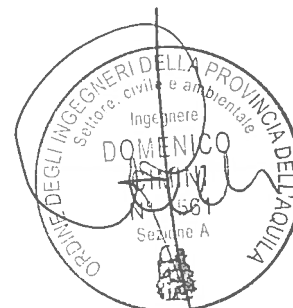


INDICE

| | |
|--|-----------|
| 1. GENERALITA' | 2 |
| 2. NORMATIVE TECNICA E RIFERIMENTI TECNICI UTILIZZATI | 4 |
| 2.1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO | 4 |
| 2.2. REFERENZE TECNICHE | 4 |
| 3. DEFINIZIONE DEI PARAMETRI DI PROGETTO | 5 |
| 3.1. PARAMETRI SISMICI | 5 |
| 3.2. ANALISI DEI CARICHI UNITARI | 8 |
| 3.2.1. <i>Carichi permanenti</i> | 8 |
| 3.2.1.1. A1-PIANO TERRA: Soletta S = 40 cm | 8 |
| 3.2.1.2. A2-SOLAIO PIANI INTERMEDI H = 24 cm | 9 |
| 3.2.1.3. A3-COPERTURA H = 12 cm | 10 |
| 3.2.2. <i>Carichi variabili</i> | 10 |
| 4. DESCRIZIONE DEI MATERIALI E DEI PRODOTTI PER USO STRUTTURALI | 11 |
| 4.1. FONDAZIONI | 14 |
| 4.1.1. <i>Calcestruzzo</i> | 14 |
| 4.1.2. <i>Copriferro</i> | 14 |
| 4.1.3. <i>Acciaio per cemento armato</i> | 14 |
| 4.2. TRAVI, PILASTRI E PARETI IN ELEVATO | 15 |
| 4.2.1. <i>Calcestruzzo</i> | 15 |
| 4.2.2. <i>Copriferro</i> | 15 |
| 4.2.3. <i>Acciaio per cemento armato</i> | 15 |
| 4.2.4. <i>Profili in acciaio</i> | 16 |
| 4.2.5. <i>Pannelli X-LAM</i> | 16 |
| 5. CONDIZIONI ELEMENTARI DI CARICO | 17 |
| 5.1. CONDIZIONI ELEMENTARI DI CARICO | 17 |
| 6. H – INDICAZIONE MOTIVATA DEL METODO DI ANALISI SEGUITO | 19 |
| 6.1. TIPO DI ANALISI SVOLTA E MOTIVAZIONE | 19 |
| 6.2. MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA | 19 |
| 7. I – CRITERI DI VERIFICA AGLI STATI LIMITE INDAGATI | 20 |
| 7.1. VERIFICHE ELEMENTI STRUTTURALI | 20 |
| 7.2. VERIFICHE ELEMENTI NON STRUTTURALI | 20 |
| 7.2.1. <i>Verifica tamponature</i> | 20 |



Comune di Rocca di Papa

Edificio “Nuova Casa delle Fate”

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE SULLE STRUTTURE

1. GENERALITA'

Nella presente relazione si riporta la descrizione del progetto strutturale del nuovo edificio scolastico denominato “Nuova Casa delle Fate” da realizzarsi nel Comune di Rocca di Papa, sul terreno distinto in catasto al foglio 5 particella 291.

L'edificio è costituito da un singolo corpo di fabbrica sviluppato su due livelli, di cui uno interrato.

La struttura portante è mista, con il piano interrato realizzato con pareti in c.a. e il piano fuori terra con pareti in X-lam.

Il piano interrato dell'edificio è realizzato in pareti in c.a. gettate in opera di spessore 30 cm e travi in c.a. di dimensioni 30x50. Una paratia di pali in c.a. di diametro pari a 20 cm garantisce la presenza di una intercapedine lungo tutto il perimetro controterra dell'edificio. Il piano fuori terra è realizzato con pannelli in X-Lam di spessore 15 cm.

Il solaio interpiano è realizzato con lastre predalles di spessore complessivo 24 cm.

La copertura è realizzata con pannelli X-LAM di spessore 15 cm.

La fondazione è sfalzata su due livelli. A quota -4,5m è di tipo superficiale formata da una soletta dello spessore costante di 40 cm a quota. Al disotto della fondazione, poiché dalle indagini effettuate dal Geol. David Simoncelli è stato individuato uno strato di terreno di riporto con caratteristiche geotecniche scadenti fino a una profondità di 6 m dal p.c., si prevede la rimozione e sostituzione di quest'ultimo con materiale di prestazioni migliori. A quota -0,25m si realizza una fondazione a platea di spessore 40cm su pali in c.a. di diametro 30cm.

Si riporta di seguito uno schema planimetrico della struttura.

