



# COMUNE DI LENI (PROVINCIA DI MESSINA)

## OPERE DI ATTUAZIONE DEL PIANO REGOLATORE PORTUALE DI RINELLA 1° STRALCIO FUNZIONALE PROGETTO DEFINITIVO



PROGETTAZIONE:



RILIEVI E INDAGINI:



Dott. A. Analfino  
Dott. biol. G. Catalano

ARCHEOLOGO:  
*Daniela Raia*

RESPONSABILE INTEGRAZIONI DELLE  
PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

Ing. Antonino SUTERA

PROGETTISTI:

Ing. Umberto RICCI  
Ing. Antonino SUTERA  
Ing. Giuseppe BERNARDO  
Ing. Massimo TONDELLO  
Ing. Andrea PEDRONCINI  
Ing. Roberta Chiara DE CLARIO

GEOLOGIA:

Geol. Marco SANDRUCCI

GRUPPO DI LAVORO:

Ing. Giuseppe CUTRUPI  
Ing. Stefania FERLAZZO  
Ing. Simone FIUMARA  
Arch. Francesca GANGEMI  
Arch. Erica PIPITO'  
Ing. Silvia BERIOTTO  
Ing. Nicola SGUOTTI  
Ing. Silvia TORRETTA  
Ing. Fabio VINCI

COORD. SICUREZZA PROGETTAZIONE:

Ing. Giuseppe BERNARDO



**D.05**

### RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE DELLE OPERE MARITTIME

Questo elaborato è di proprietà della Proger S.p.A. pertanto non può essere riprodotto né integralmente, né in parte senza l'autorizzazione scritta della stessa. Da non utilizzare per scopi diversi da quelli per cui è stato fornito.

Nome File	Scala	Commessa	Codice Elaborato					
DNC135_PD_D.05_2020-10-28_R0_Relazione di calcolo strutturale delle opere marittime_FRZ.docx		P20070	D	00	00	G	RL	04

REVISIONI	REV. n°	DATA	MOTIVAZIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO
	00	30/10/2020		Ing. Stefania FERLAZZO	Ing. Giuseppe BERNARDO	Ing. Antonino SUTERA

R.U.P.:

Arch. Domenico ARCORACI

VISTI/APPROVAZIONI:



## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>QUADRO NORMATIVO</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>CRITERI GENERALI DI PROGETTO E VERIFICA</b>	<b>6</b>
	3.1 SICUREZZA E PRESTAZIONI ATTESE	6
	3.2 AZIONI SULLE COSTRUZIONI	6
	3.2.1 Classificazione e determinazione delle azioni	6
	3.2.2 Combinazione delle azioni	7
	3.3 AZIONI SISMICHE	8
	3.3.1 Stati limite e relative probabilità di superamento	9
	3.3.2 Categoria di sottosuolo e condizioni topografiche	10
	3.3.3 Valutazione dell'azione sismica	11
	3.3.4 Vita nominale di progetto	14
	3.3.5 Classi d'uso	14
	3.3.6 Periodo di riferimento per l'azione sismica	15
	3.3.7 Valori caratteristici dell'azione sismica per il sito d'interesse	15
	3.4 OPERE CHE INTERAGISCONO CON IL TERRENO	16
	3.4.1 Verifiche agli stati limite	16
<b>4</b>	<b>MURO PARAONDE – VERIFICHE STRUTTURALI</b>	<b>18</b>
	4.1 VERIFICA SEZIONE A	18
	4.2 VERIFICA SEZIONE B	20
	4.3 VERIFICA SEZIONE C	22
<b>5</b>	<b>VERIFICHE STRUTTURALI MURO DI CORONAMENTO MASSI PILONATI</b>	<b>24</b>
	5.1 DATI DI INPUT	24
	5.2 VERIFICHE STRUTTURALI	25
	5.3 COMPUTO MATERIALI	27
<b>6</b>	<b>CALCOLO CAVES-A-BATEAUX</b>	<b>28</b>
	6.1 ORIGINE E CARATTERISTICHE DEL CODICE DI CALCOLO	29
	6.2 CARICHI ADOTTATI NELLA MODELLAZIONE DI CALCOLO	30

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE DELLE OPERE MARITTIME

---

6.2.1	<i>Carichi permanenti</i>	30
6.2.2	<i>Sovraccarichi</i>	31
6.2.3	<i>Azioni della neve</i>	31
6.2.4	<i>Azioni del vento</i>	32
6.2.5	<i>Azioni della temperatura</i>	35
6.2.6	<i>Azione eccezionale</i>	35
6.3	<i>DATI GENERALI RELATIVI ALL'ANALISI DINAMICA</i>	36
6.4	<i>MODELLO 1</i>	37
6.4.1	<i>Riepilogo azioni di calcolo considerate</i>	37
6.4.2	<i>Dati relativi all'analisi dinamica</i>	37
6.5	<i>MODELLO 2</i>	42
6.5.1	<i>Riepilogo azioni di calcolo considerate</i>	42
6.5.2	<i>Dati relativi all'analisi dinamica</i>	42
6.6	<i>VERIFICHE E COMPUTO MATERIALI</i>	43
6.6.1	<i>Calcolo soletta di copertura</i>	43
6.6.2	<i>Verifiche setti</i>	46
6.6.3	<i>Computo materiali</i>	58

## 1 PREMESSA

La presente Relazione di Calcolo Strutturale delle Opere Marittime si rende nell'ambito del Progetto Definitivo riguardante la realizzazione delle "Opere di attuazione del Piano Regolatore Portuale di Rinella. 1° Stralcio Funzionale" (CUP D21C18000280002 – CIG 8075254668).

In essa, dopo aver riportato i riferimenti normativi con i relativi criteri di progetto e verifica, sono stati sviluppati i calcoli di verifica della struttura in setti per la realizzazione dei depositi a servizio delle imbarcazioni (Caves-a-Bateaux) e le verifiche strutturali relative ai muri paraonde e ai muri di coronamento in c.a. dei massi pilonati previsti in progetto, per la cui descrizione si rimanda all'elaborato A.01 RELAZIONE GENERALE.

## 2 QUADRO NORMATIVO

- D.M. Ministero Infrastrutture del 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.
- Linee Guida Calcestruzzo Strutturale del Servizio Tecnico centrale del Consiglio Superiore dei LL.PP.
- Eurocodice 2 - Progettazione strutture in calcestruzzo.
- Eurocodice 8 - Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture.

### 3 CRITERI GENERALI DI PROGETTO E VERIFICA

#### 3.1 Sicurezza e prestazioni attese

Le opere e le componenti strutturali devono essere progettate, eseguite, collaudate e soggette a manutenzione in modo tale da consentirne la prevista utilizzazione, in forma economicamente sostenibile e con il livello di sicurezza previsto dal D.M. 17/01/2018. La sicurezza e le prestazioni di un'opera o di una parte di essa devono essere valutate in relazione agli stati limite che si possono verificare durante la vita nominale di progetto. Si definisce stato limite una condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze per le quali era stata progettata.

In particolare, le opere devono possedere i seguenti requisiti:

- sicurezza nei confronti di **stati limite ultimi** (SLU): capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone oppure comportare la perdita di beni, oppure provocare gravi danni ambientali e sociali, oppure mettere fuori servizio l'opera;
- sicurezza nei confronti di **stati limite di esercizio** (SLE): capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio;
- sicurezza **antincendio**: capacità di garantire le prestazioni strutturali previste in caso d'incendio, per un periodo richiesto;
- **durabilità**: capacità della costruzione di mantenere, nell'arco della vita nominale di progetto, i livelli prestazionali per i quali è stata progettata, tenuto conto delle caratteristiche ambientali in cui si trova e del livello previsto di manutenzione;
- **robustezza**: capacità di evitare danni sproporzionati rispetto all'entità di possibili cause innescanti eccezionali quali esplosioni e urti.

Il superamento di uno stato limite ultimo ha carattere irreversibile. Il superamento di uno stato limite di esercizio può avere carattere reversibile o irreversibile.

#### 3.2 Azioni sulle costruzioni

Si definisce azione ogni causa o insieme di cause capace di indurre stati limite in una struttura.

##### 3.2.1 Classificazione e determinazione delle azioni

Le azioni agenti sulle strutture possono essere classificate:

- **in base in base al modo di esplicarsi:**
  - dirette (forze concentrate, carichi distribuiti, fissi o mobili);
  - indirette (spostamenti impressi, variazioni di temperatura e di umidità, ritiro, precompressione, cedimenti di vincoli, ecc.);
  - degrado.
- **secondo la risposta strutturale:**
  - statiche;
  - pseudo statiche;
  - dinamiche;
- **secondo la variazione della loro intensità nel tempo:**

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE DELLE OPERE MARITTIME

- permanenti (azioni che agiscono durante tutta la vita nominale di progetto della costruzione, la cui variazione di intensità nel tempo è molto lenta e di modesta entità);
- variabili (azioni che agiscono con valori istantanei che possono risultare sensibilmente diversi fra loro nel corso della vita nominale della struttura);
- eccezionali (azioni che si verificano solo eccezionalmente nel corso della vita nominale della struttura);
- sismiche (azioni derivanti dai terremoti).

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  $q_k$  [kN/m<sup>2</sup>]
- carichi verticali concentrati  $Q_k$  [kN]
- carichi orizzontali lineari  $H_k$  [kN/m]

I valori nominali e/o caratteristici  $q_k$ ,  $Q_k$  ed  $H_k$  di riferimento sono riportati nella Tab. 3.1.II. delle NTC 2018. Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione e sono funzione delle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche che determinano la risposta sismica locale.

**3.2.2 Combinazione delle azioni**

Ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni:

- **Combinazione fondamentale**, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU)

$$\gamma_{G1}G_1 + \gamma_{G2}G_2 + \gamma_P P + \gamma_{Q1}Q_{k1} + \gamma_{Q2} \Psi_{Q2}Q_{k2} + \gamma_{Q3} \Psi_{Q3}Q_{k3} + \dots$$

- **Combinazione caratteristica (rara)**, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \Psi_{02}Q_{k2} + \Psi_{03}Q_{k3} + \dots$$

- **Combinazione frequente**, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \Psi_{11}Q_{k1} + \Psi_{22}Q_{k2} + \dots$$

- **Combinazione quasi permanente (SLE)**, generalmente impiegata per gli effetti alungo termine

$$G_1 + G_2 + P + \Psi_{21}Q_{k1} + \Psi_{22}Q_{k2} + \dots$$

- **Combinazione sismica**, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

$$E + G_1 + G_2 + P + \Psi_{21}Q_{k1} + \Psi_{22}Q_{k2} + \dots$$

- **Combinazione eccezionale**, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \Psi_{21}Q_{k1} + \Psi_{22}Q_{k2} + \dots$$

Le azioni si combinano applicando i coefficienti  $\Psi_{0j}$ ,  $\Psi_{1j}$  e  $\Psi_{2j}$  j definiti nella Tabella 2.5.I del D.M. 17/01/2018 e i valori dei coefficienti parziali  $\gamma_{Gi}$  e  $\gamma_{Qi}$  dati nella Tabella 2.6.I del D.M. 17/01/2018).

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE DELLE OPERE MARITTIME

**Tabella 3-1- Valori dei coefficienti di combinazione - Rif. Tab. 2.5.I D.M. 17/01/2018**

Categoria/Azione variabile	$\Psi_{0j}$	$\Psi_{1j}$	$\Psi_{2j}$
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 - Aree per immagazzinamento, uso commerciale e uso industriale Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso $\leq 30$ kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso $> 30$ kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H - Coperture accessibili per sola manutenzione	0,0	0,0	0,0
Categoria I - Coperture praticabili	da valutarsi caso per caso		
Categoria K - Coperture per usi speciali (impianti, eliporti, ...)			
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota $\leq 1000$ 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 3-2 Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU – Rif. Tab. 2.6.I D.M. 17/01/2018**

		Coefficiente	EQU	A1	A2
		$\gamma_F$			
Carichi permanenti $G_1$	Favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali $G_2^{(1)}$	Favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevoli	$\gamma_{Q1}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

<sup>(1)</sup> Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali o di una parte di essi (ad es. carichi permanenti portati) sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti parziali validi per le azioni permanenti.

### 3.3 Azioni sismiche

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione e sono funzione delle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche che determinano la risposta sismica locale.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A come definita al § 3.2.2), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente  $S_e(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza  $P_{VR}$  come definite nel § 3.2.1, nel periodo di riferimento  $V_R$ , come definito nel § 2.4. In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica locale dell'area della costruzione.

Ai fini della presente normativa le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento  $P_{VR}$  nel periodo di riferimento  $V_R$ , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- $a_g$  accelerazione orizzontale massima al sito;
- $F_0$  valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE DELLE OPERE MARITTIME

- $T^*_c$  valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

**3.3.1 Stati limite e relative probabilità di superamento**

Nei confronti delle azioni sismiche, sia gli **Stati limite di esercizio (SLE)** che gli **Stati limite ultimi (SLU)** sono individuati riferendosi alle prestazioni del manufatto nel suo complesso.

Gli **Stati limite di esercizio (SLE)** comprendono:

- **Stato Limite di Operatività (SLO):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e le apparecchiature rilevanti in relazione alla sua funzione, non deve subire danni e interruzioni d'uso significativi;
- **Stato Limite di Danno (SLD):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali e orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli **Stati limite ultimi (SLU)** comprendono:

- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali e impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali e impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali e un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

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 Tab. 3.2.I (D.M. 17/01/2018).

**Tabella 3-3 Probabilità di superamento PVR in funzione dello stato limite considerato - Rif. Tab. 3.2.I D.M. 17/01/2018**

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%

Qualora la protezione nei confronti degli stati limite di esercizio sia di prioritaria importanza, i valori di  $P_{VR}$  forniti in tabella devono essere ridotti in funzione del grado di protezione che si vuole raggiungere. Per ciascuno stato limite e relativa probabilità di eccedenza  $P_{VR}$  nel periodo di riferimento  $V_R$  si ricava il periodo di ritorno  $T_R$  del sisma utilizzando la relazione:

$$T_R = - V_R / \ln (1- P_{VR}) = - C_U V_N / \ln (1- P_{VR})$$

### 3.3.2 Categoria di sottosuolo e condizioni topografiche

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.11 del D.M. 17/01/2018, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio,  $V_s$ .

I valori di  $V_s$  sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche e ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_{s,eq}$  (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

con:

- $h_i$  spessore dell'i-esimo strato;
- $V_{s,i}$  velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;
- N numero di strati;
- H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da VS non inferiore a 800 m/s.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{s,eq}$  è definita dal parametro  $V_{s,30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.11 (D.M. 17/01/2018).

**Tabella 3-4- Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato**

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	<i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	<i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

## RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE DELLE OPERE MARITTIME

Per queste cinque categorie di sottosuolo, le azioni sismiche sono definibili come descritto al § 3.2.3 delle norme (D.M. 17/01/2018). Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione (Tab. 3.2.III D.M. 17/01/2018):

**Tabella 3-5-Categorie topografiche - Rif. Tab. 3.2.III D.M. 17/01/2018**

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Le suesposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

### 3.3.3 Valutazione dell'azione sismica

L'azione sismica è caratterizzata da 3 componenti traslazionali, due orizzontali contrassegnate da X e Y e una verticale contrassegnata da Z, da considerare tra di loro indipendenti. Per le opere e i sistemi geotecnici, la componente verticale verrà considerata ove espressamente specificato e purché il sito nel quale sorge la costruzione sia caratterizzato da un'accelerazione al suolo pari ad  $a_g \geq 0,15g$ .

Le componenti possono essere descritte, in funzione del tipo di analisi adottata, mediante una delle seguenti rappresentazioni:

- accelerazione massima in superficie;
- accelerazione massima e relativo spettro di risposta in superficie;
- storia temporale del moto del terreno.

Sulla base di apposite analisi di risposta sismica locale si può poi passare dai valori in superficie ai valori sui piani di riferimento definiti nel § 3.2.2 (D.M. 17/01/2018); in assenza di tali analisi l'azione in superficie può essere assunta come agente su tali piani.

Le due componenti ortogonali indipendenti che descrivono il moto orizzontale sono caratterizzate dallo stesso spettro di risposta o dalle due componenti accelerometriche orizzontali del moto sismico.

La componente che descrive il moto verticale è caratterizzata dal suo spettro di risposta o dalla componente accelerometrica verticale.

In mancanza di documentata informazione specifica, in via semplificata l'accelerazione massima e lo spettro di risposta della componente verticale attesa in superficie possono essere determinati sulla base dell'accelerazione massima e dello spettro di risposta delle due componenti orizzontali. La componente accelerometrica verticale può essere correlata alle componenti accelerometriche orizzontali del moto sismico.

Quale che sia la probabilità di superamento  $P_{VR}$  nel periodo di riferimento  $V_R$ , la definizione degli spettri di risposta elastici, degli spettri di risposta di progetto e delle storie temporali del moto del terreno è fornita ai paragrafi successivi.

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione è espresso da una forma spettrale (spettro normalizzato) riferita a uno smorzamento convenzionale del 5%, moltiplicata per il valore della accelerazione orizzontale massima  $a_g$  su sito di riferimento rigido orizzontale. Sia la forma spettrale che il valore di  $a_g$  variano al variare della probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$ .

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE DELLE OPERE MARITTIME

Gli spettri così definiti possono essere utilizzati per strutture con periodo fondamentale minore o uguale a 4,0 s. Per strutture con periodi fondamentali superiori lo spettro deve essere definito da apposite analisi oppure l'azione sismica deve essere descritta mediante storie temporali del moto del terreno.

