsi al minimo il rapporto acqua cemento in modo da consentire la riduzione dei fenomeni di ritiro e delle conseguenti fessurazioni, la corretta lavorabilità dell'impasto sarà assicurata dall'aggiunta di fluidificanti.

L'impasto dovrà essere fatto con mezzi idonei ed il dosaggio dei componenti eseguito con modalità atte a garantire la costanza del proporzionamento previsto in fase di progetto.

Per quanto riguarda i calcestruzzi preconfezionati si farà riferimento alla norma UNI 7163.

6. Caratteristiche del sito

La zona interessata dal costruendo complesso è costituita litologicamente, dal basso verso l'alto, da una alternanza di sabbie e calcareniti a banchi ben cementati, ed a volte tenaci, su cui si alternano livelli sabbiosi a granulometria medio fine più friabili; l'unità calcarenitico-sabbiosa risulta ricoperta in superficie da una coltre di materiale di riporto di spessore variabile da 2,00 m a 3,50 m.

La particolare orografia dei terreni ha imposto la previsione di ubicare il corpo di fabbrica in corrispondenza delle aree interessate in minor misura dalla coltre di materiale di riporto, anche al fine di limitare le opere di sbancamento in prossimità del corpo di fabbrica.

L'imposta del corpo di fabbrica è stata prevista in corrispondenza del complesso litologico costituente l'unità calcarenitico-sabbiosa posta a -3,50 m dal piano campagna, che è idonea a costituire il piano di posa delle fondazioni previste del tipo diretto.

Dalle indagini geofisiche eseguite si è potuto determinare il valore del V_{S30} in corrispondenza del litotipo costituente il piano di fondazione che risulta variabile da 528 ÷ 739 m/s. Pertanto, ai fini della definizione della azione sismica si può assumere il piano di posa delle fondazioni come un terreno appartenente alla categoria **B**: "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti".

I parametri che possono utilizzarsi per il piano di fondazione dell'edificio sono: angolo d'attrito $\phi = 35^\circ$, coesione $c' = 0 \text{ N/cm}^2$, peso dell'unità di volume $\gamma = 19 \text{ KN/m}^3$.

Infine si è ritenuto dover pervenire alla stima dei parametri geotecnici da utilizzare per le azioni della coltre superficiale costituita dal materiale di riporto (angolo d'attrito $\phi = 20^\circ$, coesione $c' = 1 \text{ N/cm}^2$, peso dell'unità di volume $\gamma = 20 \text{ KN/m}^3$ e ciò al fine di valutarne le azioni conseguenti sulle strutture in progetto (modeste opere di contenimento e pareti controterra).

7. Dati ed Azioni considerate ai fini del dimensionamento della struttura

Si esplicitano di seguito i parametri che caratterizzano i livelli di sicurezza imposti per le strutture progettate e le verifiche prestazionali eseguite in fase di calcolo.

Dati di progetto

Gli interventi in oggetto essendo situati nel comune di Palermo presentano le seguenti coordinate geografiche: longitudine 13.353 e latitudine 38.120900, dalle quali è possibile desumere l'accelerazione orizzontale al suolo a_g , il fattore di amplificazione dello spettro F_0 ed il periodo di inizio dello spettro TC^* i cui valori sono riportati in seno ai tabulati di calcolo.

Il suolo di fondazione, come precedentemente riportato, è classificato di tipo **B** con coefficiente di amplificazione stratigrafica $S_s = 1,2$ mentre, il coefficiente di amplificazione topografica ST , essendo la zona classificabile con categoria T1, risulta pari a 1,00.

Le strutture oggetto delle analisi prevedono un normale affollamento, non possiedono caratteristiche di pericolosità per l'ambiente o funzioni pubbliche e sociali essenziali. Per le stesse si stima pertanto una vita nominale VN di 50 anni. Sulla base di tali ipotesi le strutture sono inquadrabili in una classe d'uso II. Definite la vita nominale e la classe d'uso della struttura si determina il periodo di riferimento dell'azione sismica:

$$V_R = V_N \cdot C_U = 50 \cdot 1,0 = 50 \text{ anni}$$

dove C_U è il coefficiente d'uso il cui valore varia in base alla classe d'uso secondo quanto riportato nella Tabella 2.4.II del D.M. 14/01/2008.

Alla struttura in calcestruzzo armato dell'edificio è stata attribuita una classe di duttilità alta "A".

Il valore assunto per il fattore di struttura è riportato in seno ai tabulati di calcolo e dipende dalla regolarità in altezza ed in pianta della struttura in progetto. In particolare, la struttura in oggetto non presenta caratteristiche di regolarità in pianta ed in altezza.

Azioni agenti sulla struttura

Le verifiche delle strutture sono state eseguite tenendo conto delle seguenti azioni:

1. pesi propri;
2. sovraccarichi permanenti corrispondenti ai materiali posti in opera;
3. sovraccarichi accidentali;
4. azione sismica;
5. vento;
6. neve;
7. spinta delle terre.