**RICOSTRUZIONE DI UN EDIFICIO DESTINATO AD ASILO NIDO DENOMINATO
"NUOVA CASA DELLE FATE"**

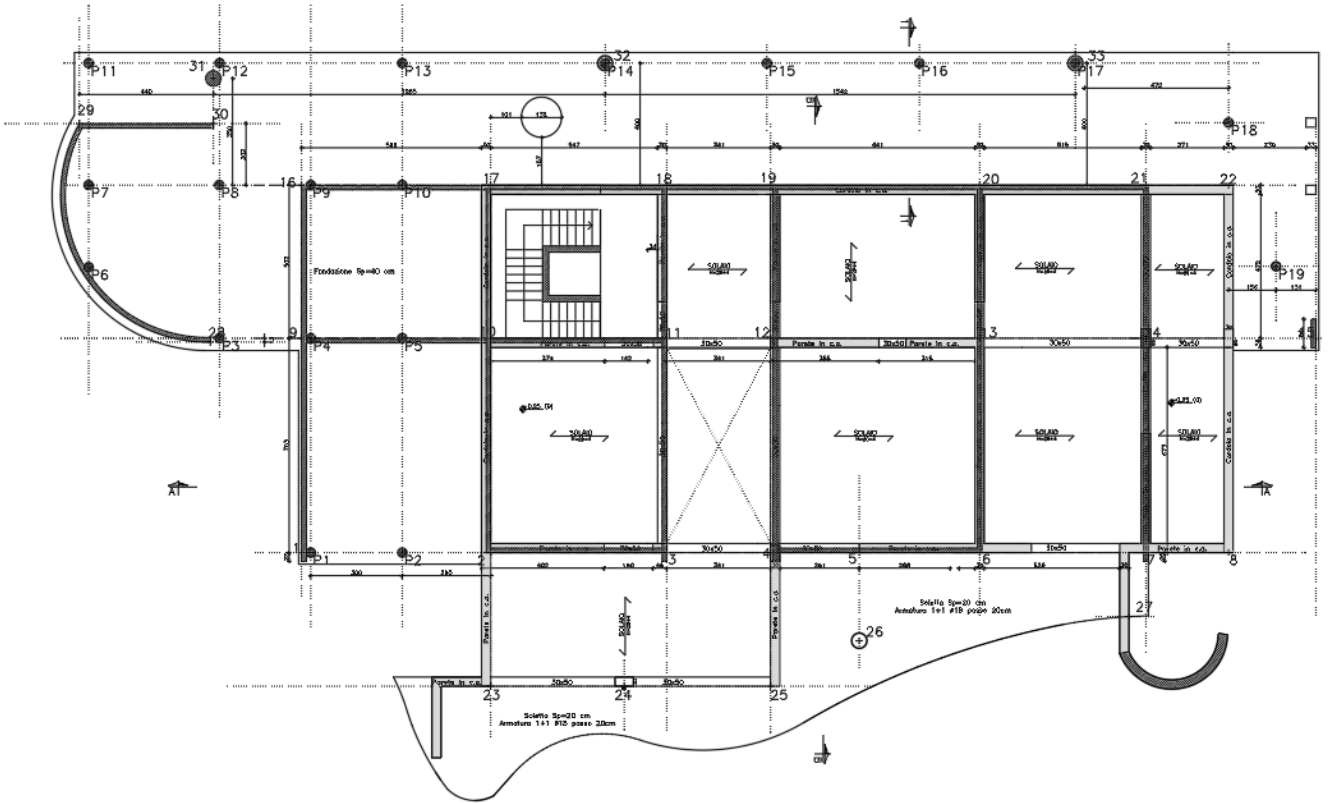


Figura 1 Carpenteria primo impalcato

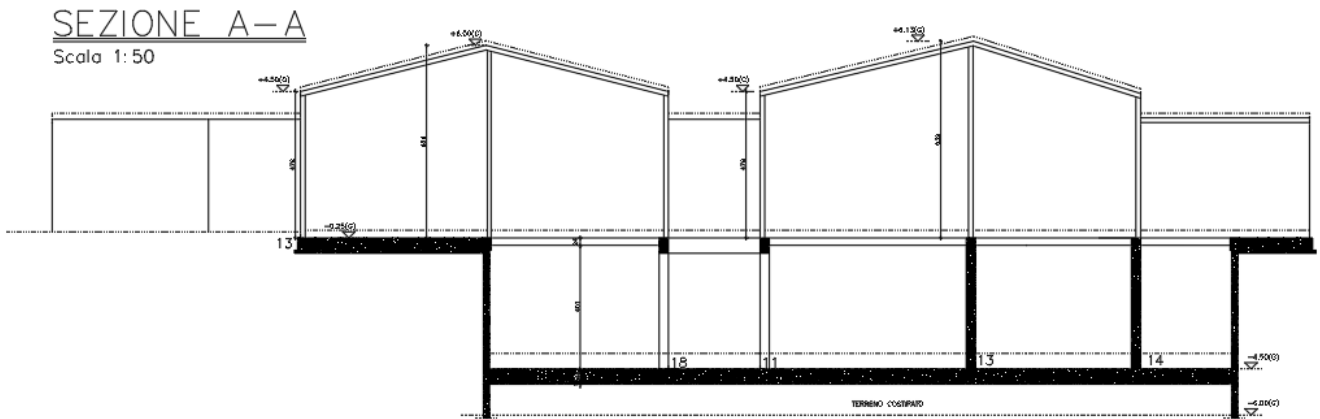


Figura 2 Sezione A-A

2. NORMATIVE TECNICA E RIFERIMENTI TECNICI UTILIZZATI

2.1. Normativa di riferimento

I calcoli sono condotti nel pieno rispetto della normativa vigente e, in particolare, la normativa cui viene fatto riferimento nelle fasi di calcolo, verifica e progettazione è costituita da:

- **D.M. 17/01/2018:** Aggiornamento delle “Norme Tecniche per le Costruzioni”
- **Circolare 21 gennaio 2019, n.7 C.S.LL.PP.:** Istruzioni per l’applicazione dell’Aggiornamento delle “Norme Tecniche per le Costruzioni” di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018

2.2. Referenze tecniche

- **UNI ENV 1992-1-1 – Parte 1:** Regole generali e regole per gli edifici;
- **UNI EN 206-1/2001 – Calcestruzzo.** Spiegazioni, prestazioni, produzione e conformità;
- **UNI EN 1993-1-1 Parte 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

- **Legge 5 novembre 1971, n. 1086:**
Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica.

- **Legge 2 Febbraio 1974, n. 64:**
Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

- **D.P.R. n.380 del 6 Giugno 2001:**
Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia.

