



COMUNE DI MOSCUFO  
(PROVINCIA DI PESCARA)

Oggetto

**Delibera di C.C. n°7 del 27.03.2019 ad oggetto: "Approvazione Bilancio di Previsione Finanziario 2019/2021 e relativi allegati" - Programmazione dei lavori pubblici per il triennio 2019/2021 - CONSOLIDAMENTO ALL'INTERNO DEL CENTRO ABITATO DEL COMUNE DI MOSCUFO - II LOTTO FUNZIONALE**

**CUP: E88H24000290002**

Committente

Amm.ne Comunale di Moscufo

Piazza Umberto I, 9 - 65010 Moscufo PEC  
protocollo.moscufo@pec.pescarainnova.it

Localizzazione

Comune di Moscufo (PE)  
CAP 65010

Regione Abruzzo

PROGETTO DEFINITIVO/ESECUTIVO

Elaborato

**B.5**

Cod.

GEN.05

Titolo

**FASCICOLO DEI CALCOLI  
PARATIA DI PALI A QUINCONCE**

Scala

Planimetria catastale  
Planimetria generale  
Piante  
Profili e sezioni  
Esecutivi strutturali  
Particolari costruttivi  
Assonometrie  
Altri elaborati

1:25 1:50 1:100 1:200 1:500 1:1000 1:2000 varie

Gruppo di Progettazione  
RTP

**CAPOGRUPPO Ing. LORENZO PIETROMARTIRE**

MANDANTE Ing. DANIELE RUGGIERI

MANDANTE Geol. MARTIN POMPOSO

Data di emissione

**Settembre 2020**

**Il R.U.P.**

**Ing. Mirco Mariani**

Revisione

00

04

Data

04.09.2020

13.06.2024

Note

Prima Emissione

Integrazioni DPE013 prot. 160261/24 del 17.04.2024

# **FASCICOLO DEI CALCOLI PARATIA A QUINCONCE**

## **Introduzione.**

Le paratie sono opere di ingegneria civile che trovano molta applicazione in problemi legati alla stabilizzazione di versanti o al sostegno di rilevati di terreno. Tuttavia è anche facile sentire parlare di paratie che sono utilizzate per l'ormeggio di grandi imbarcazioni, o per puntellare pareti di trincee e altri scavi o per realizzare cassoni a tenuta stagna per lavori subacquei. Come si può quindi intuire grande importanza deve essere data alla progettazione di una simile opera, soprattutto per quanto riguarda il progetto strutturale e geotecnico. Per quanto riguarda l'aspetto del calcolo vale la pena sottolineare che non esistono, ad oggi, metodi esatti, e questo è anche dovuto alla complessa interazione tra la profondità di scavo, la rigidità del materiale costituente la paratia e la resistenza dovuta alla pressione passiva. In ogni caso, i metodi correntemente utilizzati possono essere classificati in due categorie:

1. Metodi che si basano su una discretizzazione del modello di paratia (si parla di differenze finite o di elementi finiti);
2. Metodi che si basano su congetture di tipo semplicistico, al fine di poter affrontare il problema con il semplice studio dell'equilibrio di un corpo rigido.

Tra le due classi di metodi esposti all'elenco precedente, quello degli elementi finiti è quello che più di tutti risulta razionale, in quanto basato su considerazioni che coinvolgono sia la statica del problema (equilibrio) sia la cinematica (congruenza).