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione della componente orizzontale del moto sismico,  $S_e$ , è definito dalle espressioni seguenti:

$$0 \leq T \leq T_B \quad S_e(T) = a_g S \eta F_0 \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta F_0} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T \leq T_C \quad S_e(T) = a_g S \eta F_0$$

$$T_C \leq T \leq T_D \quad S_e(T) = a_g S \eta F_0 \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g S \eta F_0 \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

nelle quali:

- T è il periodo proprio di vibrazione;
- S è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente  $S = S_S \cdot S_T$  essendo  $S_S$  il coefficiente di amplificazione stratigrafica (vedi Tab. 3.2.IV D.M. 17/01/2018) e  $S_T$  il coefficiente di amplificazione topografica (vedi Tab. 3.2.V D.M. 17/01/2018);
- $\eta$  è il fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali  $\xi$  diversi dal 5%, mediante la relazione

$$\eta = \sqrt{10 / (5 + \xi)} \geq 0,55$$

dove  $\xi$  (espresso in percentuale) è valutato sulla base dei materiali, della tipologia strutturale e del terreno di fondazione;

- $F_0$  è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2,2;
- $T_C$  è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, dato dalla relazione

$$T_C = C_C T^*_{C}$$

dove:  $T^*_C$  è definito al § 3.2 e  $C_C$  è un coefficiente funzione della categoria di sottosuolo (vedi Tab. 3.2.IV D.M. 17/01/2018);

- $T_B$  è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante, dato dalla relazione

$$T_B = T_C / 3$$

- $T_D$  è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro, espresso in secondi mediante la relazione:

$$T_D = 4,0 \frac{a_g}{g} + 1,6$$

Per categorie speciali di sottosuolo, per determinati sistemi geotecnici o se si intenda aumentare il grado di accuratezza nella previsione dei fenomeni di amplificazione, le azioni sismiche da considerare nella progettazione possono essere determinate mediante più rigorose analisi di risposta sismica locale. Queste analisi presuppongono un'adeguata conoscenza delle proprietà geotecniche dei terreni e, in particolare, delle relazioni sforzi-deformazioni in campo ciclico, da determinare mediante specifiche indagini e prove.

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE DELLE OPERE MARITTIME

**Tabella 3-6-Espressioni di S<sub>s</sub> e di C<sub>c</sub> - Rif. Tab. 3.2.IV D.M. 17/01/2018**

Categoria sottosuolo	S <sub>s</sub>	C <sub>c</sub>
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico S<sub>T</sub> riportati nella Tab. 3.2.V (D.M. 17/01/2018), in funzione delle categorie topografiche definite nel § 3.2.2 (D.M. 17/01/2018) e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

**Tabella 3-7-Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S<sub>T</sub> - Rif. Tab. 3.2.V D.M. 17/01/2018**

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S <sub>T</sub>
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

La variazione spaziale del coefficiente di amplificazione topografica è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o del rilievo, dalla sommità o dalla cresta, dove S<sub>T</sub> assume il valore massimo riportato nella Tab. 3.2.V (D.M. 17/01/2018), fino alla base, dove S<sub>T</sub> assume valore unitario.

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione della componente verticale del moto sismico, S<sub>ve</sub>, è definito dalle espressioni:

$$0 \leq T \leq T_B \quad S_{ve}(T) = a_g S \eta F_v \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta F_0} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T \leq T_C \quad S_{ve}(T) = a_g S \eta F_v$$

$$T_C \leq T \leq T_D \quad S_{ve}(T) = a_g S \eta F_v \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_{ve}(T) = a_g S \eta F_v \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

nelle quali:

- T è il periodo proprio di vibrazione (in direzione verticale);
- F<sub>v</sub> è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, in termini di accelerazione orizzontale massima del terreno a<sub>g</sub> su sito di riferimento rigido orizzontale, mediante la relazione:

$$F_v = 1,35 F_0 \left( \frac{a_g}{g} \right)^{0,5}$$

I valori di a<sub>g</sub>, F<sub>0</sub>, S, η sono definiti nel § 3.2.3.2.1 del D.M. 17/01/2018 per le componenti orizzontali del moto sismico; i valori di S<sub>s</sub>, T<sub>B</sub>, T<sub>C</sub> e T<sub>D</sub>, salvo più accurate determinazioni, sono riportati nella Tab. 3.2.VI

## RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE DELLE OPERE MARITTIME

(D.M. 17/01/2018).

**Tabella 3-8-Valori dei parametri dello spettro di risposta elastico della componente verticale - Rif. Tab. 3.2.VI D.M. 17/01/2018**

Categoria di sottosuolo	$S_s$	$T_B$	$T_C$	$T_D$
A, B, C, D, E	1,0	0,05 s	0,15 s	1,0 s

Per tener conto delle condizioni topografiche, in assenza di specifiche analisi si utilizzano i valori del coefficiente topografico  $S_T$  riportati in Tab. 3.2.V (D.M. 17/01/2018).

**3.3.4 Vita nominale di progetto**

La vita nominale di progetto  $V_N$  di un'opera è convenzionalmente definita come il numero di anni nel quale è previsto che l'opera, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali.

I valori minimi di  $V_N$  da adottare per i diversi tipi di costruzione sono riportati nella Tab. 2.4.I (D.M. 17/01/2018). Tali valori possono essere anche impiegati per definire le azioni dipendenti dal tempo.

**Tabella 3-9-Valori minimi della Vita nominale  $V_N$  di progetto - Rif. Tab. 2.4.I D.M. 17/01/2018**

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di $V_N$ (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Non sono da considerarsi temporanee le costruzioni o parti di esse che possono essere smantellate con l'intento di essere riutilizzate.

Per un'opera di nuova realizzazione la cui fase di costruzione sia prevista in sede di progetto di durata pari a  $P_N$ , la vita nominale relativa a tale fase di costruzione, ai fini della valutazione delle azioni sismiche, dovrà essere assunta non inferiore a  $P_N$  e comunque non inferiore a 5 anni.

Le verifiche sismiche di opere di tipo 1 o in fase di costruzione possono omettersi quando il progetto preveda che tale condizione permanga per meno di 2 anni.

**3.3.5 Classi d'uso**

Con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

- **Classe I:** Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
- **Classe II:** Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
- **Classe III:** Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE DELLE OPERE MARITTIME

- **Classe IV:** Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

**3.3.6 Periodo di riferimento per l'azione sismica**

Le azioni sismiche vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento  $V_R$  che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale di progetto  $V_N$  per il coefficiente d'uso  $C_U$ :

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

Il valore del coefficiente d'uso  $C_U$  è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato in Tab. 2.4.II (D.M. 17/01/2018).

**Tabella 3-10-Valori del coefficiente d'uso  $C_U$  - Rif. Tab. 2.4.II D.M. 17/01/2018**

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE $C_U$	0,7	1,0	1,5	2,0

**3.3.7 Valori caratteristici dell'azione sismica per il sito d'interesse**

Al fine della valutazione della sicurezza e delle prestazioni attese delle opere in progetto, per il le opere marittime, come riportato nell'elaborato *D.03 RELAZIONE SIMICA*, si assume:

**Localizzazione sito:**

Regione Sicilia - Provincia di Messina - Comune di Leni - Loc.tà Rinella

Coordinate geografiche:

- Longitudine 14,8260
- Latitudine 38,5560

**Dati di input per il progetto:**

- Vita nominale  $V_N$  50 anni
- Classe d'uso II
- Coefficiente d'uso 1,0
- Periodo di riferimento per l'azione sismica  $V_R = V_N \times C_U = 50$
- Parametri  $T_r$ ,  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_c^*$ :

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE DELLE OPERE MARITTIME

Parametri sismici				
	$T_R$ [anni]	$a_g$ [m/s <sup>2</sup> ]	$F_0$ [...]	$T_C^*$ [s]
<input checked="" type="radio"/> SLO	30	0,607	2,450	0,287
<input type="radio"/> SLD	50	0,804	2,480	0,290
<input type="radio"/> SLV	475	2,157	2,580	0,306
<input type="radio"/> SLC	975	2,768	2,650	0,316

Figura 3-1-Parametri sismici

- Categoria sottosuolo: **B** "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.";
- Categoria topografica: **T1** "Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $\leq 15^\circ$ ;"
- Coefficiente stratigrafico  $S_s = 1,173$  (SLV);
- Coefficiente amplificazione topografica  $S_T = 1,00$ .

### 3.4 Opere che interagiscono con il terreno

Nei muri di sostegno, il terreno di riempimento a tergo del muro deve essere posto in opera con opportuna tecnica di costipamento ed avere granulometria tale da consentire un drenaggio efficace nel tempo. Si può ricorrere all'uso di geotessili, con funzione di separazione e filtrazione, da interporre fra il terreno in sede e quello di riempimento. Il drenaggio deve essere progettato in modo da risultare efficace in tutto il volume significativo a tergo del muro.

#### 3.4.1 Verifiche agli stati limite

In accordo al punto 6.5.3.1.1 delle NTC 2018, per i muri di sostegno e per le strutture ad essi assimilabili, le verifiche di sicurezza devono essere condotte considerando tutti i meccanismi di stato limite ultimo, sia a breve che a lungo termine. Gli stati limite ultimi delle opere di sostegno si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno, e al raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali che compongono le opere stesse.

In particolare, si deve verificare che la condizione  $E_d \leq R_d$  ( in cui  $E_d$  è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione ed  $R_d$  è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico) sia soddisfatta con riferimento ai seguenti stati limite:

#### SLU di tipo geotecnico (GEO)

- scorrimento sul piano di posa;
- collasso per carico limite del complesso fondazione-terreno;
- ribaltamento;
- stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno;

#### SLU di tipo strutturale (STR)

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE DELLE OPERE MARITTIME

- raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali.

La verifica di stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno deve essere effettuata, analogamente a quanto previsto al § 6.8 delle NTC 2018, secondo l'Approccio 1, con la Combinazione 2 (A2+M2+R2), tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II per le azioni e i parametri geotecnici e nella Tab. 6.8.I per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e fronti di scavo.

**Tabella 3-11- Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU - Ri.f.Tab. 2.6.I - D.M. 17/01/2018**

		Coefficiente $\gamma_F$	EQU	A1	A2
Carichi permanenti $G_1$	Favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali $G_2^{(1)}$	Favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevoli	$\gamma_{Qs}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

<sup>(1)</sup> Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali o di una parte di essi (ad es. carichi permanenti portati) sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti parziali validi per le azioni permanenti.

**Tabella 3-12- Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno - Rif. Tab. 6.2.II D.M. 2018**

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale $\gamma_M$	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_c$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	$\gamma$	$\gamma_\gamma$	1,0	1,0

Le rimanenti verifiche devono essere effettuate secondo l'Approccio 2, con la combinazione (A1+M1+R3), tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.5.I.

Nella verifica a ribaltamento i coefficienti R3 della Tab. 6.5.I si applicano agli effetti delle azioni stabilizzanti.

**Tabella 3-13- Coefficienti parziali per le verifiche agli stati limite ultimi di muri di sostegno**

Verifica	Coefficiente parziale (R3)
Capacità portante della fondazione	$\gamma_R = 1,4$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,1$
Ribaltamento	$\gamma_R = 1,15$
Resistenza del terreno a valle	$\gamma_R = 1,4$

## 4 MURO PARAONDE – VERIFICHE STRUTTURALI

A seguire si riportano le verifiche strutturali relative alle barre di armatura di connessione tra gli elementi del muro paraonde.

Le azioni sollecitanti massime sono state ricavate dall'analisi condotta con l'ausilio del software MAX 15.0 - ANALISI E CALCOLO MURI DI SOSTEGNO, prodotto dalla ditta "AZTEC INFORMATICA", Corso Umberto, 43 - 87050 Casole Bruzio (CS), licenza n. AIU4426E4.

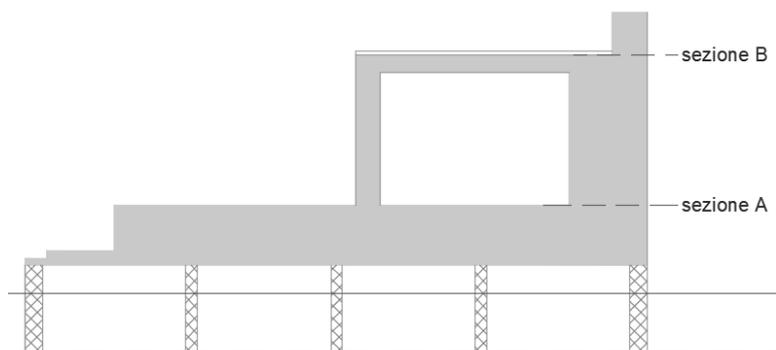


Figura 4-1 Sezioni di verifica A e B

### 4.1 Verifica sezione A

La sezione da verificare ha le seguenti caratteristiche:

$b = 1,00 \text{ m}$

$h = 2,20 \text{ m}$

Le massime azioni sollecitanti nella sezione risultano pari a:

$V_{sd} = 193 \text{ kN}$

$M_{sd} = 2021 \text{ kNm}$

Considerando la sezione armata con 4Φ30 superiori e 4Φ30 inferiori, si ottiene:

Mrd(+) per Nrd=0- Flessione semplice positiva - fibre inferiori tese							
30	31	32	33	34	35	36	37
Mrd	xc	Campo	$\epsilon_s$	$\sigma_s$	$\epsilon_c$	$\sigma_c$	$\phi_u$
[kN*m]	[mm]		[‰]	[MPa]	[‰]	[MPa]	[m <sup>-1</sup> ]
2407,25	45,62	2	67,500	391,30	-1,436	-16,02	0,0315

Mrd(-) per Nrd=0- Flessione semplice negativa - fibre superiori tese							
40	41	42	43	44	45	46	47
Mrd	xc	Campo	$\epsilon_s$	$\sigma_s$	$\epsilon_c$	$\sigma_c$	$\phi_u$
[kN*m]	[mm]		[‰]	[MPa]	[‰]	[MPa]	[m <sup>-1</sup> ]
-2407,25	45,62	9	67,500	391,30	-1,436	-16,02	-0,031

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE DELLE OPERE MARITTIME

Mrd(+) per Nrd=Ned - flessione positiva - fibre inferiori tese							
50	51	52	53	54	55	56	57
Mrd	xc	Campo	ε.S	σ.S	ε.C	σ.C	φu
[kN*m]	[mm]		[‰]	[MPa]	[‰]	[MPa]	[m <sup>-1</sup> ]
2146,48	38,83	2	67,500	391,30	-1,218	-14,74	0,0314

Mrd(-) per Nrd=Ned - flessione negativa - fibre superiori tese							
60	61	62	63	64	65	66	67
Mrd	xc	Campo	ε.S	σ.S	ε.C	σ.C	φu
[kN*m]	[mm]		[‰]	[MPa]	[‰]	[MPa]	[m <sup>-1</sup> ]
-2146,48	38,83	9	67,500	391,30	-1,218	-14,74	-0,0314

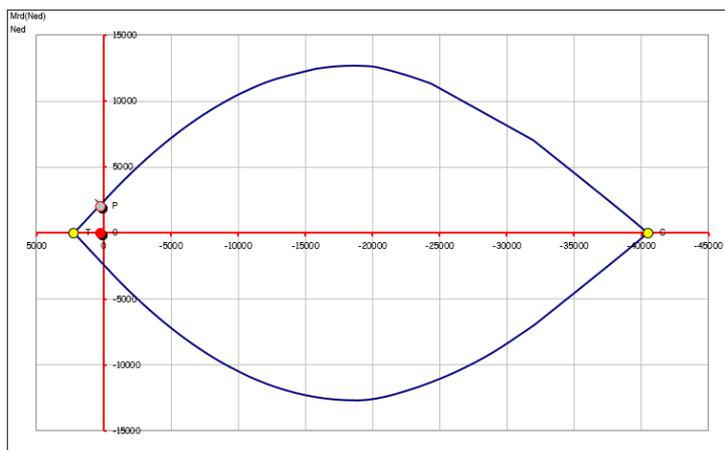


Figura 4-2- Dominio di resistenza sezione

Pertanto la sezione risulta verificata.

**Verifica a taglio**

Le armature previste dovranno assorbire interamente il taglio agente, poiché non è possibile garantire la continuità tra le sezioni orizzontale e verticale del muro.