3. DEFINIZIONE DEI PARAMETRI DI PROGETTO

3.1. Parametri sismici

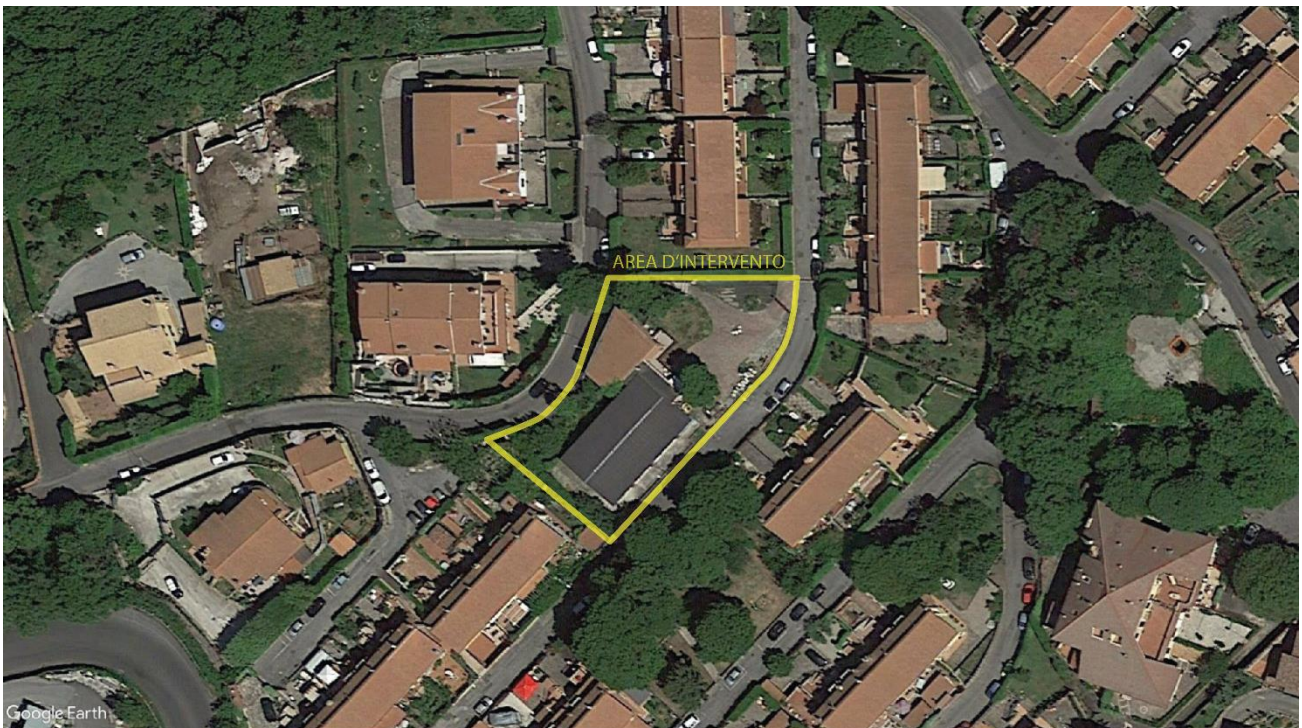
Zona sismica

L'edificio, ubicato all'interno del Comune di Rocca di Papa, ricade in **zona sismica di seconda categoria**, secondo la recente classificazione nazionale.

Coordinate geografiche

Località: Rocca di Papa

Coordinate: N = 41° 46' 17" E = 12° 42' 22"



Classe di duttilità

Classe di duttilità: **“B”**

Tipo di costruzione

V_N = 100 anni

Classe d’uso

Classe d’uso: **III** (costruzioni rilevanti il cui uso preveda affollamenti significativi)

C_U = 1.5

Periodo di riferimento

V_R = V_N x C_U = 100 x 1.5 = 150 anni

Fattore di struttura

Per la valutazione dell’azione sismica di progetto si adotta un fattore di struttura pari a 1,5 in quanto la struttura ricade nella tipologia strutturale mista.

Categoria di Suolo

Il geologo ha definito il terreno di **tipo “C”, e categoria topografica T1** secondo la classificazione del D.M. 17/01/2018.

La stratigrafia individuata dalle indagini è quella di seguito riportata:

Livello 1 – Terreno di Riporto

Le caratteristiche geotecniche dello strato sono modeste

Spessore strato: 6 m

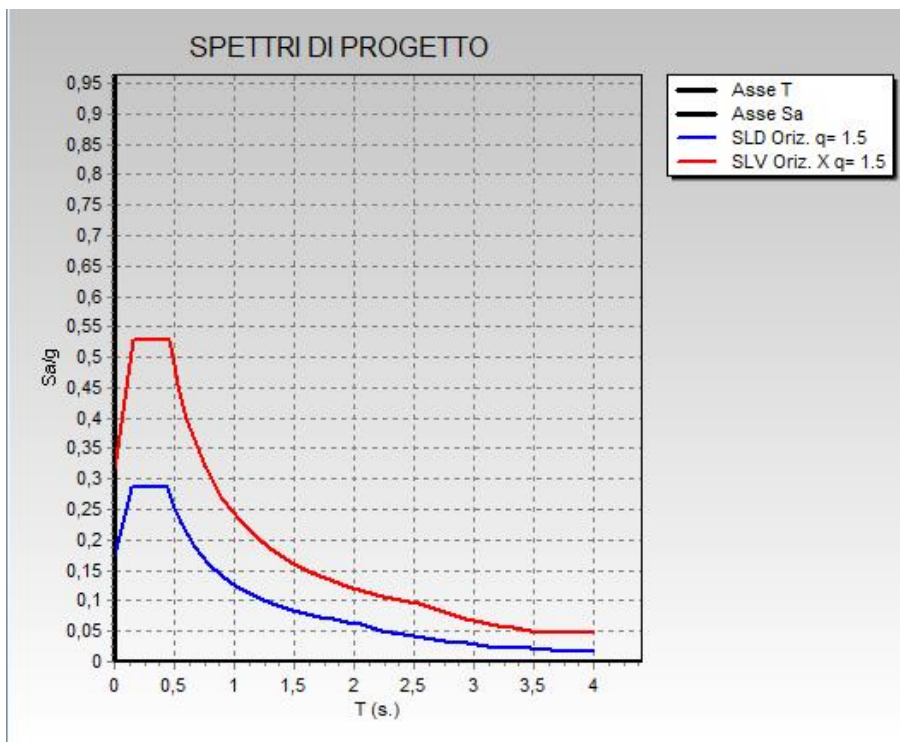
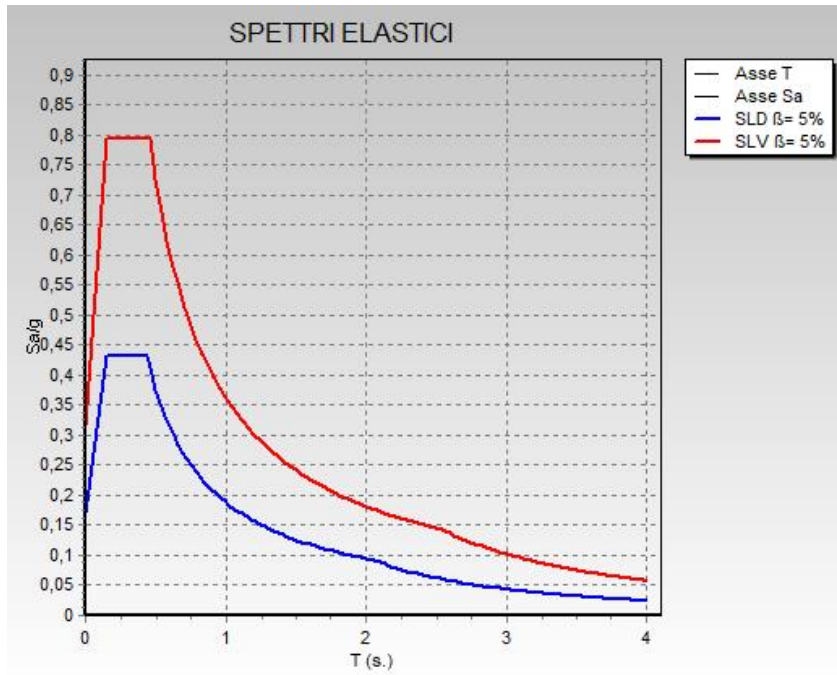
Livello 2 – Depositi piroclastici