## **Tipi di paratie.**

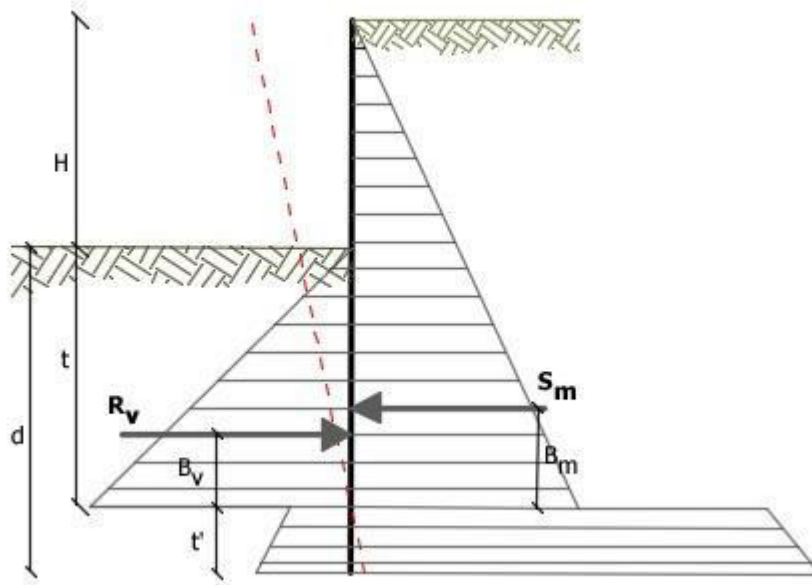
I tipi di paratie maggiormente utilizzate allo stato attuale possono essere classificati come segue:

1. Paratie in calcestruzzo armato, costruite per mezzo di pali o per mezzo di setti (entrambi armati);
2. Paratie di legno;
3. Paratie in acciaio.

## **Analisi della paratia.**

### **Alcune considerazioni preliminari.**

Gli elementi che concorrono al calcolo di una paratia sono vari. Si coinvolgono infatti concetti legati alla flessibilità dei pali, al calcolo della spinta del terrapieno, alla rigidità del terreno ecc. Si osservi la seguente figura:



**Figura 1: Schema delle pressioni agenti sulla paratia**

Si vede che le pressioni laterali che sono chiamate a concorrere nell'equilibrio sono la pressione attiva sviluppata a tergo della paratia e la pressione passiva che si sviluppa nella parte anteriore della paratia (Parte di valle della paratia). Il calcolo, sia nell'ambito dei metodi semplificati che nell'ambito di metodi numerici, della spinta a tergo ed a valle della paratia viene solitamente condotto sia con il metodo di Rankine che con il metodo di Coulomb. Si rileva però che il metodo di Coulomb fornisce risultati più accurati in quanto essendo la paratia un'opera solitamente flessibile, e manifestando quindi spostamenti maggiori si generano fenomeni di attrito all'interfaccia paratia-terreno che possono essere tenuti in conto solo attraverso i coefficienti di spinta di Coulomb. Nell'utilizzo del metodo degli elementi finiti si deve calcolare anche un coefficiente di reazione del terreno  $k_s$ , oltre che la spinta attiva e passiva del terreno. Se si parla di analisi in condizioni non drenate è inoltre necessario conoscere il valore della coesione non drenata. E' inoltre opportuno considerare che se si vuole tenere debitamente in conto l'attrito tra terreno e opera si deve essere a conoscenza dell'angolo di attrito tra terreno e opera (appunto). In conclusione i parametri (in termini di proprietà del terreno) di cui si deve disporre per effettuare l'analisi sono i seguenti:

1. Angolo di attrito interno del terreno;
2. Coesione del terreno;
3. Peso dell'unità di volume del terreno;
4. Angolo di attrito tra il terreno ed il materiale che costituisce l'opera.

## **Calcolo delle spinte.**

Come accennato in uno dei paragrafi precedenti, deve in ogni caso essere effettuato il calcolo della spinta attiva e passiva. Si espone quindi in questa sezione il calcolo delle spinte con il metodo di Coulomb.

## Calcolo della spinta attiva.

La spinta attiva può essere calcolata con il metodo di Coulomb o alternativamente utilizzando la Teoria di Caquot.

### Metodo di Coulomb.

Il metodo di Coulomb è capace di tenere in conto le variabili più significative, soprattutto con riguardo al fenomeno attritivo che si genera all'interfaccia paratia-terreno. Per terreno omogeneo ed asciutto il diagramma delle pressioni si presenta lineare con distribuzione (valutata alla profondità  $z$ ):

$$\sigma_h(z) = k_a \cdot \gamma_t \cdot z$$

La spinta totale, che è l'integrale della relazione precedente su tutta l'altezza, è applicata ad  $1/3$  di  $H$  e si calcola con la seguente espressione:

$$S_t(z) = \frac{1}{2} k_a \cdot \gamma_t \cdot H^2$$

Avendo indicato con  $k_a$  il valore del coefficiente di pressione attiva, determinabile con la seguente relazione:

$$\left\{ \begin{array}{l} k_a = \frac{\sin^2(\phi + \beta)}{\sin^2 \beta \cdot \sin(\beta - \delta) \cdot \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi - \varepsilon)}{\sin(\beta - \delta) \cdot \sin(\beta + \varepsilon)}} \right]^2} \\ \text{con } \delta < (\beta - \phi - \varepsilon) \text{ secondo Muller - Breslau} \end{array} \right.$$