Secondo quanto riportato al paragrafo 4.2.4.1.2.4 delle NTC 2018, il valore di progetto dell'azione tagliante  $V_{Ed}$  deve rispettare la condizione:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd}} \leq 1$$

con:

$$V_{c,Rd} = \frac{A_v f_{yk}}{\sqrt{3} \gamma_{M0}}$$

Nel caso in esame la verifica risulta soddisfatta, in quanto:

$A_v = 5652 \text{ mm}^2$

$f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE DELLE OPERE MARITTIME

$V_{rd} = 1399 \text{ kN}$   
 $V_{sd1} = 0,31 \text{ kN}$   
 $V_{sd2} = 197 \text{ kN}$

**4.2 Verifica sezione B**

La sezione da verificare ha le seguenti caratteristiche:

$b = 1,00 \text{ m}$

$h = 1,00 \text{ m}$

Le massime azioni sollecitanti nella sezione risultano pari a:

$V_{sd} = 20 \text{ kN}$

$M_{sd} = 21 \text{ kNm}$

Considerando la sezione armata con 3Φ20 superiori e 3Φ20 inferiori, si ottiene:

Mrd(+) per Nrd=0- Flessione semplice positiva - fibre inferiori tese							
30	31	32	33	34	35	36	37
Mrd	xc	Campo	ε.s	σ.s	ε.c	σ.c	φu
[kN*m]	[mm]		[‰]	[MPa]	[‰]	[MPa]	[m <sup>-1</sup> ]
361,60	21,41	2	67,500	391,30	-1,492	-16,28	0,0697

Mrd(-) per Nrd=0- Flessione semplice negativa - fibre superiori tese							
40	41	42	43	44	45	46	47
Mrd	xc	Campo	ε.s	σ.s	ε.c	σ.c	φu
[kN*m]	[mm]		[‰]	[MPa]	[‰]	[MPa]	[m <sup>-1</sup> ]
-361,60	21,41	9	67,500	391,30	-1,492	-16,28	-0,070

Mrd(+) per Nrd=Ned - flessione positiva - fibre inferiori tese							
50	51	52	53	54	55	56	57
Mrd	xc	Campo	ε.s	σ.s	ε.c	σ.c	φu
[kN*m]	[mm]		[‰]	[MPa]	[‰]	[MPa]	[m <sup>-1</sup> ]
348,34	20,48	2	67,500	391,30	-1,426	-15,97	0,0696

Mrd(-) per Nrd=Ned - flessione negativa - fibre superiori tese							
60	61	62	63	64	65	66	67
Mrd	xc	Campo	ε.s	σ.s	ε.c	σ.c	φu
[kN*m]	[mm]		[‰]	[MPa]	[‰]	[MPa]	[m <sup>-1</sup> ]
-348,34	20,48	9	67,500	391,30	-1,426	-15,97	-0,0696

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE DELLE OPERE MARITTIME

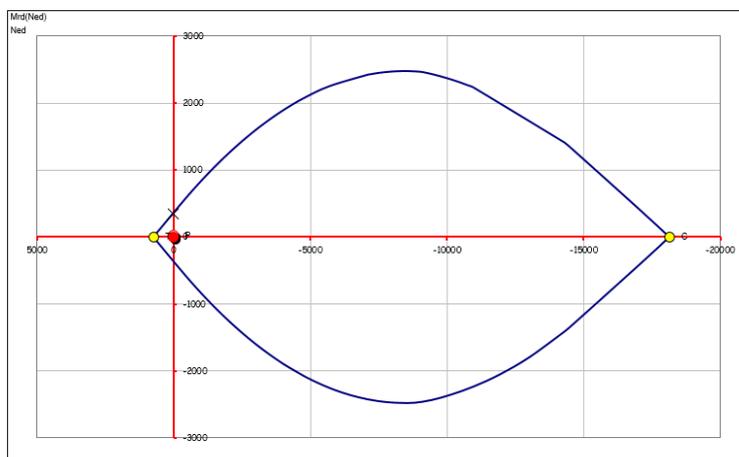


Figura 4-3- Dominio di resistenza sezione

Pertanto la sezione risulta verificata.

**Verifica a taglio**

Come anticipato, le armature previste dovranno assorbire interamente il taglio agente. Nel caso in esame la verifica risulta soddisfatta, in quanto:

$A_v=$	1884 mmq
$f_{yk}=$	450 N/mm <sup>2</sup>
$V_{rd}=$	466 kN
$V_{sd1}=$	0,01 kN
$V_{sd2}=$	21 kN

### 4.3 Verifica sezione C

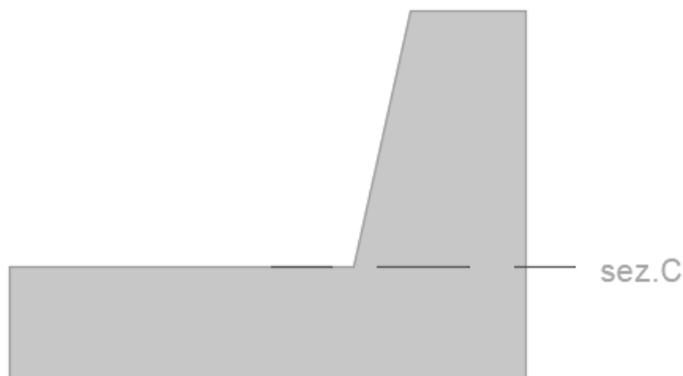


Figura 4-4 Sezione di verifica C

La sezione da verificare ha le seguenti caratteristiche:

$b = 1,00 \text{ m}$

$h = 3,00 \text{ m}$

Le massime azioni sollecitanti nella sezione risultano pari a:

$V_{sd} = 1784 \text{ kN}$

$M_{sd} = 1891 \text{ kNm}$

Considerando la sezione armata con 6Φ30 superiori e 6Φ30 inferiori, si ottiene:

Mrd(+) per Nrd=0- Flessione semplice positiva - fibre inferiori tese							
30	31	32	33	34	35	36	37
Mrd	xc	Campo	$\epsilon_s$	$\sigma_s$	$\epsilon_c$	$\sigma_c$	$\phi_u$
[kN*m]	[mm]		[‰]	[MPa]	[‰]	[MPa]	[m <sup>-1</sup> ]
4724,74	110,31	2	67,500	391,30	-2,669	-17,40	0,0242

Mrd(-) per Nrd=0- Flessione semplice negativa - fibre superiori tese							
40	41	42	43	44	45	46	47
Mrd	xc	Campo	$\epsilon_s$	$\sigma_s$	$\epsilon_c$	$\sigma_c$	$\phi_u$
[kN*m]	[mm]		[‰]	[MPa]	[‰]	[MPa]	[m <sup>-1</sup> ]
-4724,74	110,31	9	67,500	391,30	-2,669	-17,40	-0,024

Mrd(+) per Nrd=Ned - flessione positiva - fibre inferiori tese							
50	51	52	53	54	55	56	57
Mrd	xc	Campo	$\epsilon_s$	$\sigma_s$	$\epsilon_c$	$\sigma_c$	$\phi_u$
[kN*m]	[mm]		[‰]	[MPa]	[‰]	[MPa]	[m <sup>-1</sup> ]
4260,19	102,24	2	67,500	391,30	-2,467	-17,40	0,0241

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE DELLE OPERE MARITTIME

Mrd(-) per Nrd=Ned - flessione negativa - fibre superiori tese							
60	61	62	63	64	65	66	67
Mrd	xc	Campo	$\epsilon_s$	$\sigma_s$	$\epsilon_c$	$\sigma_c$	$\varphi_u$
[kN*m]	[mm]		[‰]	[MPa]	[‰]	[MPa]	[m <sup>-1</sup> ]
-4260,19	102,24	9	67,500	391,30	-2,467	-17,40	-0,0241

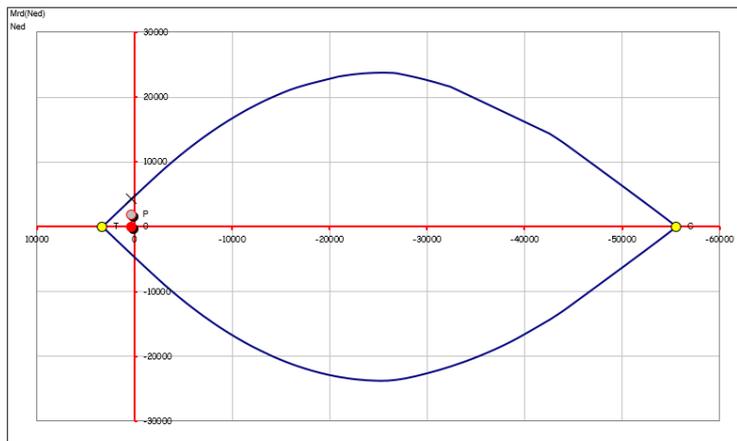


Figura 4-5- Dominio di resistenza sezione

Pertanto la sezione risulta verificata.

**Verifica a taglio**

Come anticipato, le armature previste dovranno assorbire interamente il taglio agente. Nel caso in esame la verifica risulta soddisfatta, in quanto:

- $A_v = 8478 \text{ mm}^2$
- $f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$
- $V_{rd} = 2098 \text{ kN}$
- $V_{sd} = 1784 \text{ kN}$

## 5 VERIFICHE STRUTTURALI MURO DI CORONAMENTO MASSI PILONATI

Le verifiche sono state condotte con l'ausilio del software MAX 15.0 - ANALISI E CALCOLO MURI DI SOSTEGNO, prodotto dalla ditta "AZTEC INFORMATICA", Corso Umberto, 43 - 87050 Casole Bruzio (CS), **Licenza n. serie AIU4426E4.**

Si rimanda all'elaborato *D.04 RELAZIONE GEOTECNICA E DI DIMENSIONAMENTO DELLE OPERE MARITTIME* per:

- i richiami teorici
- la definizione dei carichi e le relative combinazioni di calcolo
- per le verifiche geotecniche

A seguire si riportano, invece, le verifiche strutturali, condotte con riferimento alla Sezione tipologica 3.

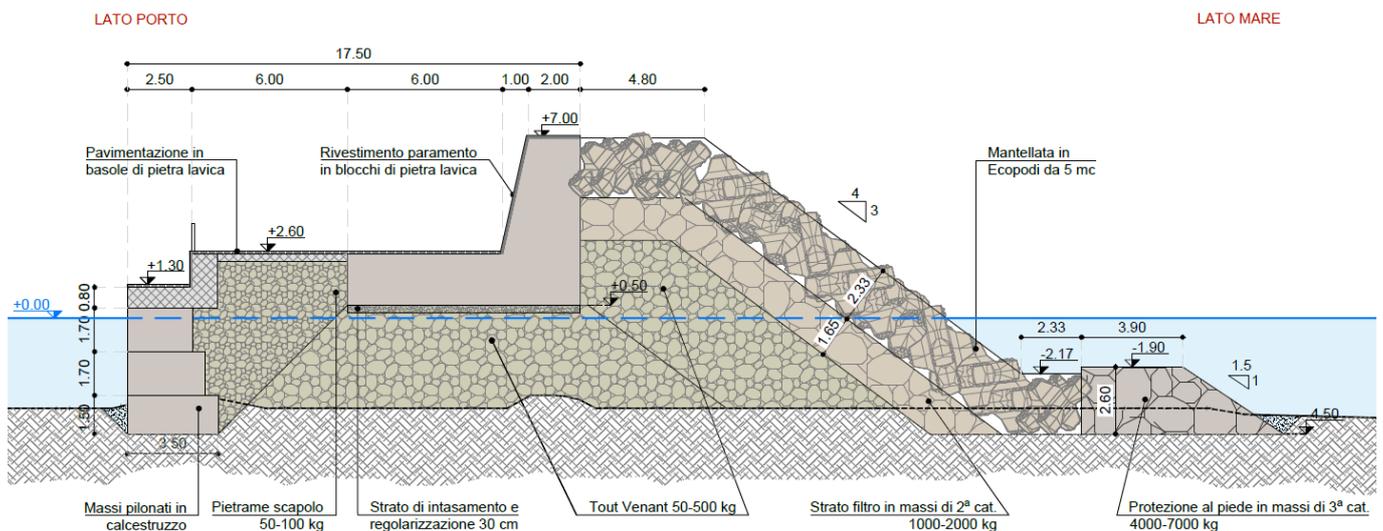


Figura 5.1 Sezione tipologica 3

### 5.1 Dati di input

#### Geometria muro

##### Paramento

- |  |        |     |
|--|--------|-----|
| • Materiale                              | C35/45 |     |
| • Altezza paramento                      | 1,30   | [m] |
| • Altezza paramento libero               | 2,10   | [m] |
| • Spessore in sommità                    | 1,00   | [m] |
| • Spessore all'attacco con la fondazione | 1,00   | [m] |
| • Inclinazione paramento esterno         | 0,00   | [°] |
| • Inclinazione paramento interno         | 0,00   | [°] |

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE DELLE OPERE MARITTIME

Fondazione

- Materiale C35/45
- Lunghezza mensola di valle 2,50 [m]
- Lunghezza mensola di monte 0,00 [m]
- Lunghezza totale 3,50 [m]
- Inclinazione piano di posa 0,00 [°]
- Spessore 0,80 [m]
- Spessore magrone 0,00 [m]

**Verifiche strutturali nelle combinazioni SLD NO**

- Condizioni ambientali Ordinarie
- Armatura ad aderenza migliorata SI

**Verifica a fessurazione**

- Sensibilità armatura Poco sensibile

**Valori limite aperture delle fessure:**

- $w_1=0.20$
- $w_2=0.30$
- $w_3=0.40$

**Verifica delle tensioni**

- Valori limite delle tensioni nei materiali:

Combinazione	Calcestruzzo	Acciaio
Rara	0.60 $f_{ck}$	0.80 $f_{yk}$
Frequente	1.00 $f_{ck}$	1.00 $f_{yk}$
Quasi permanente	0.45 $f_{ck}$	1.00 $f_{yk}$

## 5.2 Verifiche strutturali

**Verifiche a flessione**

Elementi calcolati a trave

Simbologia adottata

- $n^\circ$  indice sezione
- Y ordinata sezione espressa in [m]
- B larghezza sezione espresso in [cm]
- H altezza sezione espressa in [cm]
- Afi area ferri inferiori espresso in [cmq]
- Afs area ferri superiori espressa in [cmq]
- M momento agente espressa in [kgm]
- N sforzo normale agente espressa in [kg]
- Mu momento ultimi espresso in [kgm]
- Nu sforzo normale ultimo espressa in [kg]
- FS fattore di sicurezza (rapporto tra sollecitazione ultima e sollecitazione agente)

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE DELLE OPERE MARITTIME

Oggetto	Is	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kgm]	N [kg]	Mu [kgm]	Nu [kg]	FS
Paramento	14	100	100	16,08	32,17	810	4225	275908	1438739	340.530
Fondazione	26	100	80	16,08	16,08	1358	0	45966	0	33.854

**Verifiche a taglio**

Simbologia adottata

- Is indice sezione
- Y ordinata sezione espressa in [m]
- B larghezza sezione espresso in [cm]
- H altezza sezione espressa in [cm]
- A<sub>sw</sub> area ferri a taglio espresso in [cmq]
- cotθ inclinazione delle bielle compresse, q inclinazione dei puntoni di calcestruzzo
- V<sub>Rcd</sub> resistenza di progetto a 'taglio compressione' espressa in [kg]
- V<sub>Rsd</sub> resistenza di progetto a 'taglio trazione' espressa in [kg]
- V<sub>Rd</sub> resistenza di progetto a taglio espresso in [kg]. Per elementi con armature trasversali resistenti al taglio (A<sub>sw</sub>>0.0) V<sub>Rd</sub>=min(V<sub>Rcd</sub>, V<sub>Rsd</sub>).
- T taglio agente espressa in [kg]
- FS fattore di sicurezza (rapporto tra sollecitazione resistente e sollecitazione agente)

Oggetto	Is	B [cm]	H [cm]	A <sub>sw</sub> [cmq]	cotθ	V <sub>Rcd</sub> [kg]	V <sub>Rsd</sub> [kg]	V <sub>Rd</sub> [kg]	T [kg]	FS
Paramento	14	100	100	0,00		0	0	46019	1663	27.672
Fondazione	26	100	80	0,00		0	0	35336	-2377	14.868

**Verifica delle tensioni**

Simbologia adottata

- n° indice sezione
- Y ordinata sezione, espressa in [m]
- B larghezza sezione, espresso in [cm]
- H altezza sezione, espressa in [cm]
- Afi area ferri inferiori, espresso in [cmq]
- Afs area ferri superiori, espressa in [cmq]
- M momento agente, espressa in [kgm]
- Ns forza normale agente, espressa in [kg]
- σ<sub>c</sub> tensione di compressione nel cls, espressa in [kg/cmq]
- σ<sub>fi</sub> tensione nei ferri inferiori, espressa in [kg/cmq]
- σ<sub>fs</sub> tensione nei ferri superiori, espressa in [kg/cmq]

Combinazioni SLER

Oggetto	Is	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	σ <sub>c</sub> [kg/cmq]	σ <sub>c,lim</sub> [kg/cmq]	σ <sub>fi</sub> [kg/cmq]	σ <sub>fs</sub> [kg/cmq]	σ <sub>f,lim</sub> [kg/cmq]
Paramento	1	100	100	16,08	32,17	0,00	228,51	0,00	0,00	3670,92
Fondazione	1	100	80	16,08	16,08	0,00	228,51	0,00	0,00	3670,92

Combinazioni SLEF

Oggetto	Is	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	σ <sub>c</sub> [kg/cmq]	σ <sub>c,lim</sub> [kg/cmq]	σ <sub>fi</sub> [kg/cmq]	σ <sub>fs</sub> [kg/cmq]	σ <sub>f,lim</sub> [kg/cmq]
Paramento	1	100	100	16,08	32,17	0,00	380,85	0,00	0,00	4588,65
Fondazione	1	100	80	16,08	16,08	0,00	380,85	0,00	0,00	4588,65

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE DELLE OPERE MARITTIME

Combinazioni SLEQ

Oggetto	Is	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	$\sigma_c$ [kg/cmq]	$\sigma_{c,lim}$ [kg/cmq]	$\sigma_{fi}$ [kg/cmq]	$\sigma_{fs}$ [kg/cmq]	$\sigma_{f,lim}$ [kg/cmq]
Paramento	1	100	100	16,08	32,17	0,00	171,38	0,00	0,00	4588,65
Fondazione	1	100	80	16,08	16,08	0,00	171,38	0,00	0,00	4588,65

Verifica a fessurazione

Simbologia adottata

- n° indice sezione
- Y ordinata sezione espressa in [m]
- Bl arghezza sezione espresso in [cm]
- H altezza sezione espressa in [cm]
- Af area ferri zona tesa espresso in [cmq]
- Aeff area efficace espressa in [cmq]
- M momento agente espressa in [kgm]
- Mpf momento di prima fessurazione espressa in [kgm]
- $\epsilon$  deformazione espresso in %
- Sm spaziatura tra le fessure espressa in [mm]
- w apertura delle fessure espressa in [mm]

Combinazioni SLEF

Oggetto	Is	B [cm]	H [cm]	Af [cmq]	Aeff [cmq]	M [kgm]	Mpf [kgm]	$\epsilon$ [%]	Sm [mm]	w [mm]	w <sub>lim</sub> [mm]
Paramento	1	100	100	0,00	0,00	0	0	100000	1000	0,000	0,400
Fondazione	1	100	80	0,00	0,00	0	0	100000	1000	0,000	0,400

Combinazioni SLEQ

Oggetto	Is	B [cm]	H [cm]	Af [cmq]	Aeff [cmq]	M [kgm]	Mpf [kgm]	$\epsilon$ [%]	Sm [mm]	w [mm]	w <sub>lim</sub> [mm]
Paramento	1	100	100	0,00	0,00	0	0	100000	1000	0,000	0,300
Fondazione	1	100	80	0,00	0,00	0	0	100000	1000	0,000	0,300

5.3 Computo materiali

	U.M.	Quantità (al m)
Calcestruzzo in elevazione	[mc]	1,30
Calcestruzzo in fondazione	[mc]	2,80
Acciaio per armatura	[kg]	260,58
Casseformi	[mq]	2.60

## 6 CALCOLO CAVES-A-BATEAUX

Il nuovo molo sopraflutto, oltre ad assolvere alla primaria funzione di protezione dello specchio acqueo a tergo dell'opera, assumerà anche una nuova identità e funzione architettonica-paesaggistica mediante l'inserimento, in corrispondenza del massiccio di sovraccarico a tergo del muro paraonde, di un sistema di spazi dedicati alle imbarcazioni, i cosiddetti "Caves-à-Bateaux". La copertura di tali spazi, inoltre, assumerà così la funzione di Passeggiata Panoramica.