Spessore strato: oltre 6 m

| LITOTIPI | Peso di volume (t/m ³) | Angolo di attrito φ (°) | Coesione drenata (t/m ²) | NSPT | Modulo Edometrico (Kg/cm ²) | Modulo di taglio G (Kg/cm ²) |
|--|------------------------------------|-------------------------|--------------------------------------|-------|---|--|
| RIPORTI E MATERIALI RIMANEGGIATI | 1,78 | 24 | 0.2 | 2,97 | --- | 180,84 |
| DEPOSITI PIROCLASTICI DA POCO A MEDIAMENTE ADDENSATI | 1,82 | 27 | 0.5 | 16,17 | 155,85 | 889,41 |

L’edificio si intesta sul primo livello, per cui si prevede la realizzazione di fondazioni a platea su pali e la sostituzione di uno strato di terreno di riporto con materiale costipato, come evidenziato negli elaborati grafici.

Nel rispetto del § 7.11.3.4.2 delle N.T.C./18, va precisato che si esclude la verifica a liquefazione in quanto la profondità media stagionale della falda è superiore a 15 metri dal piano campagna.



| STATO LIMITE | Tr (anni) | Probabilità superamento | a ₀ (g) | F ₀ | T _c * (sec) |
|----------------------------|-----------|-------------------------|--------------------|----------------|------------------------|
| Operatività (SLO) | 30 | 81% | 0.071 | 2.379 | 0.265 |
| Danno (SLD) | 50 | 63% | 0.088 | 2.429 | 0.268 |
| Salvaguardia Vita (SLV) | 475 | 10% | 0.191 | 2.558 | 0.281 |
| Prevenzione Collasso (SLC) | 975 | 5% | 0.236 | 2.520 | 0.289 |

| ALTRI PARAMETRI | SLO | SLD | SLV | SLC |
|--|--------|-------|-------|-------|
| Amplificazione Stratigrafica S _s | 1.50 | 1.50 | 1.41 | 1.34 |
| Coeff. Funzione Categoria C _c | 1.63 | 1.62 | 1.60 | 1.58 |
| Amplificazione Topografica S _t | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Coefficiente K _h | 0.021 | 0.026 | 0.065 | 0.088 |
| Coefficiente K _v | 0.0011 | 0.013 | 0.032 | 0.044 |
| Accelerazione massima attesa nel sito A _{max} (m/s ²) | 1.038 | 1.298 | 2.637 | 3.098 |
| Coefficiente β | 0.200 | 0.200 | 0.240 | 0.280 |

3.2. Analisi dei carichi unitari

3.2.1. Carichi permanenti

Si riporta di seguito l'analisi dei carichi unitari permanenti.

3.2.1.1. A1-PIANO TERRA: Soletta S = 40 cm

PESO PROPRIO:

$$\begin{aligned} \text{Peso proprio soletta: } 0.40 \times 2500 &= \frac{1000}{\text{m}^2} \text{ daN/m}^2 \\ \text{\textit{Totale peso proprio:}} &= \mathbf{1000} \text{ daN/m}^2 \end{aligned}$$

PERMANENTE PORTATO:

$$\begin{aligned} \text{Iglu' H=25cm} &= 6,4 \text{ daN/m}^2 \\ \text{Soletta: } 0.05 \times 2500 &= 125 \text{ daN/m}^2 \\ \text{Isolante: } 0,08 \times 90 &= 7,2 \text{ daN/m}^2 \\ \text{Pannello: } 0.025 \times 700 &= 17,5 \text{ daN/m}^2 \\ \text{Isolante: } 0,05 \times 90 &= 4,5 \text{ daN/m}^2 \\ \text{Massetto autolivellante: } 0,05 \times 2000 &= 100 \text{ daN/m}^2 \\ \text{Pavimento: } 0,02 \times 2000 &= 40 \text{ daN/m}^2 \\ \text{\textit{Totale permanente portato:}} &= \mathbf{300} \text{ daN/m}^2 \end{aligned}$$

3.2.1.2. A2-SOLAIO PIANI INTERMEDI H = 24 cm

PESO PROPRIO:

Totale peso proprio: = 315 daN/m²

PERMANENTE PORTATO:

| | | | |
|-----------------------------------|---|------------|--------------------|
| Pavimentazione (2 cm) | = | 40 | daN/m ² |
| Massetto : 0.05 x 2000 | = | 100 | daN/m ² |
| Isolante: 0.05 x 90 | = | 4.5 | daN/m ² |
| Pannello: 0,025 x 700 | = | 17.5 | daN/m ² |
| Isolante 0,08 x 90 | | 7.5 | daN/m ² |
| Isolante inferiore 0,06 x 90 | | 5,4 | daN/m ² |
| Incidenza Tramezzi | = | 80 | daN/m ² |
| <i>Totale permanente portato:</i> | = | <u>255</u> | daN/m ² |

3.2.1.3. A3-COPERTURA H = 12 cm

PESO PROPRIO:

| | | |
|-----------------------------------|---|-----------------------------|
| Peso proprio pannello: 0,12 x 350 | = | 42 daN/m ² |
| Totale peso proprio: | = | 42 daN/m² |

PERMANENTE PORTATO:

| | | |
|-----------------------------------|---|------------------------------|
| Isolante inferiore : 0.05 x 90 | = | 4.5 daN/m ² |
| Isolante: 0.10 x 90 | = | 9 daN/m ² |
| Isolante esterno: 0,06 x 90 | | 5.4 daN/m ² |
| Pannelli di coperura: | = | 125 daN/m ² |
| Intonaco (1 cm) | = | 20 daN/m ² |
| Totale permanente portato: | = | 165 daN/m² |

3.2.2. Carichi variabili

- **CAT. C1 ACCIDENTALE AMBIENTI SUSCETTIBILI DI AFFOLLAMENTO:**

300 daN/m²

- **CAT. F ACCIDENTALE RIMESSE, PARCHEGGI (Q<30KN):**

250 daN/m²

- **CAT. H ACCIDENTALE COPERTURE ACCESSIBILI PER SOLA MANUTENZIONE:**

50 daN/m²

- **CARICO NEVE IN COPERTURA (Rocca di Papa: 530 m.s.l.m.);**

$$q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_T$$

$$q_{sk} = 0.51 \cdot [1 + (a_s/481)^2] = 1.53 \text{ kN/m}^2 = 112 \text{ daN/m}^2$$

$$C_E = 1;$$

$$C_T = 1;$$

$$\mu_1 = 0.8;$$

$$q_s = 112 \cdot 0.8 \cdot 1 \cdot 1 = \mathbf{89 \text{ daN/m}^2}$$

4. DESCRIZIONE DEI MATERIALI E DEI PRODOTTI PER USO STRUTTURALI

In relazione alle caratteristiche ed alle tensioni presenti nelle strutture si prescrive l'impiego dei seguenti materiali strutturali:

Per il calcestruzzo si parte dall'individuazione della “*classe di esposizione*” secondo la tabella 12 delle “Linee Guida sul calcestruzzo strutturale” di seguito riportata:

| Denominazione della classe | Descrizione dell'ambiente di esposizione | Esempi di condizioni ambientali (a titolo informativo) |
|---|--|---|
| <i>1 – Nessun rischio di corrosione delle armature o di attacco chimico</i> | | |
| X0 | Molto secco | Edifici con interni a umidità relativa molto bassa |
| <i>2 – Corrosione indotta da carbonatazione</i> | | |
| XC1 | Secco | Interni di edifici a bassa umidità relativa |
| XC2 | Bagnato, raramente secco | Parti di strutture di contenimento liquidi; fondazioni |
| XC3 | Umidità moderata | Edifici con interni a umidità relativa da moderata ad alta; calcestruzzo esterno riparato dalla pioggia |
| XC4 | Ciclicamente secco e bagnato | Superfici soggette al contatto con acqua, non comprese nella classe XC2 |
| <i>3 – Corrosione indotta dai cloruri</i> | | |
| XD1 | Umidità moderata | Superfici esposte a spruzzi diretti di acqua contenente cloruri |
| XD2 | Bagnato, raramente secco | Piscine, calcestruzzo esposto ad acque industriali contenenti cloruri |
| XD3 | Ciclicamente secco e bagnato | Parti di ponti, pavimentazioni, parcheggi per auto |
| <i>4 – Corrosione indotta dai cloruri dell'acqua di mare</i> | | |
| XS1 | Esposto ad atmosfera salina ma non in contatto diretto con acqua di mare | Strutture sulla costa o in prossimità di essa |
| XS2 | Sommerso | Parti di strutture marine |
| XS3 | Nella zona delle maree, nelle zone soggette a spruzzi | Parti di strutture marine |
| <i>5 – Attacco da cicli di gelo e disgelo</i> | | |
| XF1 | Grado moderato di saturazione in assenza di sali disgelanti | Superfici verticali esposte alla pioggia e al gelo |
| XF2 | Grado moderato di saturazione in presenza di sali disgelanti | Superfici verticali di strutture stradali esposte a nebbie contenenti agenti disgelanti |
| XF3 | Grado elevato di saturazione in assenza di sali disgelanti | Superfici orizzontali esposte alla pioggia ed al gelo |
| XF4 | Grado elevato di saturazione in presenza di sali disgelanti | Superfici verticali od orizzontali esposte a spruzzi di acqua contenente sali disgelanti |
| <i>6 – Attacco chimico</i> | | |
| XA1 | Aggressività debole (secondo Tab. 9) | |
| XA2 | Aggressività moderata (secondo Tab. 9) | |
| XA3 | Aggressività forte (secondo Tab. 9) | |
| da: Draft pr EN 206: 1996 - 15, CEN/TC 104 | | |

Tabella 1

Dalla tab. 11 delle “Linee Guida sul calcestruzzo strutturale” si ottiene la “*resistenza caratteristica minima*” da impiegare:

| a/c _{max} | Contenuto minimo di cemento (kg/m ³) | Resistenza caratteristica minima N/mm ² | Classi di esposizione (Tab. 12) |
|--------------------|--|--|---------------------------------|
| 0,60 | 280 | 30 | XC1, XC2 |
| 0,55 | 300* | 37 | XC3, XF1, XA1, XD1 |
| 0,50 | 320* | 37-40 | XS1, XD2, XF2, XA2, XF3, XC4 |
| 0,45 | 350* | 45 | XS2, XS3, XA3, XD3, XF4 |

* In presenza di solfati impiegare cemento resistente ai solfati.

Tabella 2

Successivamente si individuano le “*condizioni ambientali*” dalla tab. 4.1.III del D.M 17.01.2008:

| CONDIZIONI AMBIENTALI | CLASSE DI ESPOSIZIONE |
|-----------------------|-----------------------------------|
| Ordinarie | X0, XC1, XC2, XC3, XF1 |
| Aggressive | XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3 |
| Molto aggressive | XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4 |

Tabella 3

Il dimensionamento dei copriferri (copristaffa) viene effettuato secondo le indicazioni dell’Eurocodice 2 tenendo conto delle caratteristiche dei materiali adottati, dell’ambiente in cui la struttura deve svolgere la sua funzione e alla vita utile di progetto.

Il copriferro nominale di progetto è dato da:

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$$

dove c_{nom} è il valore nominale di progetto, c_{min} è il valore minimo del copriferro e Δc_{dev} è la tolleranza di esecuzione relativa al copriferro che viene assunto, a favore di sicurezza, pari a 10 mm.

Il valore minimo del copriferro è dato da:

$$c_{min} = \max (c_{min,b} ; c_{min,dur} ; 10 \text{ mm})$$

dove $c_{min,b}$ è il copriferro minimo necessario per l’aderenza delle armature e $c_{min,dur}$ è il copriferro minimo correlato alle condizioni ambientali (durabilità). Il valore di $c_{min,b}$ è da assumersi pari al diametro della barra; se la dimensione dell’inerte è maggiore di 32 mm, il suddetto valore deve essere maggiorato di 5 mm.

La dimensione minima da assumere per il copriferro in relazione alle condizioni ambientali ($c_{min,dur}$) sono funzione della classe strutturale e della classe ambientale e, nel caso di calcestruzzi con armatura lenta o ordinaria, si ricavano dalla Tab. 5 (Tabella 4.4N dell’Eurocodice 2) che si riporta di seguito:

**RICOSTRUZIONE DI UN EDIFICIO DESTINATO AD ASILO NIDO DENOMINATO
"NUOVA CASA DELLE FATE"**

Tab. 4.4 N - Copriferro minimo richiesto (mm)

| Classe Strutturale | Classi di esposizione ambientale in accordo con il prospetto 4.1 | | | | | | |
|-----------------------|--|-----|----------|-----|-----------|-----------|-----------|
| | X0 | XC1 | XC2 /XC3 | XC4 | XD1 / XS1 | XD2 / XS2 | XD3 / XS3 |
| S1 | 10 | 10 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 |
| S2 | 10 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 |
| S3 | 10 | 10 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 |
| S4 | 10 | 15 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 |
| S5 | 15 | 20 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 |
| S6 | 20 | 25 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 |