$\gamma_t$  = Peso unità di volume del terreno;

$\beta$  = Inclinazione della parete interna rispetto al piano orizzontale passante per il piede;

$\phi$  = Angolo di resistenza al taglio del terreno;

$\delta$  = Angolo di attrito terreno-paratia positivo se antiorario;

$\varepsilon$  = Inclinazione del piano campagna rispetto al piano orizzontale positiva se antioraria;

### Metodo di Caquot.

Il metodo di Coulomb risulta essere un metodo sufficientemente accurato per la valutazione dei coefficienti di pressione allo stato limite. Tuttavia soffre dell'ipotesi riguardante la planarità della superficie di scorrimento. Tale ipotesi è rimossa applicando la teoria di Caquot la quale si basa sull'utilizzo di una superficie di scorrimento a forma di spirale logaritmica. Secondo questa teoria il coefficiente di pressione attiva si determina utilizzando la seguente formula:

$$K_a = \rho \cdot K_a^{\text{Coulomb}}$$

Dove i simboli hanno il seguente significato:

- $K_a^{\text{Coulomb}}$  è il coefficiente di pressione attiva calcolato con la teoria di Coulomb;
- $\rho$  è un coefficiente moltiplicativo calcolato con la seguente formula:

$$\rho = \left( \left[ 1 - 0.9 \cdot \lambda^2 - 0.1 \cdot \lambda \right] \cdot \left[ 1 - 0.3 \cdot \lambda^3 \right] \right)^{-n}$$

Dove i simboli sono calcolati con le seguenti formule:

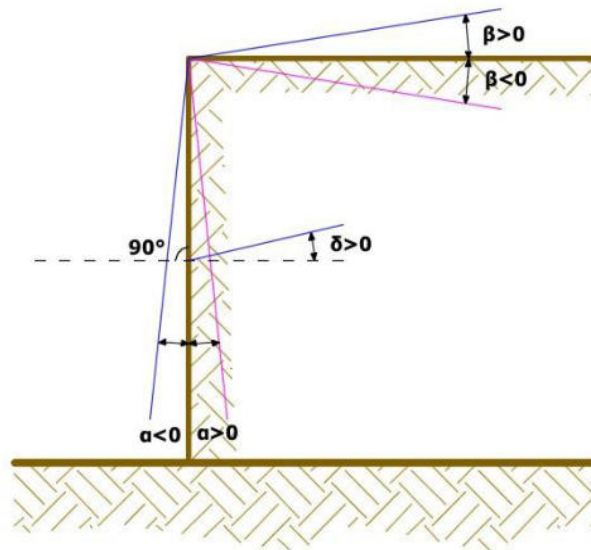
$$\lambda = \frac{\Delta + \beta - \Gamma}{4 \cdot \varphi - 2 \cdot \pi \cdot (\Delta + \beta - \Gamma)}$$

$$\Delta = 2 \cdot \tan^{-1} \left( \frac{|\cot(\delta)| - \sqrt{\cot^2(\delta) - \cot^2(\varphi)}}{1 + \cos \epsilon(\varphi)} \right)$$

$$\Gamma = \sin^{-1} \left( \frac{\sin(\beta)}{\sin(\varphi)} \right)$$

Dove i simboli hanno il seguente significato (vedere anche figura seguente):

- $\beta$  è l'inclinazione del profilo di monte misurata rispetto all'orizzontale;
- $\varphi$  è l'angolo di attrito interno del terreno spingente;
- $\delta$  è l'angolo di attrito all'interfaccia opera-terreno;



*Figura 2: Convenzione utilizzata per il calcolo del coefficiente di pressione secondo la teoria di Caquot*