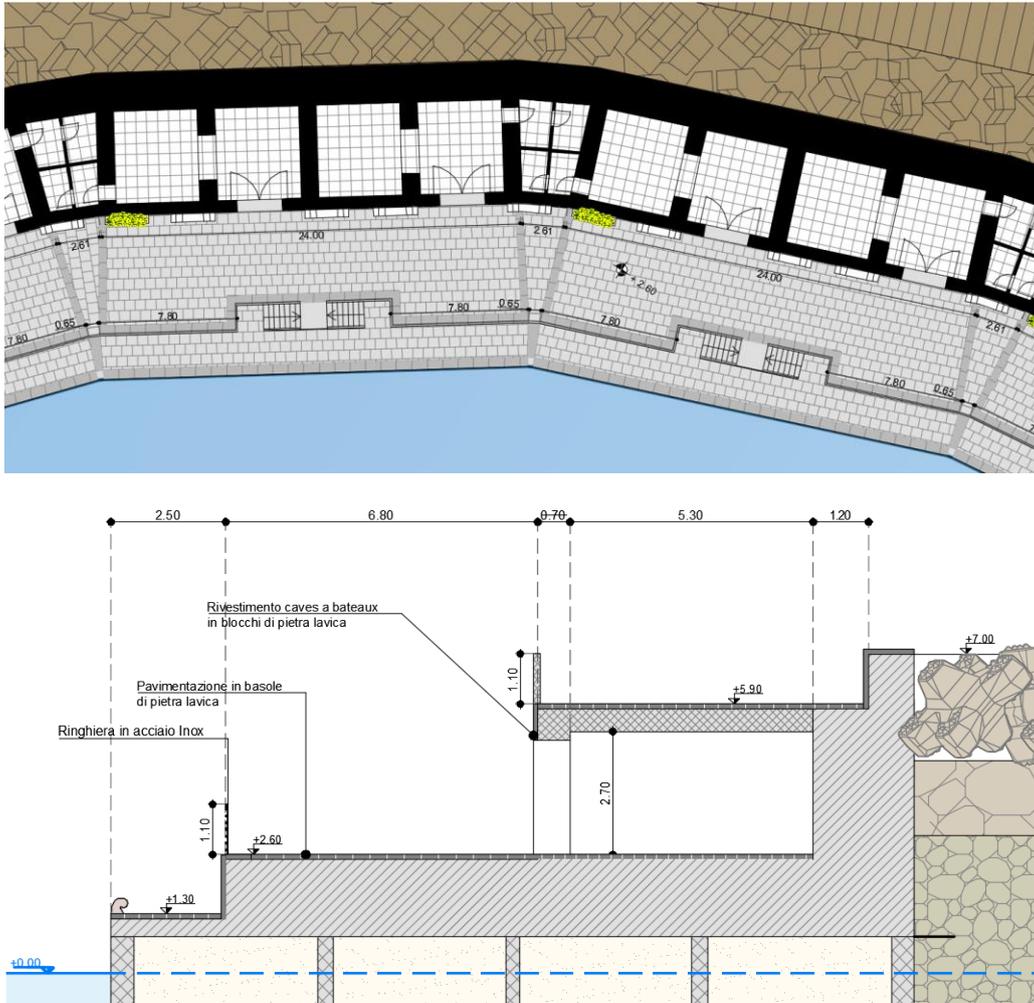


Figura 6-1 Stralcio planimetrico e sezione "Caves-a-Bateaux"

La verifica dei Caves-a-Bateaux è stata condotta facendo riferimento ad un blocco tipo di pianta rettangolare, di dimensione m 5,70 x 24, 00 e altezza pari a m 4,30. La struttura sarà costituita da setti in c.a. di spessore pari a cm 70 e a cm 100. La copertura piana, a quota +5.90 s.m.m., sarà costituita da una soletta in c.a. di spessore pari a cm 50.

Nello specifico, sono stati analizzati due modelli, uno tenendo conto delle condizioni sismiche (*Modello 1*) ed un altro in cui si è tenuto conto della presenza della spinta dell'onda (*Modello 2*).

## 6.1 Origine e caratteristiche del codice di calcolo

Il calcolo è stato effettuato con l'ausilio del software le cui specifiche tecniche sono di seguito descritte.

En.Ex.Sys. WinStrand - Structural Analysis & Design - **Licenza n. serie 0323BRNRDG**

### Ditta produttrice:

- En.Ex.Sys. s.r.l. - Via Tizzano 46/2 - Casalecchio di Reno (Bologna)

### Sigla:

- WinStrand

### Piattaforma software:

- Microsoft Windows XP Home, Microsoft Windows XP Home Professional

### Documentazione in uso:

- Manuale teorico - Manuale d'uso

### Campo di applicazione:

- Analisi statica e dinamica di strutture in campo elastico lineare

### Elementi finiti implementati

- Truss.
- Beam (Modellazione di Travi e Pilastrini).
- Travi su suolo elastico alla Winckler.
- Plinti su suolo elastico alla Winckler.
- Elementi Shear Wall per la modellazione di pareti di taglio.
- Elementi shell (lastra/piastra) equivalenti.
- Elementi Isoparametrici a 8 Nodi Shell (lastra/piastra).

### Schemi di Carico

- Carichi nodali concentrati.
- Carichi applicati direttamente agli elementi.
- Carichi Superficiali.

### Tipo di Risoluzione

- Analisi statica e/o dinamica in campo lineare con il metodo dell'equilibrio.
- Fattorizzazione LDLT.
- Analisi Statica:
  - modellazione generale 6 gradi di libertà per nodo.
  - ipotesi di solai infinitamente rigidi nel proprio piano (3 gradi di libertà per nodo + 3 per impalcato).
- Analisi dinamica:
  - Via statica equivalente.
  - Modale con il metodo dello spettro di risposta.

### Convenzioni adottate

Nella presente versione del programma *WinStrand* l'analisi in campo dinamico della struttura può essere condotta per via *statica equivalente* ovvero per via *modale* facendo uso, per il calcolo della risposta, dello spettro di pseudo accelerazioni fornito dal regolamento italiano.

## RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE DELLE OPERE MARITTIME

Nel caso di analisi dinamica condotta per via statica equivalente le azioni di piano vengono calcolate facendo riferimento al punto C.6.1.1. delle Norme tecniche per le costruzioni in zona sismica del 2008.

Nel caso di analisi dinamica condotta per via modale il programma provvede al calcolo dei modi di vibrare della struttura facendo uso dell'algoritmo noto in letteratura tecnica come Subspace Iteration.

**Affidabilità del Codice di calcolo WinStrand**

Il cap. 10 del Decreto del Ministero Infrastrutture e Trasporti del 17 Gennaio 2018 fornisce le istruzioni relative alla "Redazione dei progetti strutturali esecutivi e delle relazioni di calcolo", cui il progettista delle strutture deve attenersi nella redazione degli elaborati progettuali. Il punto 10.2 "Analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo" specifica: "Qualora l'analisi strutturale e le relative verifiche siano condotte con l'ausilio di codici di calcolo automatico, il progettista dovrà controllare l'affidabilità dei codici utilizzati e verificare l'attendibilità dei risultati ottenuti, curando nel contempo che la presentazione dei risultati stessi sia tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità".

Nella fase di stesura della relazione di calcolo, utilizzando i tabulati provenienti da codici di calcolo, è demandato al progettista il compito di analisi preliminare della documentazione: "Il progettista dovrà quindi esaminare preliminarmente la documentazione a corredo del software per valutarne l'affidabilità e soprattutto l'idoneità al caso specifico. In tal senso la documentazione, che sarà fornita dal produttore o dal distributore del software, dovrà contenere una esauriente descrizione delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati, l'individuazione dei campi d'impiego, nonché casi prova interamente risolti e commentati, per i quali dovranno essere forniti i file di input necessari a riprodurre l'elaborazione".

Il controllo della affidabilità delle analisi numeriche è stato condotto su una serie di esempi di letteratura la cui soluzione sia esprimibile in forma chiusa, allo scopo di verificare l'affidabilità del software. Tali esempi costituiscono documento di validazione dei software prodotti dalla *En.Ex.sys srl* ed hanno riguardato:

- Frequenze naturali di vibrazione di una trave appoggiata;
- Frequenze naturali di vibrazione di una trave a mensola;
- Frequenza naturale di vibrazione di un oscillatore semplice;
- Trave piana con estremi incastrati;
- Sistema piano di aste sospese;
- Stato tensionale di una trave inflessa;
- Stato tensionale di una trave inflessa;
- Sistema piano di aste sospese;
- Trave a mensola soggetta a momento torcente concentrato;
- Telaio piano;
- Trave reticolare piana;
- Controllo dell'analisi condotta considerando il comportamento monolatero degli elementi biella - trave;
- Aste piane e carico termico;
- Flessione in una piastra circolare.

## 6.2 Carichi adottati nella modellazione di calcolo

### 6.2.1 Carichi permanenti

Le azioni permanenti gravitazionali associate ai pesi propri dei materiali strutturali sono derivate dalle dimensioni geometriche e dal peso dell'unità di volume dei materiali con cui sono realizzate le parti strutturali della costruzione. Per i materiali più comuni possono essere assunti i valori dei pesi dell'unità di

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE DELLE OPERE MARITTIME

---

volume riportati nella Tab. 3.1.I.

Sono considerati carichi permanenti non strutturali i carichi presenti sulla costruzione durante il suo normale esercizio, quali quelli relativi a tamponature esterne, divisori interni, massetti, isolamenti, pavimenti e rivestimenti del piano di calpestio, intonaci, controsoffitti, impianti ed altro, ancorché in qualche caso sia necessario considerare situazioni transitorie in cui essi non siano presenti.

Nel caso in esame, il peso proprio degli elementi strutturali è ricavato direttamente dal programma utilizzato per il calcolo.

Per i carichi permanenti non strutturali, invece, si è assunto:

- Soletta di copertura in c.a. di spessore  $h=0,50$  cm  $\rightarrow 1250$  kg/m<sup>2</sup>
- Pavimentazione e malta di allettamento  $h=0,10$  cm  $\rightarrow 232$  kg/m<sup>2</sup>

**6.2.2 Sovraccarichi**

Ai sensi della Tab.3.1.II sono stati assunti i seguenti carichi:

- Copertura:
  - Cat. C Ambienti suscettibili di affollamento  $\rightarrow 500$  kg/m<sup>2</sup>
- Fondazione:
  - Cat. E Aree per accumulo di merci e relative aree d'accesso, quali biblioteche, archivi, magazzini, depositi, laboratori manifatturieri  $\rightarrow 600$  kg/m<sup>2</sup>

**6.2.3 Azioni della neve**

Il carico dovuto alla presenza della neve sulla copertura è stato valutato, in accordo a quanto riportato al capitolo 3.4 del D.M. 17/01/2018, mediante la seguente espressione:

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

dove:

- $q_s$  è il carico neve sulla copertura;
- $q_{sk}$  è il valore caratteristico di riferimento del carico neve al suolo [kN/m<sup>2</sup>] per un periodo di ritorno di 50 anni;
- $\mu_i$  è il coefficiente di forma della copertura;
- $C_E$  è il coefficiente di esposizione;
- $C_t$  è il coefficiente termico.

Il carico neve al suolo dipende dalle condizioni locali di clima e di esposizione, considerata la variabilità delle precipitazioni nevose da zona a zona.

In mancanza di adeguate indagini statistiche e specifici studi locali, che tengano conto sia dell'altezza del manto nevoso che della sua densità, il carico di riferimento neve al suolo, per località poste a quota inferiore a 1500 m sul livello del mare, non dovrà essere assunto inferiore ad un valore minimo opportunamente calcolato riferendosi a valori associati ad un periodo di ritorno pari a 50 anni.

Va richiamato il fatto che tale zonazione non può tenere conto di aspetti specifici e locali che, se necessario, dovranno essere definiti singolarmente.

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE DELLE OPERE MARITTIME

L'altitudine di riferimento  $a_s$  è la quota del suolo sul livello del mare nel sito di realizzazione dell'edificio. Per altitudini superiori a 1500 m sul livello del mare si dovrà fare riferimento alle condizioni locali di clima e di esposizione utilizzando comunque valori di carico neve non inferiori a quelli previsti per 1500 m. I valori caratteristici minimi del carico della neve al suolo relativi alla zona di interesse (Zona III) sono quelli riportati nel seguito:

- $q_{sk} = 0,60 \text{ kN/m}^2$   $a_s \leq 200 \text{ m}$
- $q_{sk} = 0,51 [1 + (a_s/481)^2] \text{ kN/m}^2$   $a_s > 200 \text{ m}$

Il coefficiente di esposizione  $C_E$  può essere utilizzato per modificare il valore del carico neve in copertura in funzione delle caratteristiche specifiche dell'area in cui sorge l'opera. Valori consigliati del coefficiente di esposizione per diverse classi di topografia sono forniti nella seguente tabella:

**Tabella 6-1-Valori di  $C_E$  per diverse classi di topografia - Rif. Tab. 3.4.I D.M. 17/01/2018**

Topografia	Descrizione	$C_E$
Battuta dai venti	Aree pianeggianti non ostruite esposte su tutti i lati, senza costruzioni o alberi più alti.	0,9
Normale	Aree in cui non è presente una significativa rimozione di neve sulla costruzione prodotta dal vento, a causa del terreno, altre costruzioni o alberi.	1,0
Riparata	Aree in cui la costruzione considerata è sensibilmente più bassa del circostante terreno o circondata da costruzioni o alberi più alti	1,1

Se non diversamente indicato, si assumerà  $C_E = 1$ .

Il coefficiente termico può essere utilizzato per tener conto della riduzione del carico neve a causa dello scioglimento della stessa, causata dalla perdita di calore della costruzione. Tale coefficiente tiene conto delle proprietà di isolamento termico del materiale utilizzato in copertura. In assenza di uno specifico e documentato studio, deve essere utilizzato  $C_t = 1$ .

Il coefficiente di forma per le coperture è funzione dell'angolo  $\alpha$ , espresso in gradi sessagesimali, formato dalla falda con l'orizzontale.

Nel caso in esame avendo:

- $a_s = 0 \text{ m}$
- $q_{sk} = 0,60 \text{ kN/m}^2$
- $\mu_i = 0,8$
- $C_E = 1$
- $C_t = 1$

Da cui si ottiene  $q_s = 0.48 \text{ kN/m}^2$

**6.2.4 Azioni del vento**

L'azione del vento si determina in accordo a quanto riportato nel capitolo 3.3 del D.M. 17/01/2018.

Il vento, la cui direzione si considera generalmente orizzontale, esercita sulle costruzioni azioni che variano nel tempo e nello spazio provocando, in generale, effetti dinamici.

Per le costruzioni usuali tali azioni sono convenzionalmente ricondotte ad azioni statiche equivalenti.

La velocità base di riferimento  $v_b$  è il valore caratteristico della velocità del vento a 10 m dal suolo su un terreno di categoria di esposizione II, mediata su 10 minuti e riferita ad un periodo di ritorno di 50 anni.

In mancanza di specifiche ed adeguate indagini statistiche  $v_b$  è data dall'espressione:

- $V_b = V_{b,0} \times C_a$
- $C_a = 1$  per  $a_s \leq a_0$
- $C_a = 1 + k_s (a_s/a_0 - 1)$  per  $a_0 < a_s \leq 1500 \text{ m}$

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE DELLE OPERE MARITTIME

dove:

- $v_{b,0}$ ,  $a_0$ ,  $k_s$  sono parametri forniti nella Tab. 3.3.I in funzione della zona in cui sorge la costruzione in esame;
- $a_s$  è l'altitudine sul livello del mare (in m) del sito ove sorge la costruzione.

**Tabella 6-2- Valori dei parametri  $v_{b,0}$ ,  $a_0$ ,  $k_s$  - Rif.Tab. 3.3.I D.M. 17/01/2018**

Zona	Descrizione	$v_{b,0}$ [m/s]	$a_0$ [m]	$k_s$
1	Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)	25	1000	0,40
2	Emilia Romagna	25	750	0,45
3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)	27	500	0,37
4	Sicilia e provincia di Reggio Calabria	28	500	0,36
5	Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	750	0,40
6	Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	500	0,36
7	Liguria	28	1000	0,54
8	Provincia di Trieste	30	1500	0,50
9	Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto	31	500	0,32

Le azioni statiche del vento sono costituite da pressioni e depressioni agenti normalmente alle superfici, sia esterne che interne, degli elementi che compongono la costruzione.

L'azione del vento sui singoli elementi che compongono la costruzione va determinata considerando la combinazione più gravosa delle pressioni agenti sulle due facce di ogni elemento

La pressione del vento è data dall'espressione:

$$p = q_b C_e C_p C_d$$

dove

- $q_b$  è la pressione cinetica di riferimento;
- $C_e$  è il coefficiente di esposizione;
- $C_p$  è il coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico), funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento;
- $C_d$  è il coefficiente dinamico con cui si tiene conto degli effetti riduttivi associati alla non contemporaneità delle massime pressioni locali e degli effetti amplificativi dovuti alle vibrazioni strutturali.