Tabella 4

Va inoltre definita la “*classe di consistenza*” in funzione della lavorabilità richiesta, secondo quanto indicato nella tabella 1 delle “Linee Guida sul calcestruzzo strutturale” di seguito riportata:

| Classe di consistenza | Abbassamento mm | Denominazione corrente |
|-----------------------|-----------------|------------------------|
| S1 | da 10 a 40 | Umida |
| S2 | da 50 a 90 | Plastica |
| S3 | da 100 a 150 | Semifluida |
| S4 | da 160 a 210 | Fluida |
| S5 | > 210 | Superfluida |

Tabella 5

4.1. Fondazioni

4.1.1. Calcestruzzo

Le opere di fondazione, in base a quanto indicato dalla tabella 12 delle “Linee Guida sul calcestruzzo strutturale”, sono caratterizzate da una ambiente “Bagnato, raramente secco”, per il quale è definita una **Classe di esposizione XC2**.

Le caratteristiche di resistenza minime sono pari a **30N/mm²**, ed il rapporto **a/c** massimo pari a **0.6**.

Le condizioni ambientali sono pertanto di tipo “**Ordinarie**”, e la lavorabilità richiesta è di tipo “**Fluida**”.

Si riportano di seguito le caratteristiche adottate:

Tipo C25/30

| | |
|--|--|
| Resistenza caratteristica cubica | $R_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$ |
| Res. caratt. cilindrica a compressione | $f_{ck} = 0.83 * 30 = 24.90 \text{ N/mm}^2$ |
| Res. di calcolo a compressione | $f_{cd} = 0.85 * 24.90 / 1.5 = 14.11 \text{ N/mm}^2$ |
| Res. di calcolo a trazione | $f_{tcd} = [0.70 * 0.3 * 24.90^{2/3}] / 1.5 = 1.19 \text{ N/mm}^2$ |

| | |
|-------------------------------|-----------------------|
| Tipo di cemento: | CEM III o CEM IV |
| Rapporto Acqua/Cemento(max): | 0.60 |
| Contenuto minimo di cemento: | 280 kg/m ³ |
| Classe di consistenza: | S4 |
| Dimensione massima aggregato: | 25 mm |
| Classe di esposizione | XC2 |

4.1.2. Copriferro

Facendo riferimento alla Tab. 5, in corrispondenza della classe di consistenza S4 e della classe di esposizione XC2, si ricava $c_{min,dur} = 25 \text{ mm}$. Il valore minimo del copriferro richiesto per l’armatura di fondazione ($\phi 18$) risulta pari a:

$$c_{min} = \max (c_{min,b} ; c_{min,dur} ; 10 \text{ mm}) = \max (18 \text{ mm} ; 25 \text{ mm} ; 10 \text{ mm}) = 25 \text{ mm}$$

Il copriferro nominale minimo da adottare in fondazione è pertanto, a favore di sicurezza, pari a:

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 25 \text{ mm} + 10 \text{ mm} = 35 \text{ mm}$$

4.1.3. Acciaio per cemento armato

Si adotta un acciaio da cemento armato avente le caratteristiche di seguito riportate:

Tipo B450C

| | |
|--|-------------------------------|
| Tensione caratteristica di snervamento | $f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$ |
| Tensione caratteristica di rottura | $f_{tk} = 540 \text{ N/mm}^2$ |

4.2. Travi, pilastri e pareti in elevato

4.2.1. Calcestruzzo

Le opere in elevato, in base a quanto indicato dalla tabella 12 delle "Linee Guida sul calcestruzzo strutturale", sono caratterizzate da una ambiente "Secco", per il quale è definita una **Classe di esposizione XC1**.

Le caratteristiche di resistenza minime sono pari a **30N/mm²**, ed il rapporto a/c massimo pari a **0.6**.

Le condizioni ambientali sono pertanto di tipo "**Ordinarie**", e la lavorabilità richiesta è di tipo "**Fluida**".

Si riportano di seguito le caratteristiche adottate:

Tipo C25/30

| | |
|--|--|
| Resistenza caratteristica cubica | $R_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$ |
| Res. caratt. cilindrica a compressione | $f_{ck} = 0.83 \cdot 30 = 24.90 \text{ N/mm}^2$ |
| Res. di calcolo a compressione | $f_{cd} = 0.85 \cdot 24.90 / 1.5 = 14.11 \text{ N/mm}^2$ |
| Res. di calcolo a trazione | $f_{tcd} = [0.70 \cdot 0.3 \cdot 24.90^{2/3}] / 1.5 = 1.19 \text{ N/mm}^2$ |

| | |
|-------------------------------|-----------------------|
| Tipo di cemento: | CEM III o CEM IV |
| Rapporto Acqua/Cemento(max): | 0.60 |
| Contenuto minimo di cemento: | 280 kg/m ³ |
| Classe di consistenza: | S4 |
| Dimensione massima aggregato: | 25 mm |
| Classe di esposizione | XC1 |

4.2.2. Copriferro

Facendo riferimento alla Tab. 5, in corrispondenza della classe di consistenza S4 e della classe di esposizione XC1, si ricava $c_{min,dur} = 15 \text{ mm}$. Il valore minimo del copriferro richiesto per le staffe ($\phi 8$) risulta pari a:

$$c_{min} = \max (c_{min,b}; c_{min,dur}; 10 \text{ mm}) = \max (8 \text{ mm}; 15 \text{ mm}; 10 \text{ mm}) = 15 \text{ mm}$$

Il copriferro nominale minimo da adottare per le staffe è pertanto, a favore di sicurezza, pari a:

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 15 \text{ mm} + 10 \text{ mm} = 25 \text{ mm}$$

Il valore del copriferro minimo richiesto dai filanti, considerando che è stato utilizzato un diametro massimo pari a 24 mm, risulta pari a:

$$c_{min} = \max (c_{min,b}; c_{min,dur}; 10 \text{ mm}) = \max (24 \text{ mm}; 15 \text{ mm}; 10 \text{ mm}) = 24 \text{ mm}$$

Il copriferro nominale minimo da adottare per i filanti è pertanto, a favore di sicurezza, pari a $c_{nom} = 34 \text{ mm}$.

Il copriferro minimo richiesto per le staffe rappresenta la condizione più gravosa. Infatti, ponendo le staffe a 25 mm dai bordi della trave o del pilastro, il copriferro dei filanti risulta pari a 33 mm, con buona approssimazione coincidente al minimo richiesto.