## Carico uniforme sul terrapieno

Un carico  $Q$ , uniformemente distribuito sul piano campagna induce delle pressioni costanti pari:

$$\sigma_q(z) = k_a \cdot Q \cdot \frac{\sin(\beta)}{\sin(\beta + \epsilon)}$$

Integrando la tensione riportata alla formula precedente si ottiene la spinta totale dovuta al sovraccarico:

$$S_q = k_a \cdot Q \cdot \frac{\sin(\beta)}{\sin(\beta + \epsilon)} \cdot H$$

Con punto di applicazione ad  $H/2$  (essendo la distribuzione delle tensioni costante). Nelle precedenti formule i simboli hanno il seguente significato:

$\beta$ = Inclinazione della parete interna rispetto al piano orizzontale passante per il piede

$\varepsilon$ = Inclinazione del piano campagna rispetto al piano orizzontale positiva se antioraria

$k_a$ = Coefficiente di pressione attiva calcolato al paragrafo precedente

## Striscia di carico su pc inclinato

Il carico agente viene decomposto in un carico ortogonale ed in uno tangenziale al terrapieno, le pressioni indotte sulla parete saranno calcolate come illustrato nei due paragrafi che seguono.

## Striscia di carico ortogonale al piano di azione

Un carico ripartito in modo parziale di ascissa iniziale  $x_1$  ed ascissa finale  $x_2$  genera un diagramma di pressioni sulla parete i cui valori sono stati determinati secondo la formulazione di Terzaghi, che esprime la pressione alla generica profondità  $z$  come segue:

$$\sigma_q(z) = \frac{Q}{2\pi \times (2\Delta\theta + A)}$$
$$\tau_{xz} = -\frac{Q}{2\pi B}$$

Con:

$$\Delta\theta = \theta_1 - \theta_2;$$

$$A = \sin(2\theta_1) - \sin(2\theta_2)$$

$$B = \cos(2\theta_1) - \cos(2\theta_2)$$

$$\theta_1 = \arctg(z/x_1)$$

$$\theta_2 = \arctg(z/x_2)$$

Per integrazione si otterrà la risultante ed il relativo braccio.

## Striscia di carico tangenziale al p.c.

$$\sigma_x = \frac{t}{2\pi \times (D - 2E)}$$

$T$ = Intensità del carico  $[F/L^2]$

$$D = 4 \cdot \log[\sin\theta_1 / \sin\theta_2]$$

$$E = \sin^2\theta_1 - \sin^2\theta_2$$

## Linee di carico sul terrapieno

Le linee di carico generano un incremento di pressioni sulla parete che secondo BOUSSINESQ, alla profondità  $z$ , possono essere espresse come segue:

$$\sigma_x(x, z) = \frac{2V}{\pi \cdot x^2 \cdot z \cdot (x^2 + z^2)^2}$$

$$\tau_{xz}(x, z) = \frac{2V}{\pi \cdot x \cdot z^2 \cdot (x^2 + z^2)^2}$$

Dove i simboli hanno il seguente significato:

V= Intensità del carico espressa in [F/L];

X= Distanza, in proiezione orizzontale, del punto di applicazione del carico dalla parete;

Se il piano di azione è inclinato di  $\epsilon$  viene ruotato il sistema di riferimento xz in XZ, attraverso la seguente trasformazione:

$$\begin{cases} X = x \cdot \cos(\epsilon) - z \cdot \sin(\epsilon) \\ Z = z \cdot \cos(\epsilon) + x \cdot \sin(\epsilon) \end{cases}$$

## Spinta in presenza di falda acquifera

La falda con superficie distante  $H_w$  dalla base della struttura, induce delle pressioni idrostatiche normali alla parete che, alla profondità  $z$  sono espresse come segue:

$$u(z) = \gamma_w \cdot z$$

La spinta idrostatica totale si ottiene per integrazione su tutta l'altezza della relazione precedente:

$$S_w = \frac{1}{2} \gamma_w \cdot H^2$$

Avendo indicato con  $H$  l'altezza totale di spinta e con  $\gamma_w$  il peso dell'unità di volume dell'acqua. La spinta del terreno immerso si ottiene sostituendo  $\gamma_t$  con  $\gamma'_t$  ( $\gamma'_t = \gamma_{\text{saturato}} - \gamma_w$ ), peso specifico del materiale immerso in acqua. In condizioni sismiche la sovrappinta esercitata dall'acqua viene valutata nel seguente modo:

$$\Delta S_w = \frac{7}{12} \gamma_w \cdot H_w^2 \cdot C$$

applicata a 2/3 dell'altezza della falda  $H_w$  [Matsuo O'Hara (1960) *Geotecnica*, R. Lancellotta]