La pressione cinetica di riferimento  $q_b$  (in N/m<sup>2</sup>) è data dall'espressione:

$$q_b = \frac{1}{2} \rho \cdot v_r^2$$

dove

- $v_r$  è la velocità di riferimento del vento (in m/s);
- $\rho$  è la densità dell'aria assunta convenzionalmente costante e pari a 1,25 kg/m<sup>3</sup>.

Il coefficiente di esposizione  $C_e$  dipende dall'altezza  $z$  sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno, e dalla categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione. In assenza di analisi specifiche che tengano in conto la direzione di provenienza del vento e l'effettiva scabrezza e topografia del terreno che circonda la costruzione, per altezze sul suolo non maggiori di  $z = 200$  m, esso è dato dalla formula:

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE DELLE OPERE MARITTIME

$$c_e(z) = k_r^2 c_t \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \left[ 7 + c_t \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \right] \quad \text{per } z \geq z_{\min}$$

$$c_e(z) = c_e(z_{\min}) \quad \text{per } z < z_{\min}$$

dove

- $k_r, z_0, z_{\min}$  sono assegnati in Tab. 3.3.II in funzione della categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione;
- $c_t$  è il coefficiente di topografia.

Tabella 6-3- Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione - Rif.Tab. 3.3.II - D.M. 17/01/2018

Categoria di esposizione del sito	$k_r$	$z_0$ [m]	$z_{\min}$ [m]
I	0,17	0,01	2
II	0,19	0,05	4
III	0,20	0,10	5
IV	0,22	0,30	8
V	0,23	0,70	12

In mancanza di analisi specifiche, la categoria di esposizione è assegnata in funzione della posizione geografica del sito ove sorge la costruzione e della classe di rugosità del terreno definita in Tab. 3.3.III. Nelle fasce entro i 40 km dalla costa delle zone 1, 2, 3, 4, 5 e 6, la categoria di esposizione è indipendente dall'altitudine del sito.

Il coefficiente di topografia  $c_t$  è posto generalmente pari a 1, sia per le zone pianeggianti sia per quelle ondulate, collinose e montane.

Tabella 6-4- Classi di rugosità del terreno - Rif.Tab. 3.3.II - D.M. 17/01/2018

Classe di rugosità del terreno	Descrizione
A	Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media superi i 15 m
B	Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive
C	Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D
D	a) Mare e relativa fascia costiera (entro 2 km dalla costa); b) Lago (con larghezza massima pari ad almeno 1 km) e relativa fascia costiera (entro 1 km dalla costa) c) Aree prive di ostacoli o con al più rari ostacoli isolati (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, ...)

L'assegnazione della classe di rugosità non dipende dalla conformazione orografica e topografica del terreno. Si può assumere che il sito appartenga alla Classe A o B, purché la costruzione si trovi nell'area relativa per non meno di 1 km e comunque per non meno di 20 volte l'altezza della costruzione, per tutti i settori di provenienza del vento ampi almeno 30°. Si deve assumere che il sito appartenga alla Classe D, qualora la costruzione sorga nelle aree indicate con le lettere a) o b), oppure entro un raggio di 1 km da essa vi sia un settore ampio 30°, dove il 90% del terreno sia del tipo indicato con la lettera c). Laddove sussistano dubbi sulla scelta della classe di rugosità, si deve assegnare la classe più sfavorevole (l'azione del vento è in genere minima in Classe A e massima in Classe D).

Il coefficiente dinamico tiene in conto degli effetti riduttivi associati alla non contemporaneità delle massime pressioni locali e degli effetti amplificativi dovuti alla risposta dinamica della struttura.

Esso può essere assunto cautelativamente pari ad 1 nelle costruzioni di tipologia ricorrente, quali gli edifici di forma regolare non eccedenti 80 m di altezza ed i capannoni industriali, oppure può essere determinato mediante analisi specifiche o facendo riferimento a dati di comprovata affidabilità.

Nel caso in esame si ha:

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE DELLE OPERE MARITTIME

- $a_s = 0$  m
- Zona 9 - Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto
- $v_{b,0} = 31$  m/s
- $a_0 = 500$  m
- $k_s = 0,32$  1/s
- $v_r = 31$  m/s
- $q_r = 601,51$  N/m<sup>2</sup>
- Classe di rugosità del terreno C
- Categoria di esposizione del sito I
- $k_r = 0,17$
- $z_0 = 0,01$  m
- $z_{min} = 2$  m
- $C_t = 1$
- $C_d = 1$
- $C_e(z) = 1,88$  per  $z \leq z_{min}$  (= 2 m)
- $C_e(z) = 2,11$  per  $z > z_{min}$

Per cui si avrà:

sopravento  $P = 120$  kg/mq

sottovento  $D = 75$  kg/mq

**6.2.5 Azioni della temperatura**

L'azione del vento si determina in accordo a quanto riportato nel capitolo 3.5 del D.M. 17/01/2018. Variazioni giornaliere e stagionali della temperatura esterna, irraggiamento solare e convezione comportano variazioni della distribuzione di temperatura nei singoli elementi strutturali.

La severità delle azioni termiche è in generale influenzata da più fattori, quali le condizioni climatiche del sito, l'esposizione, la massa complessiva della struttura e la eventuale presenza di elementi non strutturali isolanti.

Nel caso in cui la temperatura non costituisca azione fondamentale per la sicurezza o per la efficienza funzionale della struttura è consentito tener conto, per gli edifici, della sola componente  $\Delta T_u$ , ricavandola direttamente dalla Tab. 3.5.II.

**Tabella 6-5- Valori di  $\Delta T_u$  per gli edifici - Rif.Tab. 3.5.II D.M. 17/01/2018**

Tipo di struttura	$\Delta T_u$
Strutture in c.a. e c.a.p. esposte	$\pm 15$ °C
Strutture in c.a. e c.a.p. protette	$\pm 10$ °C
Strutture in acciaio esposte	$\pm 25$ °C
Strutture in acciaio protette	$\pm 15$ °C

Nel caso in esame, considerando che la struttura in c.a. è esposta, si è assunto:

- $\Delta T^+ = + 15$  °C
- $\Delta T^- = - 15$  °C

**6.2.6 Azione eccezionale**

Le azioni eccezionali sono quelle che si presentano in occasione di eventi quali incendi, esplosioni ed urti. È opportuno che le costruzioni possiedano un grado adeguato di robustezza, in funzione dell'uso previsto

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE DELLE OPERE MARITTIME

della costruzione, individuando gli scenari di rischio e le azioni eccezionali rilevanti ai fini della sua progettazione, secondo quanto indicato al § 2.2.5.

In tal caso, l'azione eccezionale considerata è quella definita nell'elaborato *D.04 RELAZIONE GEOTECNICA E DI DIMENSIONAMENTO DELLE OPERE MARITTIME*.

Le verifiche sono state condotte considerando due modelli di calcolo come appresso riportato.

### 6.3 Dati generali relativi all'analisi dinamica

Spettro in accordo con TU 2018

- Comune di Leni - Loc.tà Rinella Longitudine 14.8260 Latitudine 38.5560
- Tipo di Terreno B
- Coefficiente di amplificazione topografica ( $S_T$ ) 1.0000
- Vita nominale della costruzione ( $V_N$ ) 50 anni
- Classe d'uso II coefficiente  $C_U$  1.0
- Classe di duttilità impostata Bassa
- Fattore di duttilità  $\alpha_u/\alpha_1$  per sisma orizzontale 1.10
- Fattore riduttivo regolarità in altezza  $K_R$  0.80
- Fattore riduttivo per la presenza di setti  $K_W$  1.00

STATO LIMITE	$C (q_0 = C \alpha_u / \alpha_1)$	$q_H$	$q_V$
SLV	3.00	2.64	1.50
SLD	1.70	1.5	1.50
SLC	2.00	1.76	1.50
SLO	1.00	1.00	1.50

- Smorzamento Viscoso ( $\delta = 5\%$ ) 05

#### TU 2018 SLV H

- Probabilità di superamento ( $P_{VR}$ ) 10 e periodo di ritorno ( $T_R$ ) 475 (anni)
- $S_s$  1.173
- $T_B$  0.14 [sec]
- $T_C$  0.43 [sec]
- $T_D$  2.48 [sec]
- $a_g/g$  0.2200
- $F_o$  2.5800
- $T_C^*$  0.3060

#### TU 2018 SLD H

- Probabilità di superamento ( $P_{VR}$ ) 63.0 e periodo di ritorno ( $T_R$ ) 50 (anni)
- $S_s$  1.200
- $T_B$  0.14 [sec]
- $T_C$  0.41 [sec]
- $T_D$  1.93 [sec]

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE DELLE OPERE MARITTIME

- $a_g/g$  0820
- $F_o$  2.4800
- $T_c^*$  0.2900

## 6.4 Modello 1

### 6.4.1 Riepilogo azioni di calcolo considerate

PESO PROPRIO ( $G_1$ )		DEFINITO DAL PROGRAMMA
CARICO PERMANENTE NON STRUTTURALE ( $G_2$ )	1482 kg/m <sup>2</sup>	SOLETTA DI COPERTURA
CARICO VARIABILE (Q) (CAT. C)	500 kg/m <sup>2</sup>	CARICO SOLAIO DI COPERTURA
CARICO VARIABILE (Q) (CAT. E)	600 kg/m <sup>2</sup>	
CARICO NEVE (Q)	48 kg/m <sup>2</sup>	
CARICO VENTO (Q)	120 kg/m <sup>2</sup>	SOPRAVENTO
	75 kg/m <sup>2</sup>	SOTTOVENTO
AZIONI DELLA TEMPERATURA (Q) (STRUTTURE IN C.A. PROTETTE)	± 15 °C	

### 6.4.2 Dati relativi all'analisi dinamica

#### Fattori di partecipazione per il calcolo delle masse

- Cond. Carico 1 proprio 1.0000
- Cond. Carico 2 portato 1.0000
- Cond. Carico 3 accidentale cat. C 0.6000
- Cond. Carico 4 accidentale cat. E 0.8000
- Cond. Carico 5 dt+ 0.0000
- Cond. Carico 6 dt- 0.0000
- Cond. Carico 7 neve 0.0000
- Cond. Carico 8 vento x+ 0.0000
- Cond. Carico 9 vento x- 0.0000
- Cond. Carico 10 vento y+ 0.0000
- Cond. Carico 11 vento y- 0.0000

#### Angoli d'ingresso del Sisma

- SLV Direzione 1 Angolo in pianta 0 [°]
- SLV Direzione 2 Angolo in pianta 0 [°]
- SLV Direzione 3 Angolo in pianta 90 [°]
- SLV Direzione 4 Angolo in pianta 90 [°]
- SLV Direzione 5 Angolo in pianta 180 [°]
- SLV Direzione 6 Angolo in pianta 180 [°]
- SLV Direzione 7 Angolo in pianta 270 [°]
- SLV Direzione 8 Angolo in pianta 270 [°]
- SLD Direzione 9 Angolo in pianta 0 [°]
- SLD Direzione 10 Angolo in pianta 0 [°]
- SLD Direzione 11 Angolo in pianta 90 [°]
- SLD Direzione 12 Angolo in pianta 90 [°]
- SLD Direzione 13 Angolo in pianta 180 [°]

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE DELLE OPERE MARITTIME

- SLD Direzione 14 Angolo in pianta 180 [°]
- SLD Direzione 15 Angolo in pianta 270 [°]
- SLD Direzione 16 Angolo in pianta 270 [°]

**Condizioni di carico definite**

1. proprio
2. portato
3. accidentale cat.C
4. accidentale cat.E
5. dt+
6. dt-
7. neve
8. vento x+
9. vento x-
10. vento y+
11. vento y-
12. sisma 0+SLU
13. sisma 0-SLU
14. sisma 90+SLU
15. sisma 90-SLU
16. sisma 180+SLU
17. sisma 180-SLU
18. sisma 270+SLU
19. sisma 270-SLU
20. sisma 0+SLD
21. sisma 0-SLD
22. sisma 90+SLD
23. sisma 90-SLD
24. sisma 180+SLD
25. sisma 180-SLD
26. sisma 270+SLD
27. sisma 270-SLD

Nel caso in esame, in accordo alle NTC, le verifiche della struttura nel suo complesso sono state effettuate prendendo in considerazione le seguenti combinazioni agli stati limite:

**COMBINAZIONI AGLI STATI LIMITE ULTIMI**

Combinazione di carico numero	
1	accidentale cat. C
2	accidentale cat. E
3	Dt+
4	Dt-
5	Neve
6	vento x+
7	vento x-
8	vento y+
9	vento y-

Comb.\Cond	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1.3	1.5	1.5	1.5	0.9	0.9	0.75	0.9	0.9	0.9	0.9
2	1.3	1.5	1.05	1.5	0.9	0.9	0.75	0.9	0.9	0.9	0.9

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE DELLE OPERE MARITTIME

3	1.3	1.5	1.05	1.5	1.5	0.9	0.75	0.9	0.9	0.9	0.9
4	1.3	1.5	1.05	1.5	0.9	1.5	0.75	0.9	0.9	0.9	0.9
5	1.3	1.5	1.05	1.5	0.9	0.9	1.5	0.9	0.9	0.9	0.9
6	1.3	1.5	1.05	1.5	0.9	0.9	0.75	1.5	0.9	0.9	0.9
7	1.3	1.5	1.05	1.5	0.9	0.9	0.75	0.9	1.5	0.9	0.9
8	1.3	1.5	1.05	1.5	0.9	0.9	0.75	0.9	0.9	1.5	0.9
9	1.3	1.5	1.05	1.5	0.9	0.9	0.75	0.9	0.9	0.9	1.5

COMBINAZIONI AGLI STATI LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA

Combinazione di carico numero	
10	Sisma 0+ / 90+
11	Sisma 0+ / 270+
12	Sisma 0- / 90-
13	Sisma 0- / 270-
14	Sisma 90+ / 0+
15	Sisma 90+ / 180+
16	Sisma 90- / 0-
17	Sisma 90- / 180-
18	Sisma 180+ / 90+
19	Sisma 180+ / 270+
20	Sisma 180- / 90-
21	Sisma 180- / 270-
22	Sisma 270+ / 0+
23	Sisma 270+ / 180+
24	Sisma 270- / 0-
25	Sisma 270- / 180-

Comb.\Cond	1	2	11	12	13	14	15	16	17	18	19
10	1	1	0.6	0.8	1		0.3				
11	1	1	0.6	0.8	1						0.3
12	1	1	0.6	0.8		1		0.3			
13	1	1	0.6	0.8		1					
14	1	1	0.6	0.8	0.3		1				
15	1	1	0.6	0.8			1		0.3		
16	1	1	0.6	0.8		0.3		1			
17	1	1	0.6	0.8				1		0.3	
18	1	1	0.6	0.8			0.3		1		
19	1	1	0.6	0.8					1		0.3
20	1	1	0.6	0.8				0.3		1	
21	1	1	0.6	0.8						1	
22	1	1	0.6	0.8	0.3						1
23	1	1	0.6	0.8					0.3		1
24	1	1	0.6	0.8			0.3				
25	1	1	0.6	0.8						0.3	

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE DELLE OPERE MARITTIME

**COMBINAZIONI RARE STATI LIMITE DI ESERCIZIO**

Combinazione di carico numero	
26	accidentale cat. C
27	accidentale cat. E
28	dt+
29	dt-
30	neve
31	vento x+
32	vento x-
33	vento y+
34	vento y-

Comb.\Cond	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
26	1	1	1	1	0.6	0.6	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6
27	1	1	0.7	1	0.6	0.6	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6
28	1	1	0.7	1	1	0.6	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6
29	1	1	0.7	1	0.6	1	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6
30	1	1	0.7	1	0.6	0.6	1	0.6	0.6	0.6	0.6
31	1	1	0.7	1	0.6	0.6	0.5	1	0.6	0.6	0.6
32	1	1	0.7	1	0.6	0.6	0.5	0.6	1	0.6	0.6
33	1	1	0.7	1	0.6	0.6	0.5	0.6	0.6	1	0.6
34	1	1	0.7	1	0.6	0.6	0.5	0.6	0.6	0.6	1

**COMBINAZIONI FREQUENTI STATI LIMITE DI ESERCIZIO**

Combinazione di carico numero	
35	accidentale cat. C
36	accidentale cat. E
37	dt+
38	dt-
39	neve
40	vento x+
41	vento x-
42	vento y+
43	vento y-

Comb.\Cond	1	2	4	5	6	7	8	9	10	11
35	1	1	0.7	0.8						
36	1	1	0.6	0.9						
37	1	1	0.6	0.8	0.5					
38	1	1	0.6	0.8		0.5				
39	1	1	0.6	0.8			0.2			
40	1	1	0.6	0.8				0.2		
41	1	1	0.6	0.8					0.2	
42	1	1	0.6	0.8						0.2
43	1	1	0.6	0.8						

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE DELLE OPERE MARITTIME

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI STATI LIMITE DI ESERCIZIO**

Combinazione di carico numero				
44				
Quasi Permanenti				
Comb.\Cond	1	2	3	4
44	1	1	0.6	0.8

**COMBINAZIONI AGLI STATI LIMITE DI DANNO**

Combinazione di carico numero	
45	Sisma 0+ / 90+
46	Sisma 0+ / 270+
47	Sisma 0- / 90-
48	Sisma 0- / 270-
49	Sisma 90+ / 0+
50	Sisma 90+ / 180+
51	Sisma 90- / 0-
52	Sisma 90- / 180-
53	Sisma 180+ / 90+
54	Sisma 180+ / 270+
55	Sisma 180- / 90-
56	Sisma 180- / 270-
57	Sisma 270+ / 0+
58	Sisma 270+ / 180+
59	Sisma 270- / 0-
60	Sisma 270- / 180-

Comb.\Cond	1	2	11	20	21	22	23	24	25	26	27
45	1	1	0.6	0.8	1		0.3				
46	1	1	0.6	0.8	1						0.3
47	1	1	0.6	0.8		1		0.3			
48	1	1	0.6	0.8		1					
49	1	1	0.6	0.8	0.3		1				
50	1	1	0.6	0.8			1		0.3		
51	1	1	0.6	0.8		0.3		1			
52	1	1	0.6	0.8				1		0.3	
53	1	1	0.6	0.8			0.3		1		
54	1	1	0.6	0.8					1		0.3
55	1	1	0.6	0.8				0.3		1	
56	1	1	0.6	0.8						1	
57	1	1	0.6	0.8	0.3						1
58	1	1	0.6	0.8					0.3		1
59	1	1	0.6	0.8		0.3					
60	1	1	0.6	0.8						0.3	

## 6.5 Modello 2

### 6.5.1 Riepilogo azioni di calcolo considerate

PESO PROPRIO (G <sub>1</sub> )		<u>DEFINITO DAL PROGRAMMA</u>
CARICO PERMANENTE NON STRUTTURALE (G <sub>2</sub> )	1482 kg/m <sup>2</sup>	<u>SOLETTA DI COPERTURA</u>
CARICO VARIABILE (Q) (CAT. C)	500 kg/m <sup>2</sup>	<u>CARICO SOLAIO DI</u>
CARICO VARIABILE (Q) (CAT.E)	600 kg/m <sup>2</sup>	<u>COPERTURA</u>
AZIONE ECCEZIONALE DELL'ONDA	3640 kg/m <sup>2</sup>	

### 6.5.2 Dati relativi all'analisi dinamica

Fattori di partecipazione per il calcolo delle masse

- Cond. Carico 1 proprio 1.0000
- Cond. Carico 2 portato 1.0000
- Cond. Carico 3 accidentale cat. C 0.6000
- Cond. Carico 4 accidentale cat. E 0.8000
- Cond. Carico 5 eccezionale - onda 0.0000

Condizioni di carico definite

1. proprio
2. portato
3. accidentale cat.C
4. accidentale cat.E
5. eccezionale - onda

Nel caso in esame, in accordo alle NTC, le verifiche della struttura nel suo complesso sono state effettuate prendendo in considerazione le seguenti combinazioni agli stati limite:

#### COMBINAZIONE ECCEZIONALE

Comb.\Cond	1	2	3	4	5
1	1	1	0.6	0.8	1

## 6.6 Verifiche e computo materiali

A seguire si riportano le verifiche dei setti, relative al *Modello 1*, in quanto risulta la condizione più gravosa, e il computo delle quantità di calcestruzzo e acciaio previste.