4.2.3. Acciaio per cemento armato

Si adotta una acciaio da cemento armato avente le caratteristiche di seguito riportate:

Tipo B450C

| | |
|--|-------------------------------|
| Tensione caratteristica di snervamento | $f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$ |
|--|-------------------------------|

Tensione caratteristica di rottura

$$f_{tk} = 540 \text{ N/mm}^2$$

4.2.4. Profili in acciaio

S275JR (ex Fe 430 B) UNI EN 10025-2

Tensione caratteristica di rottura:

$$f_{tk} \geq 430 \text{ N/mm}^2$$

Tensione caratteristica di snervamento:

$$f_{yk} \geq 275 \text{ N/mm}^2$$

Saldature:

secondo le specifiche degli elaborati grafici.

Bulloni ad alta resistenza:

| Elemento | Materiale |
|----------|---|
| Viti | classe 8.8 secondo UNI EN ISO 898-1 |
| Dadi | classe 8 secondo UNI EN 20898 – 2 |
| Rondelle | Acciaio C 50 temprato e rinvenuto HRC 32÷40 |

Coppie di serraggio secondo Circ. 21/1/2019 n. 7 C.S.LL.PP.

4.2.5. Pannelli X-LAM

Si adottano pannelli X-LAM di spessore complessivo 15 cm, formati da 5 strati di spessore 30 mm di tavole in legno di abete reciprocamente incrociati e incollati di classe di resistenza C24 (riferimento standard europeo UNI-EN338 del 2009)

Massa volumica caratteristica = 350 kg/m³

Massa volumica media = 420 kg/m³

MODULO ELASTICO

Modulo elastico medio parallelo alle fibre $E_{0,mean} = 11.000 \text{ Mpa}$

Modulo elastico caratteristico parallelo $E_{0,05} = 7.400 \text{ Mpa}$

Modulo elastico medio perpendicolare $E_{90,mean} = 370 \text{ Mpa}$

Modulo di taglio medio $G_{mean} = 690 \text{ Mpa}$

VALORI DI RESISTENZA

Flessione $f_{m,k} = 24 \text{ Mpa}$

Trazione parallela alla fibratura $f_{t,0,k} = 14 \text{ Mpa}$

Trazione perpendicolare alla fibratura $f_{t,90,k} = 0,4 \text{ Mpa}$

Compressione parallela alla fibratura $f_{c,0,k} = 21 \text{ Mpa}$

Compressione perpendicolare alla fibratura $f_{c,90,k} =$

Taglio $f_{v,k} = 4 \text{ Mpa}$

Il valore del momento di inerzia effettivo è calcolato trascurando la deformabilità a taglio degli strati trasversali, non considerando una riduzione di rigidezza flessionale legata allo scorrimento trasversale di tali strati.

$$I_{effettivo} = \frac{\sum I_i E_i + \sum A_i a_i^2 E_i}{E_0}$$

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

Area trasversale della sezione piena di pannello = 150000 mm²

Area trasversale della sezione netta di pannello da considerare per la verifica di compressione parallela alla fibratura esterna del pannello sollecitato in compressione semplice (area degli strati paralleli alla direzione delle tavole dello strato esterno) = 90000 mm²

5. CONDIZIONI ELEMENTARI DI CARICO

Si riportano le condizioni elementari di carico.

5.1. Condizioni elementari di carico

Descrizione: Nome assegnato alla condizione di carico.

Famiglia: Nome della famiglia di appartenenza della condizione di carico.

I/II: Descrive la classificazione della condizione (necessario per strutture in acciaio e in legno).

Durata: Descrive la durata della condizione (necessario per strutture in legno).

Psi0: Coefficiente moltiplicatore Psi0. Il valore è adimensionale.

Psi1: Coefficiente moltiplicatore Psi1. Il valore è adimensionale.

Psi2: Coefficiente moltiplicatore Psi2. Il valore è adimensionale.

| Descrizione | Famiglia | I/II | Durata | Psi0 | Psi1 | Psi2 |
|----------------------------|--------------------------|------|------------|------|------|------|
| Pesi strutturali | PESI PROPRI | | Permanente | | | |
| Permanenti non strutturali | SOVRACCARICHI PERMANENTI | I | Permanente | | | |
| Var. Parcheggi | ACCIDENTALE | I | Media | 0.7 | 0.7 | 0.6 |
| Var. Amb. affol. | ACCIDENTALE | I | Media | 0.7 | 0.7 | 0.6 |
| Var. Coperture | ACCIDENTALE | I | Media | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Var. Neve h<1000 | NEVE | I | Media | 0.5 | 0.2 | 0.0 |
| Sisma direz. grd 0 | 0 | | | | | |
| Sisma direz. grd 90 | 90 | | | | | |
| Sisma verticale | Z | | | | | |
| Corr. Tors. dir. 0 | E0 | | | | | |
| Corr. Tors. dir. 90 | E90 | | | | | |

Tabella 6: Descrizione delle condizioni di carico

RELAZIONE DEL PROGETTO STRUTTURALE

Si riportano tutte le combinazioni di carico impiegate ai fini delle verifiche dei diversi stati limite. In ciascuna colonna (che corrisponde ad una combinazione) vengono riportati una serie di coefficienti relativi a tutte le condizioni di carico esistenti (righe della tabella).

| 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.Ambienti affollati | 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.Par.q<30Kn | 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 |
| 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.Ambienti affollati | 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.Par.q<30Kn | 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 |
| 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.Ambienti affollati | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 |
| Var.Neve h<=1000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Var.Par.q<30Kn | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 |
| 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 |

Tabella 8: Combinazioni SLV-A1 e SLD

| COMBINAZIONI RARE - S.L.E. | | |
|----------------------------|------|------|
| DESCRIZIONI | 1 | 2 |
| Peso Strutturale | 1,00 | 1,00 |
| Perm.Non Strutturale | 1,00 | 1,00 |
| Var.Ambienti affollati | 1,00 | 0,70 |
| Var.Neve h>1000 | 0,70 | 1,00 |
| 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 |
| Sisma verticale | 0,00 | 0,00 |

Tabella 9: Combinazioni rare

| COMBINAZIONI FREQUENTI - S.L.E. | | |
|---------------------------------|------|------|
| DESCRIZIONI | 1 | 2 |
| Peso Strutturale | 1,00 | 1,00 |
| Perm.Non Strutturale | 1,00 | 1,00 |
| Var. Ambienti affollati | 0,70 | 0,60 |
| Var.Neve h>1000 | 0,20 | 0,50 |
| 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 |
| Sisma verticale | 0,00 | 0,00 |