## Effetto dovuto alla presenza di coesione

La coesione induce delle pressioni negative costanti pari a:

$$P_c = -\frac{2 \cdot c}{\sqrt{k_a}}$$

Non essendo possibile stabilire a priori quale sia il decremento indotto della spinta per effetto della coesione. E' stata calcolata l'altezza critica  $Z_c$  come segue:

$$Z_c = \frac{2c}{\gamma_t \cdot \sqrt{k_a}} - \left\{ \frac{\left[ Q \cdot \frac{\sin \beta}{\sin(\beta + \varepsilon)} \right]}{\gamma_t} \right\}$$

Dove i simboli hanno il seguente significato

Q = Carico agente sul terrapieno eventualmente presente.

$\gamma_t$  = Peso unità di volume del terreno

$\beta$  = Inclinazione della parete interna rispetto al piano orizzontale passante per il piede

$\varepsilon$  = Inclinazione del piano campagna rispetto al piano orizzontale positiva se antioraria

C = Coesione del materiale

$k_a$  = Coefficiente di pressione attiva, come calcolato ai passi precedenti

Nel caso in cui si verifichi la circostanza che la  $Z_c$ , calcolata con la formula precedente, sia minore di zero è possibile sovrapporre direttamente gli effetti dei diagrammi, imponendo un decremento al diagramma di spinta originario valutato come segue:

$$S_c = P_c \cdot H$$

Dove si è indicata con il simbolo H l'altezza totale di spinta.

## Sisma

### *Spinta attiva in condizioni sismiche*

In presenza di sisma la forza di calcolo esercitata dal terrapieno sulla parete è data da:

$$E_d = \frac{1}{2} \gamma \cdot (1 \pm k_v) K H^2 + E_{ws} + E_{wd}$$

Dove i simboli hanno il seguente significato:

H = altezza di scavo

$k_v$  = coefficiente sismico verticale

$\gamma$  = peso per unità di volume del terreno

K = coefficienti di spinta attiva totale (statico + dinamico) (vedi Mononobe & Okabe)

$E_{ws}$  = spinta idrostatica dell'acqua

$E_{wd}$  = spinta idrodinamica.

Per terreni impermeabili la spinta idrodinamica  $E_{wd} = 0$ , ma viene effettuata una correzione sulla valutazione dell'angolo  $\beta$  della formula di Mononobe & Okabe così come di seguito:

$$\tan \vartheta = \frac{\gamma_{sat}}{\gamma_{sat} - \gamma_w} \frac{k_h}{1 \mp k_v}$$



Nei terreni ad elevata permeabilità in condizioni dinamiche continua a valere la correzione di cui sopra, ma la spinta idrodinamica assume la seguente espressione:

$$E_{wd} = \frac{7}{12} k_h \gamma_w H^2$$

Con H' altezza del livello di falda (riportata nella sezione relativa al calcolo della spinta idrostatica).

## Resistenza passiva

Anche per il calcolo della resistenza passiva si possono utilizzare i due metodi usati nel calcolo della pressione allo stato limite attivo (metodo di Coulomb e metodo di Caquot).