I principali valori dei carichi utilizzati per i calcoli sono i seguenti:

Sovraccarichi di piano:

- permanenti 2,40 KN/m²
- variabili 3,00 KN/m²

Sovraccarichi di copertura:

- permanenti 1,60 KN/m²
- variabili 0,50 ÷ 3,00 KN/m²

- neve 0,50 KN/m²

Sovraccarichi scale:

- permanenti 1,60 KN/m²

- variabili 4,00 KN/m²

Vento:

- parete sopravvento massimo 0,71 KN/m²

- parete sottovento massimo 0,36 KN/m²

- copertura 0,36 KN/m²

Sovraccarico a tergo muri contro terra edificio:

- 10 kN/m²

Di seguito si riportano i dati relativi alla spinta generata dal vento ed all'azione della neve.

Spinta generata dal vento

Unità di misura : m ; KN/mq ; m/s

Convenzione di segno:

(+) compressione

(-) decompressione

Zona 4

Altitudine: 70

Periodo di Ritorno [anni]: 50

Classe di rugosità del terreno:A

Distanza dalla costa [km]: 3.4

Categoria di esposizione del sito: 4

Tipologia di costruzione:Edifici a pianta rettangolare con coperture piane a falde inclinate o curve

vref (velocità di riferimento) = 28.

qref (pressione cinetica di riferimento) = .49

cd (coefficiente dinamico) = 1.

cf (coefficiente d' attrito) = .01

P.to	z	ct(z)	ce(z)	par.1 esterno		par.1 interno	
				cp	p(z)	cp	p(z)
1 A	0.	1.	1.6342	.8	.6406	0.	0.
2	2.62	1.	1.6342	.8	.6406	0.	0.
3	5.25	1.	1.6342	.8	.6406	0.	0.
4	7.88	1.	1.6342	.8	.6406	0.	0.
5 B	10.5	1.	1.8164	.8	.712	0.	0.

P.to	z	ct(z)	ce(z)	par.2 esterno		par.2 interno	
				cp	p(z)	cp	p(z)
1 E	0.	1.	1.6342	-.4	-.3203	0.	0.
2	2.62	1.	1.6342	-.4	-.3203	0.	0.
3	5.25	1.	1.6342	-.4	-.3203	0.	0.
4	7.88	1.	1.6342	-.4	-.3203	0.	0.
5 D	10.5	1.	1.8164	-.4	-.356	0.	0.

P.to	z	ct(z)	ce(z)	fal.1 esterno		fal.1 interno	
				cp	p(z)	cp	p(z)
5 B	10.5	0.	1.8164	-.4	-.356	0.	0.
6	10.5	0.	1.8164	-.4	-.356	0.	0.
7	10.5	0.	1.8164	-.4	-.356	0.	0.
8	10.5	0.	1.8164	-.4	-.356	0.	0.
9 C	10.5	0.	1.8164	-.4	-.356	0.	0.

P.to	z	ct(z)	ce(z)	fal.2 esterno		fal.2 interno	
------	---	-------	-------	---------------	--	---------------	--

5	D	10.5	0.	1.8164	-0.4	-0.356	0.	0.
6		10.5	0.	1.8164	-0.4	-0.356	0.	0.
7		10.5	0.	1.8164	-0.4	-0.356	0.	0.
8		10.5	0.	1.8164	-0.4	-0.356	0.	0.
9	C	10.5	0.	1.8164	-0.4	-0.356	0.	0.

1	P.to	z	pf(z)
2	A-E	0.	.008
3		2.62	.008
4		5.25	.008
5		7.88	.008
6	B-D	10.5	.0089
7		10.5	.0089
8		10.5	.0089
9	C	10.5	.0089

Azione dovuta alla neve

Unità di misura : m ; KN/mq ; KN/m

Zona 3

Altitudine [m]: 70

Periodo di Ritorno [anni]: 50

qsk (carico neve al suolo) = .6

COPERTURA AD UNA FALDA

alfa (inclinazione della falda [°]) = 0

mu1	mu	qs	qe
	.8	.48	.037

Analisi Strutturale, Sismica e Casi di carico

Al fine di effettuare le verifiche strutturali i carichi sono stati combinati tra di loro utilizzando i coefficienti parziali di combinazione richiamati nei precedenti paragrafi e combinati con l'azione sismica sopra definita. Sono stati pertanto definiti i casi di carico riportati nel tabulato di calcolo e necessari al calcolo delle sollecitazioni.

Eseguiti i calcoli delle sollecitazioni per le strutture sono state condotte singolarmente le conseguenti verifiche per tutti gli elementi che costituiscono le strutture ed in particolare sono state condotte in termini di resistenza per quanto attiene ai casi di carico contemplati per gli SLU, in termini di deformabilità e di fessurazione con riguardo agli SLE Frequenti, ed infine di resistenza e di fessurazione con riguardo agli SLE Permanenti e Rare ed in termini di spostamento strutturale (deformabilità) per quanto concerne lo stato limite di danno (SLD).