Tabella 10: Combinazioni frequenti

| COMBINAZIONI PERMANENTI - S.L.E. | |
|----------------------------------|------|
| DESCRIZIONI | 1 |
| Peso Strutturale | 1,00 |
| Perm.Non Strutturale | 1,00 |

| COMBINAZIONI PERMANENTI - S.L.E. | |
|---|----------|
| DESCRIZIONI | 1 |
| Var. Ambienti affollati | 0,60 |
| Var. Neve h>1000 | 0,20 |
| Corr. Tors. dir. 0 | 0,00 |
| Corr. Tors. dir. 90 | 0,00 |
| Sisma direz. grd 0 | 0,00 |
| Sisma direz. grd 90 | 0,00 |
| Sisma verticale | 0,00 |

Tabella 11: Combinazioni permanenti

6. H – INDICAZIONE MOTIVATA DEL METODO DI ANALISI SEGUITO

6.1. Tipo di analisi svolta e motivazione

L'analisi per le combinazioni delle azioni permanenti e variabili è stata condotta in regime elastico lineare.

Per quanto riguarda le azioni sismiche, tenendo conto che per la tipologia strutturale in esame possono essere significativi i modi superiori, si è optato per l'analisi modale con spettro di risposta di progetto e fattore di struttura ("analisi lineare dinamica"). La scelta è stata anche dettata dal fatto che tale tipo di analisi è nelle NTC 2018 indicata come l'analisi di riferimento che può essere utilizzata senza limitazione di sorta.

Per rappresentare la rigidità fessurata degli elementi strutturali, secondo quanto richiesto nel § 7.2.6 del D.M. 17/01/2018, sono state seguite le indicazioni presenti nelle Norme USA FEMA 356. Le rigidità di travi e pilastri sono state quindi ridotte rispettivamente al 50% e al 70% della rigidità dei corrispondenti elementi non fessurati.

I modi di vibrazione considerati sono in numero tale da assicurare l'eccitazione di più dell'85% della massa totale della struttura come previsto al § 7.3.3 delle NTC 2018.

Per ciascuna direzione di ingresso del sisma si sono valutate le forze modali che vengono applicate su ciascun nodo spaziale (due forze in direzione X, Y, e due momenti).

Per la verifica della struttura si è fatto riferimento all'analisi modale, pertanto sono prima calcolate le sollecitazioni e gli spostamenti modali e poi viene calcolato il loro valore efficace attraverso la combinazione quadratica completa (CQC), considerando un coefficiente di smorzamento pari al 5%.

I valori stampati nei tabulati finali allegati sono proprio i suddetti valori efficaci e pertanto l'equilibrio ai nodi perde di significato. I valori delle sollecitazioni sismiche sono combinate linearmente (in somma e in differenza) con quelle per carichi statici per ottenere le sollecitazioni per sisma nelle due direzioni di calcolo.

Gli angoli delle direzioni di ingresso dei sismi sono valutati rispetto all'asse X del sistema di riferimento globale.

6.2. Modellazione della struttura

Al fine di dimensionare gli elementi strutturali dell'edificio, questo è stato modellato con il software di calcolo CDSWin.

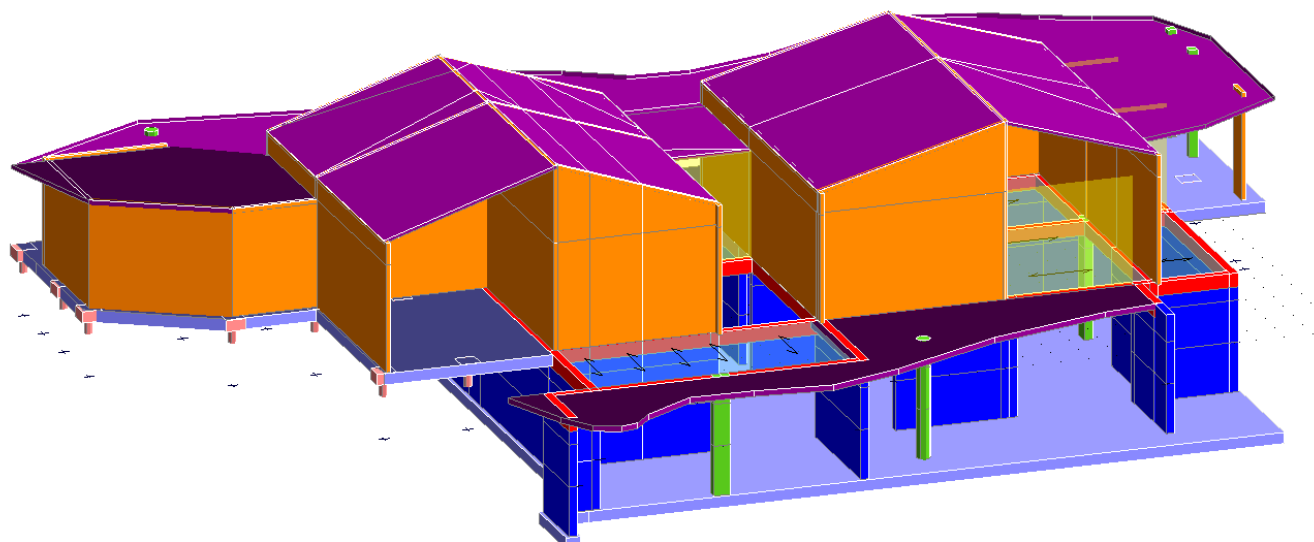


Fig. 1 - Modello di calcolo

7. I – CRITERI DI VERIFICA AGLI STATI LIMITE INDAGATI

7.1. Verifiche elementi strutturali

Le verifiche sono state condotte con il metodo degli stati limite (SLU e SLE) utilizzando i coefficienti parziali della normativa di cui al D.M. 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.

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.

Tutte le verifiche sono state condotte secondo quanto previsto al § 4.1.2 del D.M. 17/01/2018.

7.2. Verifiche elementi non strutturali

7.2.1. Verifica tamponature

In base a quanto previsto nel § C7.3.6.2 della Circolare n. 7 del 21/01/2019, la prestazione consistente nell'evitare collassi fragili e prematuri e la possibile espulsione sotto l'azione della F_a delle tamponature si può ritenere conseguita con l'inserimento di leggere reti da intonaco su due lati della muratura, collegate tra loro ed alle strutture circostanti a distanza non superiore a 500 mm sia in direzione orizzontale sia in direzione verticale, ovvero con l'inserimento di elementi di armatura orizzontale nei letti di malta, a distanza non superiore a 500 mm.