### Metodo di Coulomb

Per terreno omogeneo il diagramma delle pressioni in condizioni di stato limite passivo risulta lineare con legge del tipo del tipo:

$$\sigma_p(z) = k_p \cdot \gamma_t \cdot z$$

Ancora una volta integrando la precedente relazione sull'altezza di spinta (che per le paratie deve essere valutata attentamente) si ottiene la spinta passiva totale:

$$S_t = \frac{1}{2} k_p \cdot \gamma_t \cdot H^2$$

Avendo indicato al solito con H l'altezza di spinta,  $\gamma_t$  il peso dell'unità di volume di terreno e con  $k_p$  il coefficiente di pressione passiva (in condizioni di stato limite passivo). Il valore di questo coefficiente è determinato con la seguente formula:

$$\left\{ \begin{array}{l} k_p = \frac{\sin^2(\beta - \phi)}{\sin^2 \beta \cdot \sin(\beta + \delta) \cdot \left[ 1 - \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi + \varepsilon)}{\sin(\beta + \delta) \cdot \sin(\beta + \varepsilon)}} \right]^2} \\ \text{con } \delta < \beta - \phi - \varepsilon \text{ secondo Muller - Breslau} \end{array} \right.$$

con valori limite pari a:  $\delta < \beta - \phi - \varepsilon$  (Muller-Breslau).

### Metodo di Caquot

Il metodo di Caquot differisce dal metodo di Coulomb per il calcolo del coefficiente di pressione allo stato limite passivo. Il coefficiente di pressione passiva viene calcolato, con questo metodo, interpolando i valori della seguente tabella:

<b>Coefficient of passive earth pressure <math>K_p</math> for <math>\delta = -\phi</math></b>											
$\alpha$ [°]	$\phi$ [°]	$K_p$ when $\beta^\circ$									
		0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
	10	1,17	1,41	1,53							
	15	1,30	1,70	1,92	2,08						
	20	1,71	2,08	2,42	2,71	2,92					
	25	2,14	2,81	2,98	3,88	4,22	4,43				
-30	30	2,78	3,42	4,18	5,01	5,98	8,94	7,40			

	35	3,75	4,73	5,87	7,21	8,78	10,80	12,50	13,80		
	40	5,31	8,87	8,77	11,00	13,70	17,20	24,80	25,40	28,40	
	45	8,05	10,70	14,20	18,40	23,80	90,60	38,90	49,10	60,70	69,10
	10	1,36	1,58	1,70							
	15	1,68	1,97	2,20	2,38						
	20	2,13	2,52	2,92	3,22	3,51					
	25	2,78	3,34	3,99	4,80	5,29	5,57				
-20	30	3,78	4,81	8,58	8,81	7,84	9,12	9,77			
	35	5,38	8,89	8,28	10,10	12,20	14,80	17,40	19,00		
	40	8,07	10,40	12,00	18,50	20,00	25,50	38,50	37,80	42,20	
	45	13,2	17,50	22,90	29,80	38,30	48,90	82,30	78,80	97,30	111,04
	10	1,52	1,72	1,83							.
	15	1,95	2,23	2,57	2,88						
	20	2,57	2,98	3,42	3,75	4,09					
	25	3,50	4,14	4,90	5,82	8,45	8,81				
-10	30	4,98	8,01	7,19	8,51	10,10	11,70	12,80			
	35	7,47	9,24	11,30	13,80	18,70	20,10	23,70	26,00		
	40	12,0	15,40	19,40	24,10	29,80	37,10	53,20	55,10	61,80	
	45	21,2	27,90	38,50	47,20	80,80	77,30	908,20	124,00	153,00	178,00
	10	1,84	1,81	1,93							
	15	2,19	2,46	2,73	2,91						
	20	3,01	3,44	3,91	4,42	4,66					
	25	4,28	5,02	5,81	8,72	7,71	8,16				
0	30	8,42	7,69	9,19	10,80	12,70	14,80	15,90			
	35	10,2	12,60	15,30	18,80	22,30	28,90	31,70	34,90		
	40	17,5	22,30	28,00	34,80	42,90	53,30	78,40	79,10	88,70	
	45	33,5	44,10	57,40	74,10	94,70	120,00	153,00	174,00	240,00	275,00
	10	1,73	1,87	1,98							
	15	2,40	2,65	2,93	3,12						
	20	3,45	3,90	4,40	4,96	5,23					
10	25	5,17	5,99	6,90	7,95	9,11	9,67				
	30	8,17	9,69	11,40	13,50	15,90	18,50	19,90			
	35	13,8	16,90	20,50	24,80	29,80	35,80	42,30	46,60		
	40	25,5	32,20	40,40	49,90	61,70	76,40	110,00	113,00	127,00	
	45	52,9	69,40	90,90	116,00	148,00	188,00	239,00	303,00	375,00	431,00
	10	1,78	1,89 I	2,01							
	15	2,58	2,821	3,11	3,30						
	20	3,90	4,38	4,92	5,53	5,83					