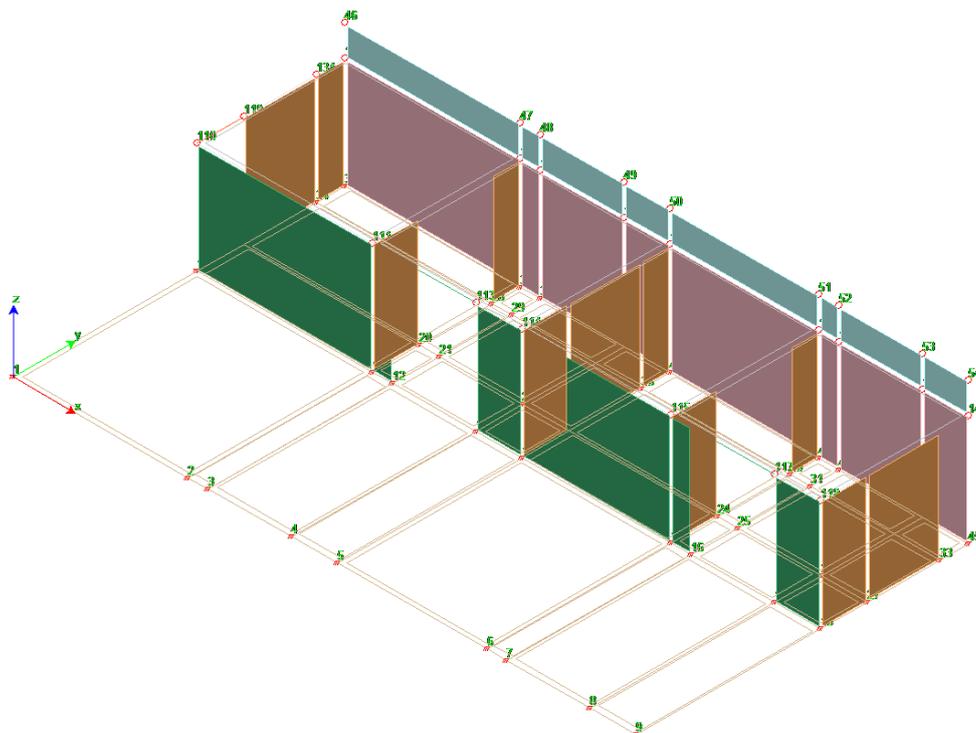


Figura 6-2 Schema di calcolo

### 6.6.1 Calcolo soletta di copertura

I solai e le solette che presentano una armatura resistente in una sola direzione, disposta nel senso della luce, e si possono immaginare costituiti da una serie di travi accostate (*con base  $b = 40 \div 50$  cm, nel caso di solai misti, e  $b = 100$  cm per le solette piene con appoggi continui longitudinali*). In tali casi la soletta presenta un comportamento a trave, che si verifica ogniqualvolta le due dimensioni del locale da coprire risultano notevolmente differenti, per cui il piano di flessione del solaio risulta parallelo alla minore dimensione, avendo gli appoggi trasversali estremi scarsa influenza nel comportamento flessionale del solaio.

Quando invece la differenza fra le due dimensioni è piuttosto limitata, come nel caso in esame, gli appoggi perimetrali influenzano il comportamento flessionale del solaio o della soletta, che presenta così due piani di flessione fra loro ortogonali: In questo caso il solaio ha un comportamento a piastra e si considera costituito da una doppia serie di travi accostate, per cui presenta un'armatura resistente disposta secondo due direzioni perpendicolari.

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE DELLE OPERE MARITTIME

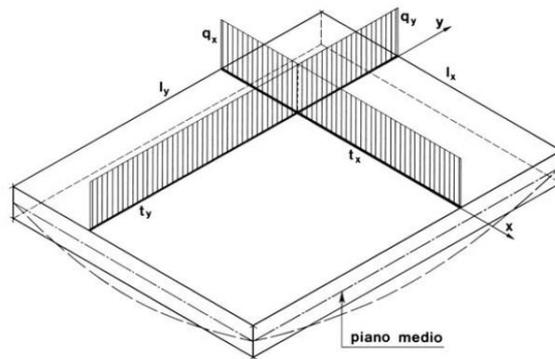


Figura 6-3 Comportamento a piastra solaio

Considerando una lastra rettangolare uniformemente caricata, gli sforzi interni che in essa si verificano sono:

- sforzi di taglio con andamento analogo a quello studiato per le strutture lineari, però in questo caso agenti secondo i due assi ortogonali, con valore nullo in corrispondenza degli assi di simmetria, massimo ai bordi e con presumibile andamento lineare;
- momenti flettenti con presumibile andamento parabolico, con valore nullo ai bordi e massimo in corrispondenza degli assi di simmetria, se la piastra è appoggiata ai bordi, con valore negativo, massimo in valore assoluto, ai bordi e positivo in corrispondenza degli assi di simmetria, nella lastra incastrata;
- momenti torcenti che agiscono in piani perpendicolari a quello medio, con valore nullo in corrispondenza degli assi di simmetria e massimo ai bordi, se la piastra è appoggiata, con valore nullo ai bordi e massimo in una zona abbastanza vicino ai bordi stessi, se la piastra è incastrata.

Lo studio rigoroso di una piastra rettangolare risulta piuttosto complesso e pertanto il calcolo di progetto viene, il più delle volte, svolto applicando procedimenti approssimati basati sull'ipotesi che nel punto di incontro di una qualsiasi coppia di strisce ortogonali l'abbassamento sia uguale per entrambe le strisce; in realtà ciò risulta valido solo per la coppia di strisce centrali con vincoli di estremità uguali per ambedue.

Secondo tale ipotesi, GRASHOF ha sviluppato un metodo di calcolo delle lastre applicabile per qualsiasi condizione di vincolo.

Il carico  $q$  uniformemente ripartito gravante sulla piastra viene ripartito nei carichi  $q_x$  e  $q_y$  che agiscono sulla coppia di strisce centrali, rispettivamente parallele alle dimensioni  $l_x$  ed  $l_y$ , imponendo che per entrambe si abbia la medesima freccia, ossia:

$$k_x q_x l_x^4 = k_y q_y l_y^4$$

In cui:

- $k_x$  e  $k_y$  rappresentano le condizioni di vincolo, che nel caso di incastro su quattro lati assumono valore unitario;
- $q_x = \frac{q l_y^4}{k l_x^4 + l_y^4}$
- $q_y = q - q_x$

Noti i carichi  $q_x$  e  $q_y$ , le due coppie di strisce centrali, per le quali si assume una larghezza di 1,00 m, vengono trattate come travi sollecitate a flessione e taglio; si calcolano quindi i momenti flettenti massimi positivi e negativi delle due strisce in funzione dei relativi vincoli alle estremità, sia in mezzeria sia agli estremi.

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE DELLE OPERE MARITTIME

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA SEZIONE		
spessore soletta	h=	0,50 m
copriferro	c=	0,05 m
altezza utile	d=	0,45 m
base	b=	1,00 m
dimensione lungo x	l <sub>x</sub> =	4,75 m
dimensione lungo y	l <sub>y</sub> =	5,00 m
condizione di vincolo - INCASTRO	k=	1,00 m

ANALISI DEI CARICHI				
Permanente proprio	soletta copertura h=0,5	G <sub>1</sub>	12,50	kN/mq
Permanente portato	pavimentazione	G <sub>2</sub>	2,32	kN/mq
Variabile cat. C	affollamento cat. C	Q <sub>a</sub>	5,00	kN/mq
Variabile neve	neve	Q <sub>n</sub>	0,48	kN/mq

Considerando la combinazione fondamentale, l'azione di calcolo risulta:

$$F_d = \gamma_{G1}G_1 + \gamma_2G_2 + \gamma_{Qa}Q_a + \gamma_{Qn}Q_n = 27.95 \text{ kN/mq}$$

Il carico uniformemente ripartito deve essere ripartito nelle due aliquote q<sub>x</sub> e q<sub>y</sub>, per cui si avrà:

$$q_x = 15,40 \text{ kN}$$

$$q_y = 12,55$$

ARMATURA A FLESSIONE

In base alle condizioni di vincolo ai bordi, i momenti flettenti risultano:

$$M_{Ed,x} = \pm \frac{1}{12} q_x L_x^2 = \pm 31,93 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed,y} = \pm \frac{1}{12} q_y L_y^2 = \pm 28,82 \text{ kNm}$$

In cui si sono assunte L<sub>x</sub> e L<sub>y</sub> come luci nette di carico, ottenuto incrementando l<sub>x</sub> e l<sub>y</sub> di una quota pari al 5%.

Noti i momenti di calcolo, è stato possibile procedere al calcolo delle armatura necessaria in entrambe le direzioni, considerando strisce ortogonali di larghezza pari a 1,00 m:

$$A_{s,x} = \frac{M_{Ed,x}}{0.9 f_{yd} d} = 201,48 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$A_{s,y} = \frac{M_{Ed,y}}{0.9 f_{yd} d} = 181,84 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Inoltre, ai sensi del punto 4.1.6.1.1 delle NTC 2018, si dovrà garantire un'armatura minima pari a

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE DELLE OPERE MARITTIME

$$A_{s,min,1} = 0.26 \frac{f_{ctm}}{f_{tk}} b_t d = 871,54 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,min,2} = 0.0013 b_t d = 585,00 \text{ mm}^2$$

In cui:

- $b_t = 1,00 \text{ m}$ , rappresenta la larghezza media della zona tesa
- $d$  è l'altezza utile della sezione;
- $f_{ctm} = 3,35 \text{ N/mm}^2$ , valore medio della resistenza a trazione assiale C35/45;
- $f_{yk} = 391,30 \text{ N/mm}^2$ , valore caratteristico della resistenza a trazione dell'armatura ordinaria.

Per cui la sezione sarà armata con

Armatura superiore in direzione  $x \rightarrow 6 \phi 14 = 923,62 \text{ mm}^2 > A_{s,min} = 871,54 \text{ mm}^2$

Armatura superiore in direzione  $y \rightarrow 6 \phi 14 = 923,62 \text{ mm}^2 > A_{s,min} = 871,54 \text{ mm}^2$

Armatura inferiore in direzione  $x \rightarrow 6 \phi 14 = 923,62 \text{ mm}^2 > A_{s,min} = 871,54 \text{ mm}^2$

Armatura inferiore in direzione  $y \rightarrow 6 \phi 14 = 923,62 \text{ mm}^2 > A_{s,min} = 871,54 \text{ mm}^2$

**VERIFICA A TAGLIO**

Ai sensi del punto 4.1.2.3.5.1 delle NTC del 2018, la verifica di resistenza (SLU) a taglio si pone con:

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

$$V_{Rd} = \max \left\{ \left[ 0,18 k \frac{(100 \rho_1 f_{ck})}{\gamma_c} + 0,15 \sigma_{cp} \right] b w d; (v_{min} + 0,15 \sigma_{cp}) b w d \right\} = 140,85 \text{ kN}$$

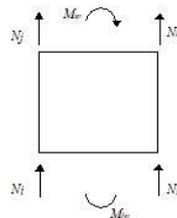
$$V_{Ed} = \max(V_{Ed,x}; V_{Ed,y}) = \max\left(\frac{q_x L_x}{2}; \frac{q_y L_y}{2}\right) = 38,41 \text{ kN}$$

per cui la verifica risulta soddisfatta.

**6.6.2 Verifiche setti**

**Modalità di verifica**

I setti in c.a. vengono verificati, in ottemperanza al punto 5.3.4. del D.M. 27 luglio 1985, come setti o pareti.



Viene calcolato lo sforzo normale medio agente sul setto e il momento ad esso associato. La sezione viene armata rispettando gli interessi minimi da regolamento e la verifica procede a presso-flessione retta via via incrementando il diametro dei ferri di parete. Quando necessario vengono inoltre introdotti ferri laterali di completamento da disporsi sulle estremità del setto stesso.

Nelle verifiche vengono riportate, nelle sezioni di base e di sommità del setto, le tensioni massima e media dovuta al solo sforzo normale nel calcestruzzo (e la combinazione di carico che le produce) e le tensioni nei ferri tesi e compressi (nonché indicazione della combinazione di carico che le produce).

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE DELLE OPERE MARITTIME

Sezioni Impiegate

SEZIONE 1 – spessore 70 cm								
Criterio	Calcestruzzo	$\gamma_M$	F.C.	$f_{ck}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	$f_{cd}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{RARE}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{FREQ}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{QP}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]
Vertrav	C35/45	1.50	1.00	350	198.3	210	350	157.5

Criterio	Acciaio	$\gamma_M$	F.C.	$f_{yk}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	$f_{yd}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{yRARE}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{yFREQ}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{yQP}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	Cop. Es [cm]	Cop. In [cm]	cotg $\theta_i$	cotg $\theta$
Vertrav	B 450 C	1.15	1.00	4500	3913.0	3600	4500	4500	5.00	5.00	1.00	1.00

SEZIONE 2 – spessore 100 cm								
Criterio	Calcestruzzo	$\gamma_M$	F.C.	$f_{ck}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	$f_{cd}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{RARE}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{FREQ}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{QP}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]
Vertrav	C35/45	1.50	1.00	350	198.3	210	350	157.5

Criterio	Acciaio	$\gamma_M$	F.C.	$f_{yk}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	$f_{yd}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{yRARE}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{yFREQ}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{yQP}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	Cop. Es [cm]	Cop. In [cm]	cotg $\theta_i$	cotg $\theta$
Vertrav	B 450 C	1.15	1.00	4500	3913.0	3600	4500	4500	5.00	5.00	1.00	1.00

- Taglio di progetto pari al taglio di calcolo
- Verifica a taglio-compressione del calcestruzzo dell'anima nelle zone dissipative: fattore riduttivo 0.40
- $V_{Rdc} = 0.90 l_w b_w \alpha_{cv} f_{cd} (\cotg(\alpha) + \cotg(\theta)) / (1 + \cotg(\theta)^2)$
- Impostazioni di verifica delle sezioni delle pareti → Minimi Cap 7 NTC 2018

Setto 11 111 110 10 / Sezione 1

B = 675.00 H = 430.00 [cm]

Armature su ogni faccia: Verticali :  $\varnothing$  12 30' [cm], Orizzontali :  $\varnothing$  12 15' [cm], Integrative Sx:  $\varnothing$  30 30' [cm], Dx:  $\varnothing$  30 30' [cm]

Sezione	Comb.	$N_{Ed}$ [kg]	$M_{12}$ [kgm]	$M_{13}$ [kgm]	Sd/Sr
Base	4	16858.2	-71771.8	392113.6	0.33
Sommità	4	82890.1	-110834.6	-664228.5	0.58

S.L.E.	Combinazione	N [kg]	$M_{12}$ [kgm]	$M_{13}$ [kgm]	$\sigma$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	
Base						
$\sigma_{Cl_s,Max}$		29	4891.2	-47396.0	262239.8	-30.5
$\sigma_{Cl_s,Med}$		28	-138526.3	49893.6	-224594.5	-8.3
$\sigma_{s,t}$		38	23536.8	-59287.5	322059.6	1579.1
$\sigma_{s,c}$		29	4891.2	-47396.0	262239.8	-359.1
Sommità						
$\sigma_{Cl_s,Max}$		29	55685.0	-73644.2	-444832.6	-50.7
$\sigma_{Cl_s,Med}$		28	-87732.5	77386.2	402320.8	-15.0
$\sigma_{s,t}$		38	74330.6	-92430.7	-550522.8	2785.4
$\sigma_{s,c}$		29	55685.0	-73644.2	-444832.6	-589.3