Inoltre, sono state condotte verifiche in termini di resistenza in condizioni elastiche utilizzando combinazioni di carico che comprendono oltre ai carichi verticali anche le azioni sismiche valutate per lo Stato Limite di Operatività (SLO).

Tali verifiche hanno confortato i risultati ottenuti per le verifiche di resistenza agli SLU.

Nelle verifiche nei confronti degli stati limite ultimi strutturali geotecnici è stato adottato un approccio progettuale di tipo 2 che utilizza una combinazione dei coefficienti parziali definita come $(A1+M1+R3)$ dove i termini A individuano le azioni, M le resistenze dei materiali ed R le resistenze globali del sistema.

8. Giudizio sull'accettabilità dei risultati

Nel presente paragrafo si relazionerà in merito alla valutazione dell'affidabilità dei codici di calcolo utilizzati e pertanto all'accettabilità dei risultati.

L'affidabilità dei codici di calcolo utilizzati è garantita dall'esistenza di una documentazione di supporto che confronta alcune strutture sia semplici che complesse con diversi codici e ne verifica l'attendibilità con i metodi classici della Scienza e della Tecnica delle Costruzioni.

Il modello di calcolo adottato è da ritenersi appropriato in quanto durante il processo di calcolo non sono state riscontrate labilità ed inoltre le reazioni vincolari equilibrano i carichi applicati.

L'analisi critica dei risultati e dei parametri di controllo nonché il confronto con calcolazioni di massima eseguite manualmente portano a confermare la validità dei risultati e pertanto l'attendibilità del codice utilizzato.

9. Le strutture in progetto

L'edificio

La struttura prevista in progetto è del tipo tradizionale in conglomerato cementizio armato e risulta dalla connessione di sistemi intelaiati costituiti da membrature principali (travi e pilastri), di sezione variabile, e secondarie (orizzontamenti) del tipo monotrave a travetti prefabbricati precompressi con interposti laterizi.

L'edificio è a pianta pressoché rettangolare con una porzione centrale a tre elevazioni fuori terra di dimensioni 42,55 m x 10,00 m e due porzioni laterali connesse alla prima lungo i lati maggiori e simmetricamente disposte a pianta rettangolare di cui la prima ad una elevazione fuori terra e la seconda a due elevazioni fuori terra.

Al fine di coniugare le esigenze di carattere geologico con quelle dettate dal progetto architettonico, le fondazioni saranno costituite da travi rovesce, di altezza pari a 120 cm, impostate sul terreno di fondazione e poste su idoneo magrone. Il piano di posa delle fondazioni sarà posto ad una quota di -3,50 m rispetto al piano di campagna.

Perimetralmente all'edificio è prevista la realizzazione di un muro controterra fino al raggiungimento della quota del piano campagna, impostato sulle travi perimetrali di fondazione.

Le travi costituenti i telai in elevazione saranno a sezione rettangolare 30x40 cm, mentre i pilastri sono a sezione rettangolare 30x50 cm ad accezione di due pilastri di diverse dimensioni. Gli orizzontamenti di piano sono stati previsti con solai del tipo a travetti prefabbricati precompressi monotrave 9x12 cm posti ad interasse di 50 cm di altezza complessiva pari a 16+4 cm.

I collegamenti verticali dei tre livelli dell'edificio sono assicurati da due corpi scala ed un vano ascensore.

La scala posta alla destra dell'immobile è del tipo a soletta rampante, di spessore pari a 15 cm, con pianerottoli di piano intermedi. Mentre, il secondo vano scala costituisce un tutt'uno con il vano ascensore. Infatti, le solette delle rampe, di spessore pari a 15 cm, si dipartono a sbalzo dai setti in calcestruzzo armato, di spessore pari a 25 cm, che costituiscono il vano ascensore. Tali setti sono posti su una platea di fondazione, di altezza pari a 30 cm, e si concludono in sommità con una soletta piena, di spessore pari a 25 cm.

Per una migliore esplicitazione di quanto descritto e per l'indicazione delle armature previste si rimanda ai disegni esecutivi.

I muri di contenimento

Nel rispetto del progetto per la sistemazione degli spazi esterni è stata prevista la realizzazione di un muro di contenimento, del tipo a mensola, in cemento armato, di altezza massima pari a 120 cm. Tale muro presenta uno spessore del paramento pari a 25 cm, e risulta posto in asse alla fondazione che presenta una larghezza pari a 150 cm. A valle della scarpa di fondazione è previsto uno sperone (dentello) di spessore pari a 25 cm e profondità, rispetto al piano di posa della fondazione, pari a 50 cm. Il muro sarà fondato su idoneo magrone ad una profondità rispetto al piano campagna pari a 55 cm.

Per una migliore esplicitazione di quanto precedentemente descritto si rimanda ai disegni esecutivi di progetto.