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE DELLE OPERE MARITTIME

Verifiche a Taglio

Parete	B [m]	H [m]	compressione						taglio - trazione								
			Comb	$\epsilon$	$V_{Ed}$ [kg]	$V_{Rd,c}$ [kg]	S/R	Comb	$\epsilon$	$V_{Ed}$ [kg]	$\alpha_s$	$V_{Rcd}$ [kg]	$V_{Rsd}$ [kg]	$V_{Rd}$ [kg]	$\frac{\rho_h}{\rho_v + \rho_N}$	S/R	
11	110	6.75	4.30	4	1.00	63282.5	2108177.0	0.03	4	1.00	63282.5	2.00	0.0	0.0	358465.4		0.18

**Setto 12 112 111 11 - sezione 1**

B = 180.00 H = 430.00 [cm]

Armature su ogni faccia: Verticali :  $\varnothing$  12 30' [cm], Orizzontali :  $\varnothing$  16 20' [cm], Integrative Sx:  $\varnothing$  14 10' [cm], Dx:  $\varnothing$  14 10' [cm]

Sezione	Comb.	$N_{Ed}$ [kg]	$M_{12}$ [kgm]	$M_{13}$ [kgm]	Sd/Sr
Base	3	-16435.3	-16708.8	138277.6	0.52
Sommità	3	8719.7	-35234.2	99843.1	0.47

S.L.E.	Combinazione	N [kg]	$M_{12}$ [kgm]	$M_{13}$ [kgm]	$\sigma$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	
Base						
$\sigma_{Cl_s,Max}$		28	-14172.8	-11690.7	92330.9	-46.8
$\sigma_{Cl_s,Med}$		28	-14172.8	-11690.7	92330.9	-18.0
$\sigma_{s,t}$		37	-5546.2	-13160.6	115697.7	2746.6
$\sigma_{s,c}$		28	-14172.8	-11690.7	92330.9	-601.8
Sommità						
$\sigma_{Cl_s,Max}$		28	5177.2	-23859.8	66757.9	-50.0
$\sigma_{Cl_s,Med}$		29	-56691.5	16869.3	-80675.8	-15.5
$\sigma_{s,t}$		37	13803.8	-28926.5	85515.3	2702.0
$\sigma_{s,c}$		37	13803.8	-28926.5	85515.3	-797.0

Verifiche a Taglio

Parete	B [m]	H [m]	compressione						taglio - trazione								
			Comb	$\epsilon$	$V_{Ed}$ [kg]	$V_{Rd,c}$ [kg]	S/R	Comb	$\epsilon$	$V_{Ed}$ [kg]	$\alpha_s$	$V_{Rcd}$ [kg]	$V_{Rsd}$ [kg]	$V_{Rd}$ [kg]	$\frac{\rho_h}{\rho_v + \rho_N}$	S/R	
11	120	1.80	4.30	4	1.00	61331.9	803114.9	0.08	4	1.00	61331.9	2.00	0.0	0.0	127454.3		0.48

**Setto : 13 113 114 14 / Sezione 1**

B = 177.50 H = 430.00 [cm]

Armature su ogni faccia: Verticali :  $\varnothing$  12 30' [cm], Orizzontali :  $\varnothing$  16 25' [cm], Integrative Sx:  $\varnothing$  30 20' [cm], Dx:  $\varnothing$  30 20' [cm]

Sezione	Comb.	$N_{Ed}$ [kg]	$M_{12}$ [kgm]	$M_{13}$ [kgm]	Sd/Sr
Base	3	103950.3	-16541.8	-190589.4	0.62
Sommità	3	121314.2	-30813.0	-233869.0	0.77

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE DELLE OPERE MARITTIME

S.L.E.	Combinazione		N [kg]	M <sub>12</sub> [kgm]	M <sub>13</sub> [kgm]	σ [kg/cm <sup>2</sup> ]
Base						
σ <sub>Cl<sub>s</sub>,Max</sub>	28		66715.9	-11113.0	-127819.8	-59.9
σ <sub>Cl<sub>s</sub>,Med</sub>	29		-123609.6	11597.5	119706.2	-23.5
σ <sub>s,t</sub>	37		90833.1	-14030.9	-158785.7	3255.8
σ <sub>s,c</sub>	38		-147073.8	14357.1	150621.9	-960.9
Sommità						
σ <sub>Cl<sub>s</sub>,Max</sub>	28		80072.8	-20586.5	-156326.5	-81.9
σ <sub>Cl<sub>s</sub>,Med</sub>	29		-110252.8	20874.0	157715.0	-31.6
σ <sub>s,t</sub>	37		104190.0	-25813.8	-195703.2	4090.5
σ <sub>s,c</sub>	29		-110252.8	20874.0	157715.0	-1080.2

Verifiche a Taglio

Parete	B [m]	H [m]	compressione						taglio - trazione							
			Comb	ε	V <sub>Ed</sub> [kg]	V <sub>Rd,c</sub> [kg]	S/R	Comb	ε	V <sub>Ed</sub> [kg]	α <sub>s</sub>	V <sub>Rcd</sub> [kg]	V <sub>Rsd</sub> [kg]	V <sub>Rd</sub> [kg]	$\frac{\rho_h}{\rho_v + \rho_N}$	S/R
13 114	1.77	4.30	3	1.00	98711.3	554372.4	0.18	3	1.00	98711.3	2.00	0.0	0.0	100547.3		0.98

Setto : 14 114 115 15 / Sezione 1

B = 575.00 H = 430.00 [cm]

Armature su ogni faccia: Verticali : ø 12 30' [cm], Orizzontali : ø 12 15' [cm], Integrative Sx: ø 30 13' [cm], Dx: ø 30 13' [cm]

Sezione	Comb.	N <sub>Ed</sub> [kg]	M <sub>12</sub> [kgm]	M <sub>13</sub> [kgm]	Sd/Sr
Base	4	48436.1	287447.4	-88579.9	0.67
Sommità	4	104685.5	344544.0	-48347.8	0.83

S.L.E.	Combinazione		N [kg]	M <sub>12</sub> [kgm]	M <sub>13</sub> [kgm]	σ [kg/cm <sup>2</sup> ]
Base						
σ <sub>Cl<sub>s</sub>,Max</sub>	28		-127396.5	-190980.0	58528.1	-57.2
σ <sub>Cl<sub>s</sub>,Med</sub>	28		-127396.5	-190980.0	58528.1	-27.3
σ <sub>s,t</sub>	38		46932.3	238432.7	-73106.1	2681.4
σ <sub>s,c</sub>	28		-127396.5	-190980.0	58528.1	-638.6
Sommità						
σ <sub>Cl<sub>s</sub>,Max</sub>	28		-84127.7	-230397.1	14848.1	-65.7
σ <sub>Cl<sub>s</sub>,Med</sub>	28		-84127.7	-230397.1	14848.1	-32.5
σ <sub>s,t</sub>	38		90201.0	286385.7	-37876.7	3277.0
σ <sub>s,c</sub>	37		-103100.6	-288157.6	21325.8	-887.9

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE DELLE OPERE MARITTIME

Verifiche a Taglio

Parete	B [m]	H [m]	compressione						taglio - trazione							
			Comb	$\epsilon$	$V_{Ed}$ [kg]	$V_{Rd,c}$ [kg]	S/R	Comb	$\epsilon$	$V_{Ed}$ [kg]	$\alpha_s$	$V_{Rcd}$ [kg]	$V_{Rsd}$ [kg]	$V_{Rd}$ [kg]	$\frac{\rho_h}{\rho_v + \rho_N}$	S/R
14 115	5.75	4.30	20	2.64	65174.5	1795854.4	0.04	20	2.64	65174.5	2.00	0.0	0.0	305359.5		0.21

**Setto : 14 114 1231 23/ Sezione 2**

B = 180.00 H = 430.00 [cm]

Armature su ogni faccia: Verticali :  $\varnothing$  12 30' [cm], Orizzontali :  $\varnothing$  16 20' [cm], Integrative Sx:  $\varnothing$  12 15' [cm], Dx:  $\varnothing$  12 15' [cm]

Sezione	Comb.	$N_{Ed}$ [kg]	$M_{12}$ [kgm]	$M_{13}$ [kgm]	Sd/Sr
Base	4	-39952.6	27724.8	-22418.9	0.17
Sommità	4	-14797.6	12822.2	34745.6	0.20

S.L.E.	Combinazione	N [kg]	$M_{12}$ [kgm]	$M_{13}$ [kgm]	$\sigma$ [kg/cm <sup>2</sup> ]
Base					
$\sigma_{Cl_s,Max}$	29	-29263.2	18904.7	-15482.4	-23.4
$\sigma_{Cl_s,Med}$	29	-29263.2	18904.7	-15482.4	-8.0
$\sigma_{s,t}$	38	-28899.3	22310.6	-19879.2	1001.1
$\sigma_{s,c}$	38	-28899.3	22310.6	-19879.2	-378.3
Sommità					
$\sigma_{Cl_s,Max}$	29	-9913.2	8846.2	22781.0	-23.2
$\sigma_{Cl_s,Med}$	29	-9913.2	8846.2	22781.0	-7.7
$\sigma_{s,t}$	38	-9549.3	10137.4	27965.3	1215.2
$\sigma_{s,c}$	29	-9913.2	8846.2	22781.0	-295.0

Verifiche a Taglio

Parete	B [m]	H [m]	compressione						taglio - trazione							
			Comb	$\epsilon$	$V_{Ed}$ [kg]	$V_{Rd,c}$ [kg]	S/R	Comb	$\epsilon$	$V_{Ed}$ [kg]	$\alpha_s$	$V_{Rcd}$ [kg]	$V_{Rsd}$ [kg]	$V_{Rd}$ [kg]	$\frac{\rho_h}{\rho_v + \rho_N}$	S/R
14 123	1.80	4.30	22	2.64	38293.8	803114.9	0.05	22	2.64	38293.8	2.00	0.0	0.0	127454.3		0.30

**Setto : 24 124 115 15 / Sezione 2**

B = 180.00 H = 430.00 [cm]

Armature su ogni faccia: Verticali :  $\varnothing$  12 30' [cm], Orizzontali :  $\varnothing$  16 20' [cm], Integrative Sx:  $\varnothing$  16 10' [cm], Dx:  $\varnothing$  16 10' [cm]

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE DELLE OPERE MARITTIME

Sezione	Comb.	N <sub>Ed</sub> [kg]	M <sub>12</sub> [kgm]	M <sub>13</sub> [kgm]	Sd/Sr
Base	3	-31784.5	1930.6	-178676.8	0.49
Sommità	3	-6629.5	18118.4	-159241.1	0.49

S.L.E.	Combinazione	N [kg]	M <sub>12</sub> [kgm]	M <sub>13</sub> [kgm]	σ [kg/cm <sup>2</sup> ]
Base					
σ <sub>Cl<sub>s</sub>,Max</sub>	29	-60249.6	5690.1	124247.4	-46.0
σ <sub>Cl<sub>s</sub>,Med</sub>	29	-60249.6	5690.1	124247.4	-20.9
σ <sub>s,t</sub>	37	-18920.2	1113.1	-149708.9	2445.6
σ <sub>s,c</sub>	29	-60249.6	5690.1	124247.4	-611.4
Sommità					
σ <sub>Cl<sub>s</sub>,Max</sub>	29	-40899.6	-8451.9	121557.7	-47.8
σ <sub>Cl<sub>s</sub>,Med</sub>	29	-40899.6	-8451.9	121557.7	-20.6
σ <sub>s,t</sub>	37	429.8	14886.6	-135147.1	2594.6
σ <sub>s,c</sub>	29	-40899.6	-8451.9	121557.7	-629.1

Verifiche a Taglio

Parete	B [m]	H [m]	compressione						taglio - trazione								
			Comb	ε	V <sub>Ed</sub> [kg]	V <sub>Rd,c</sub> [kg]	S/R	Comb	ε	V <sub>Ed</sub> [kg]	α <sub>s</sub>	V <sub>Rcd</sub> [kg]	V <sub>Rsd</sub> [kg]	V <sub>Rd</sub> [kg]	ρ <sub>v</sub> +ρ <sub>N</sub>	S/R	
24	115	1.80	4.30	4	1.00	85824.7	803114.9	0.11	4	1.00	85824.7	2.00	0.0	0.0	127454.3		0.67

Setto : 16 116 115 15 / Sezione 1

B = 77.50 H = 430.00 [cm]

Armature su ogni faccia: Verticali : ø 12 30' [cm], Orizzontali : ø 16 20' [cm], Integrative Sx: ø 30 13' [cm], Dx: ø 30 13' [cm]

Sezione	Comb.	N <sub>Ed</sub> [kg]	M <sub>12</sub> [kgm]	M <sub>13</sub> [kgm]	Sd/Sr
Base	3	41096.6	17371.3	-107790.7	0.78
Sommità	3	48678.0	21794.9	-113376.7	0.84

S.L.E.	Combinazione	N [kg]	M <sub>12</sub> [kgm]	M <sub>13</sub> [kgm]	σ [kg/cm <sup>2</sup> ]
Base					
σ <sub>Cl<sub>s</sub>,Max</sub>	29	-51121.8	-11684.4	72877.6	-120.6
σ <sub>Cl<sub>s</sub>,Med</sub>	29	-51121.8	-11684.4	72877.6	-50.7
σ <sub>s,t</sub>	37	36120.7	14556.7	-90089.4	3681.0
σ <sub>s,c</sub>	29	-51121.8	-11684.4	72877.6	-1426.9
Sommità					
σ <sub>Cl<sub>s</sub>,Max</sub>	29	-45289.9	-14284.5	77658.1	-131.1
σ <sub>Cl<sub>s</sub>,Med</sub>	29	-45289.9	-14284.5	77658.1	-53.8
σ <sub>s,t</sub>	37	41952.6	18168.2	-94844.4	3980.1
σ <sub>s,c</sub>	29	-45289.9	-14284.5	77658.1	-1544.0

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE DELLE OPERE MARITTIME

Verifiche a Taglio

Parete	B [m]	H [m]	compressione					taglio - trazione								
			Comb	$\epsilon$	$V_{Ed}$ [kg]	$V_{Rd,c}$ [kg]	S/R	Comb	$\epsilon$	$V_{Ed}$ [kg]	$\alpha_s$	$V_{Rcd}$ [kg]	$V_{Rsd}$ [kg]	$V_{Rd}$ [kg]	$\frac{\rho_h}{\rho_v + \rho_N}$	S/R
16 115	0.77	4.30	4	1.00	52543.0	242049.8	0.22	4	1.00	52543.0	2.00	0.0	0.0	54876.2		0.96

**Setto : 18 118 117 17 / Sezione 1**

B = 177.50 H = 430.00 [cm]

Armature su ogni faccia: Verticali :  $\varnothing$  12 30' [cm], Orizzontali :  $\varnothing$  12 15' [cm], Integrative Sx:  $\varnothing$  16 10' [cm], Dx:  $\varnothing$  16 10' [cm]

Sezione	Comb.	$N_{Ed}$ [kg]	$M_{12}$ [kgm]	$M_{13}$ [kgm]	Sd/Sr
Base	3	28007.0	22625.3	70358.6	0.38
Sommità	3	45370.9	40295.0	40655.1	0.53

S.L.E.	Combinazione	N [kg]	$M_{12}$ [kgm]	$M_{13}$ [kgm]	$\sigma$ [kg/cm <sup>2</sup> ]
Base					
$\sigma_{Cl_s,Max}$	28	15931.9	15225.7	48080.7	-47.0
$\sigma_{Cl_s,Med}$	29	-73087.5	-14882.7	-36456.4	-10.0
$\sigma_{s,t}$	37	27333.4	19066.4	58785.0	2229.9
$\sigma_{s,c}$	28	15931.9	15225.7	48080.7	-574.1
Sommità					
$\sigma_{Cl_s,Max}$	28	29288.8	26973.5	27474.2	-47.5
$\sigma_{Cl_s,Med}$	29	-59730.7	-26458.1	-34707.7	-15.5
$\sigma_{s,t}$	37	40690.3	33702.7	35525.4	2504.3
$\sigma_{s,c}$	29	-59730.7	-26458.1	-34707.7	-572.9

Verifiche a Taglio

Parete	B [m]	H [m]	compressione					taglio - trazione								
			Comb	$\epsilon$	$V_{Ed}$ [kg]	$V_{Rd,c}$ [kg]	S/R	Comb	$\epsilon$	$V_{Ed}$ [kg]	$\alpha_s$	$V_{Rcd}$ [kg]	$V_{Rsd}$ [kg]	$V_{Rd}$ [kg]	$\frac{\rho_h}{\rho_v + \rho_N}$	S/R
18 117	1.77	4.30	3	1.00	25817.1	554372.4	0.05	3	1.00	25817.1	2.00	0.0	0.0	94263.1		0.27

**Setto : 18 118 127 27 / Sezione 2**

B = 180.00 H = 430.00 [cm]

Armature su ogni faccia: Verticali :  $\varnothing$  12 30' [cm], Orizzontali :  $\varnothing$  16 20' [cm], Integrative Sx:  $\varnothing$  30 30' [cm], Dx:  $\varnothing$  30 30' [cm]

Sezione	Comb.	$N_{Ed}$ [kg]	$M_{12}$ [kgm]	$M_{13}$ [kgm]	Sd/Sr
Base	4	-20841.2	101593.7	87221.3	0.55
Sommità	3	-3471.9	-117782.6	-192372.4	0.78

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE DELLE OPERE MARITTIME

S.L.E.	Combinazione	N [kg]	M <sub>12</sub> [kgm]	M <sub>13</sub> [kgm]	σ [kg/cm <sup>2</sup> ]
Base					
σ <sub>Cl<sub>s</sub>,Max</sub>	29	-15784.3	68319.7	57011.6	-64.3
σ <sub>Cl<sub>s</sub>,Med</sub>	29	-15784.3	68319.7	57011.6	-21.4
σ <sub>s,t</sub>	38	-15008.5	83999.6	72479.1	2657.5
σ <sub>s,c</sub>	37	-21496.6	-73124.0	-84790.3	-992.0
Sommità					
σ <sub>Cl<sub>s</sub>,Max</sub>	28	-1624.8	-78353.6	-129338.2	-104.8
σ <sub>Cl<sub>s</sub>,Med</sub>	28	-1624.8	-78353.6	-129338.2	-34.9
σ <sub>s,t</sub>	28	-1624.8	-78353.6	-129338.2	3491.6
σ <sub>s,c</sub>	28	-1624.8	-78353.6	-129338.2	-1305.8

Verifiche a Taglio

Parete	B [m]	H [m]	compressione						taglio - trazione							
			Comb	ε	V <sub>Ed</sub> [kg]	V <sub>Rd,c</sub> [kg]	S/R	Comb	ε	V <sub>Ed</sub> [kg]	α <sub>s</sub>	V <sub>Rcd</sub> [kg]	V <sub>Rsd</sub> [kg]	V <sub>Rd</sub> [kg]	$\frac{\rho_h}{\rho_v + \rho_N}$	S/R
18 127	1.80	4.30	3	1.00	68342.9	803114.9	0.09	3	1.00	68342.9	2.00	0.0	0.0	127454.3		0.54

**Setto : 34 134 119 19 / Sezione 2**

B = 280.00 H = 430.00 [cm]

Armature su ogni faccia: Verticali : ø 12 30' [cm], Orizzontali : ø 16 20' [cm], Integrative Sx: ø 14 10' [cm], Dx: ø 14 10' [cm]

Sezione	Comb.	N <sub>Ed</sub> [kg]	M <sub>12</sub> [kgm]	M <sub>13</sub> [kgm]	Sd/Sr
Base	3	-4718.8	6636.3	59673.6	0.10
Sommità	3	34411.2	-8847.3	235096.2	0.51

S.L.E.	Combinazione	N [kg]	M <sub>12</sub> [kgm]	M <sub>13</sub> [kgm]	σ [kg/cm <sup>2</sup> ]
Base					
σ <sub>Cl<sub>s</sub>,Max</sub>	28	-6883.3	4487.0	40302.1	-9.6
σ <sub>Cl<sub>s</sub>,Med</sub>	28	-6883.3	4487.0	40302.1	-3.5
σ <sub>s,t</sub>	37	1933.2	5589.7	50220.7	624.9
σ <sub>s,c</sub>	37	1933.2	5589.7	50220.7	-165.4
Sommità					
σ <sub>Cl<sub>s</sub>,Max</sub>	29	-43722.4	6159.6	-174210.8	-32.8
σ <sub>Cl<sub>s</sub>,Med</sub>	29	-43722.4	6159.6	-174210.8	-14.6
σ <sub>s,t</sub>	37	32033.2	-7402.2	197971.5	2598.1
σ <sub>s,c</sub>	29	-43722.4	6159.6	-174210.8	-447.9

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE DELLE OPERE MARITTIME

Verifiche a Taglio

Parete	B [m]	H [m]	compressione						taglio - trazione							
			Comb	$\epsilon$	$V_{Ed}$ [kg]	$V_{Rd,c}$ [kg]	S/R	Comb	$\epsilon$	$V_{Ed}$ [kg]	$\alpha_s$	$V_{Rcd}$ [kg]	$V_{Rsd}$ [kg]	$V_{Rd}$ [kg]	$\frac{\rho_h}{\rho_v + \rho_N}$	S/R
34 119	2.80	4.30	4	1.00	73270.8	1249290.5	0.06	4	1.00	73270.8	2.00	0.0	0.0	198262.4		0.37

**Setto : 23 123 136 36 / Sezione 2**

B = 280.00 H = 430.00 [cm]

Armature su ogni faccia: Verticali :  $\emptyset$  12 30' [cm], Orizzontali :  $\emptyset$  16 20' [cm], Integrative Sx:  $\emptyset$  12 10' [cm], Dx:  $\emptyset$  12 10' [cm]

Sezione	Comb.	$N_{Ed}$ [kg]	$M_{12}$ [kgm]	$M_{13}$ [kgm]	Sd/Sr
Base	4	95612.5	2634.3	-76431.2	0.50
Sommità	4	134742.5	-3929.1	-89114.0	0.66

S.L.E.	Combinazione	N [kg]	$M_{12}$ [kgm]	$M_{13}$ [kgm]	$\sigma$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	
Base						
$\sigma_{Cl_s,Max}$		28	-140918.1	-542.2	58665.7	-9.2
$\sigma_{Cl_s,Med}$		28	-140918.1	-542.2	58665.7	-4.8
$\sigma_{s,t}$		38	86273.1	2081.9	-64974.1	2410.4
$\sigma_{s,c}$		28	-140918.1	-542.2	58665.7	-135.2
Sommità						
$\sigma_{Cl_s,Max}$		28	-110818.1	1075.5	75984.2	-10.0
$\sigma_{Cl_s,Med}$		28	-110818.1	1075.5	75984.2	-4.9
$\sigma_{s,t}$		38	116373.1	-3136.9	-76333.7	3102.0
$\sigma_{s,c}$		28	-110818.1	1075.5	75984.2	-145.9

Verifiche a Taglio

Parete	B [m]	H [m]	compressione						taglio - trazione							
			Comb	$\epsilon$	$V_{Ed}$ [kg]	$V_{Rd,c}$ [kg]	S/R	Comb	$\epsilon$	$V_{Ed}$ [kg]	$\alpha_s$	$V_{Rcd}$ [kg]	$V_{Rsd}$ [kg]	$V_{Rd}$ [kg]	$\frac{\rho_h}{\rho_v + \rho_N}$	S/R
23 136	2.80	4.30	17	2.64	62465.0	1249290.5	0.05	17	2.64	62465.0	2.00	0.0	0.0	198262.4		0.32

**Setto : 27 127 133 33 / Sezione2**

B = 280.00 H = 430.00 [cm]

Armature su ogni faccia: Verticali :  $\emptyset$  12 30' [cm], Orizzontali :  $\emptyset$  16 20' [cm], Integrative Sx:  $\emptyset$  30 30' [cm], Dx:  $\emptyset$  30 30' [cm]

Sezione	Comb.	$N_{Ed}$ [kg]	$M_{12}$ [kgm]	$M_{13}$ [kgm]	Sd/Sr
Base	4	21301.3	-27570.6	-96240.3	0.19
Sommità	4	60431.3	-9050.7	-385528.2	0.64

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE DELLE OPERE MARITTIME

S.L.E.	Combinazione	N [kg]	M <sub>12</sub> [kgm]	M <sub>13</sub> [kgm]	σ [kg/cm <sup>2</sup> ]
Base					
σ <sub>Cl<sub>s</sub>,Max</sub>	28	-82693.9	30584.9	92684.9	-23.5
σ <sub>Cl<sub>s</sub>,Med</sub>	28	-82693.9	30584.9	92684.9	-7.8
σ <sub>s,t</sub>	38	22815.5	-23888.6	-82081.9	1129.1
σ <sub>s,c</sub>	28	-82693.9	30584.9	92684.9	-319.3
Sommità					
σ <sub>Cl<sub>s</sub>,Max</sub>	28	-52593.9	6247.3	272652.7	-44.4
σ <sub>Cl<sub>s</sub>,Med</sub>	28	-52593.9	6247.3	272652.7	-20.6
σ <sub>s,t</sub>	38	52915.5	-7575.4	-322201.0	3206.4
σ <sub>s,c</sub>	28	-52593.9	6247.3	272652.7	-601.1

Verifiche a Taglio

Parete	B [m]	H [m]	compressione						taglio - trazione							
			Comb	ε	V <sub>Ed</sub> [kg]	V <sub>Rd,c</sub> [kg]	S/R	Comb	ε	V <sub>Ed</sub> [kg]	α <sub>s</sub>	V <sub>Rcd</sub> [kg]	V <sub>Rsd</sub> [kg]	V <sub>Rd</sub> [kg]	$\frac{\rho_h}{\rho_v + \rho_N}$	S/R
27	133	2.80	4.30	3	1.00	126474.1	1249290.1	0.10	3	1.00	126474.1	2.00	0.0	0.0	198262.4	0.64

Setto : 28 128 138 38 / Sezione 2

B = 110.00 H = 430.00 [cm]

Armature su ogni faccia: Verticali : ø 12 30' [cm], Orizzontali : ø 12 10' [cm], Integrative Sx: ø 30 20' [cm], Dx: ø 30 20' [cm]

Sezione	Comb.	N <sub>Ed</sub> [kg]	M <sub>12</sub> [kgm]	M <sub>13</sub> [kgm]	Sd/Sr
Base	3	61743.7	1215.9	-162432.6	0.88
Sommità	3	77116.2	4072.5	-168914.0	0.94

S.L.E.	Combinazione	N [kg]	M <sub>12</sub> [kgm]	M <sub>13</sub> [kgm]	σ [kg/cm <sup>2</sup> ]
Base					
σ <sub>Cl<sub>s</sub>,Max</sub>	29	-74452.9	-3533.1	114726.7	-78.2
σ <sub>Cl<sub>s</sub>,Med</sub>	29	-74452.9	-3533.1	114726.7	-37.5
σ <sub>s,t</sub>	37	54446.0	1286.6	-136500.7	3755.4
σ <sub>s,c</sub>	29	-74452.9	-3533.1	114726.7	-968.1
Sommità					
σ <sub>Cl<sub>s</sub>,Max</sub>	29	-62627.9	-4770.3	124175.6	-85.1
σ <sub>Cl<sub>s</sub>,Med</sub>	29	-62627.9	-4770.3	124175.6	-40.3
σ <sub>s,t</sub>	37	66271.0	3608.3	-142465.4	4044.3
σ <sub>s,c</sub>	29	-62627.9	-4770.3	124175.6	-1043.6

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE DELLE OPERE MARITTIME

Verifiche a Taglio

Parete	B [m]	H [m]	compressione						taglio - trazione								
			Comb	$\epsilon$	$V_{Ed}$ [kg]	$V_{Rd,c}$ [kg]	S/R	Comb	$\epsilon$	$V_{Ed}$ [kg]	$\alpha_s$	$V_{Rcd}$ [kg]	$V_{Rsd}$ [kg]	$V_{Rd}$ [kg]	$\frac{\rho_h}{\rho_v + \rho_N}$	S/R	$\epsilon$
28	138	1.10	4.30	4	1.00	83370.6	490792.7	0.17	4	1.00	83370.6	2.00	0.0	0.0	87624.9		0.95

**Setto : 42 142 130 30 / Sezione 2**

B = 110.00 H = 430.00 [cm]

Armature su ogni faccia: Verticali :  $\varnothing$  12 30' [cm], Orizzontali :  $\varnothing$  12 10' [cm], Integrative Sx:  $\varnothing$  30 20' [cm], Dx:  $\varnothing$  30 20' [cm]

Sezione	Comb.	$N_{Ed}$ [kg]	$M_{12}$ [kgm]	$M_{13}$ [kgm]	Sd/Sr
Base	3	4463.2	1645.1	168711.7	0.78
Sommità	3	19835.7	2300.1	175457.8	0.85

S.L.E.	Combinazione	N [kg]	$M_{12}$ [kgm]	$M_{13}$ [kgm]	$\sigma$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	
Base						
$\sigma_{Cl_s,Max}$		29	-34038.6	876.7	-119740.7	-77.5
$\sigma_{Cl_s,Med}$		29	-34038.6	876.7	-119740.7	-38.3
$\sigma_{s,t}$		37	6487.6	1135.6	141623.4	3421.8
$\sigma_{s,c}$		29	-34038.6	876.7	-119740.7	-931.0
Sommità						
$\sigma_{Cl_s,Max}$		29	-22213.6	-211.0	-128896.0	-82.1
$\sigma_{Cl_s,Med}$		29	-22213.6	-211.0	-128896.0	-40.9
$\sigma_{s,t}$		37	18312.6	1747.4	147768.7	3686.3
$\sigma_{s,c}$		29	-22213.6	-211.0	-128896.0	-975.2

Verifiche a Taglio

Parete	B [m]	H [m]	compressione						taglio - trazione								
			Comb	$\epsilon$	$V_{Ed}$ [kg]	$V_{Rd,c}$ [kg]	S/R	Comb	$\epsilon$	$V_{Ed}$ [kg]	$\alpha_s$	$V_{Rcd}$ [kg]	$V_{Rsd}$ [kg]	$V_{Rd}$ [kg]	$\frac{\rho_h}{\rho_v + \rho_N}$	S/R	
42	130	1.10	4.30	4	1.00	86664.8	490792.7	0.18	4	1.00	86664.8	2.00	0.0	0.0	87624.9		0.99

**Setto : 37 137 134 34 / Sezione 2**

B = 110.00 H = 430.00 [cm]

Armature su ogni faccia: Verticali :  $\varnothing$  12 30' [cm], Orizzontali :  $\varnothing$  16 20' [cm], Integrative Sx:  $\varnothing$  30 25' [cm], Dx:  $\varnothing$  30 25' [cm]

Sezione	Comb.	$N_{Ed}$ [kg]	$M_{12}$ [kgm]	$M_{13}$ [kgm]	Sd/Sr
Base	3	85803.7	10213.4	-72222.9	0.69
Sommità	3	101176.2	-17938.5	-104225.0	0.93

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE DELLE OPERE MARITTIME

S.L.E.	Combinazione		N [kg]	M <sub>12</sub> [kgm]	M <sub>13</sub> [kgm]	σ [kg/cm <sup>2</sup> ]
Base						
σ <sub>Cl<sub>s</sub>,Max</sub>	28		56215.8	6905.4	-48700.7	-40.3
σ <sub>Cl<sub>s</sub>,Med</sub>	29		-76862.5	-7021.9	42293.3	-15.5
σ <sub>s,t</sub>	37		72989.5	8678.6	-60086.2	2961.4
σ <sub>s,c</sub>	38		-93358.3	-8730.5	53656.4	-604.2
Sommità						
σ <sub>Cl<sub>s</sub>,Max</sub>	28		68040.8	-11879.0	-70071.3	-61.8
σ <sub>Cl<sub>s</sub>,Med</sub>	29		-65037.5	11767.2	62799.2	-23.5
σ <sub>s,t</sub>	28		68040.8	-11879.0	-70071.3	3258.4
σ <sub>s,c</sub>	38		-81533.3	14747.4	79403.9	-920.9

Verifiche a Taglio

Parete	B [m]	H [m]	compressione					taglio - trazione								
			Comb	ε	V <sub>Ed</sub> [kg]	V <sub>Rd,c</sub> [kg]	S/R	Comb	ε	V <sub>Ed</sub> [kg]	α <sub>s</sub>	V <sub>Rcd</sub> [kg]	V <sub>Rsd</sub> [kg]	V <sub>Rd</sub> [kg]	ρ <sub>h</sub> ρ <sub>v</sub> +ρ <sub>N</sub>	S/R
37 134	1.10	4.30	3	1.00	41034.4	490792.2	0.08	3	1.00	41034.4	2.00	0.0	0.0	77888.7		0.53

**Setto : 36 136 141 41 / Sezione 2**

B = 110.00 H = 430.00 [cm]

Armature su ogni faccia: Verticali : ø 12 30' [cm], Orizzontali : ø 16 20' [cm], Integrative Sx: ø 12 15' [cm], Dx: ø 12 15' [cm]

Sezione	Comb.	N <sub>Ed</sub> [kg]	M <sub>12</sub> [kgm]	M <sub>13</sub> [kgm]	Sd/Sr
Base	4	-14738.9	2974.3	15685.3	0.17
Sommità	17	-495.8	769.1	14389.5	0.28

S.L.E.	Combinazione		N [kg]	M <sub>12</sub> [kgm]	M <sub>13</sub> [kgm]	σ [kg/cm <sup>2</sup> ]
Base						
σ <sub>Cl<sub>s</sub>,Max</sub>	29		-10849.8	2028.8	10856.8	-17.0
σ <sub>Cl<sub>s</sub>,Med</sub>	29		-10849.8	2028.8	10856.8	-6.7
σ <sub>s,t</sub>	38		-10634.4	2243.6	12483.6	860.3
σ <sub>s,c</sub>	29		-10849.8	2028.8	10856.8	-204.3
Sommità						
σ <sub>Cl<sub>s</sub>,Max</sub>	29		975.2	1873.5	5692.8	-12.2
σ <sub>Cl<sub>s</sub>,Med</sub>	26		434.7	849.3	4826.7	0.0
σ <sub>s,t</sub>	29		975.2	1873.5	5692.8	701.1
σ <sub>s,c</sub>	29		975.2	1873.5	5692.8	-135.2

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE DELLE OPERE MARITTIME

Verifiche a Taglio

Parete	B [m]	H [m]	compressione						taglio - trazione							
			Comb	$\epsilon$	$V_{Ed}$ [kg]	$V_{Rd,c}$ [kg]	S/R	Comb	$\epsilon$	$V_{Ed}$ [kg]	$\alpha_s$	$V_{Rcd}$ [kg]	$V_{Rsd}$ [kg]	$V_{Rd}$ [kg]	$\frac{\rho_h}{\rho_v + \rho_N}$	S/R
36 141	1.10	4.30	17	2.64	16945.5	490792.2	0.03	17	2.64	16945.5	2.00	0.0	0.0	77888.7		0.22

6.6.3 *Computo materiali*

	Volume [m <sup>3</sup> ]	Cassero [m <sup>2</sup> ]	Peso Armature		
			Parete [kg]	Zone Confinare [kg]	Orizzontali [kg]
Pareti isolate	139.0	454.1	320.7	6594.5	2358.3
Totale	139.0	454.1	320.7	6594.5	2358.3

Incidenza armature: 66.7 [kg/m<sup>3</sup>]