20	25	6,18	7,12	8,17	9,39	10,70	11,40				
	30	10,4	12,30	14,40	16,90	20,00	23,20	25,00			
	35	18,7	22,80	27,60	33,30	40,00	48,00	56,80	62,50		
	40	37,2	46,90	58,60	72,50	89,30	111,00	158,00	164,00	185,00	
	45	84,0	110,00	143,00	184,00	234,00	297,00	378,00	478,00	592,00	680,00

**Tabella: Valutazione del coefficiente di pressione passiva con la teoria di Caquot**

## Carico uniforme sul terrapieno

La resistenza indotta da un carico uniformemente distribuito  $S_q$  vale:

$$S_q = k_p \cdot Q \cdot H \cdot \frac{\sin \beta}{\sin(\beta + \varepsilon)}$$

Con punto di applicazione pari a  $H/2$  (essendo il diagramma delle tensioni orizzontali costante per tutta l'altezza). Nella precedente formula  $k_p$  è il coefficiente di spinta passiva valutato al paragrafo precedente.

## Coesione

La coesione determina un incremento di resistenza pari a:

$$P_c = 2c \cdot \sqrt{k_p}$$

Tale incremento va a sommarsi direttamente al diagramma principale di spinta.

## Metodo dell'equilibrio limite (LEM)

Il metodo dell'equilibrio limite consiste nel ricercare soluzioni, al problema di verifica o di progetto, che siano compatibili con il solo aspetto statico del problema. In sostanza si ragiona in termini di equilibrio di un corpo rigido, senza preoccuparsi della congruenza cinematica degli spostamenti. I principali schemi di calcolo cui si farà riferimento sono i seguenti:

1. Paratia a sbalzo;
2. Paratia tirantata ad estremo libero;
3. Paratia tirantata ad estremo fisso;

## Paratia a sbalzo: calcolo della profondità d'infissione limite

Per paratia non tirantata, la stabilità è assicurata dalla resistenza passiva del terreno che si trova a valle della stessa; dall'equilibrio dei momenti rispetto al centro di rotazione si ottiene:

$$S_m \cdot B_m - R_v \cdot B_v = 0$$

Dove i simboli hanno il seguente significato:

$S_m$  = componente orizzontale della spinta attiva;

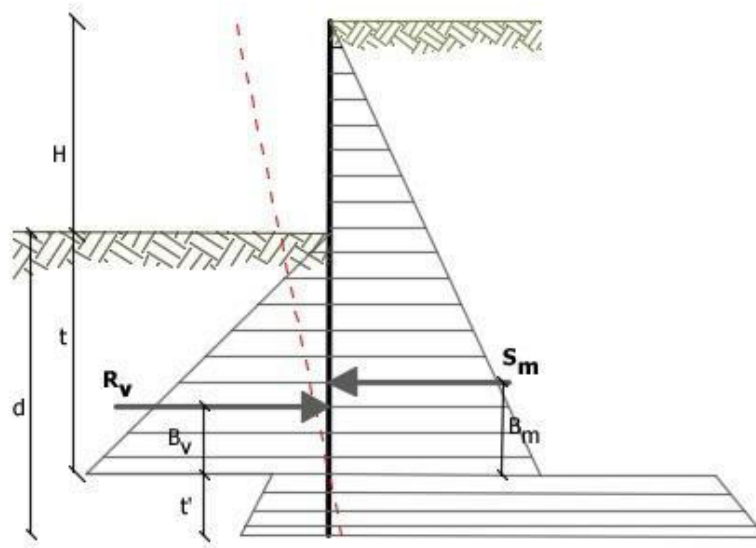
$B_m$  = braccio di  $S_m$  rispetto ad O centro di rotazione;

$R_v$  = componente orizzontale della resistenza passiva;

$B_v$  = braccio di  $R_v$  rispetto ad O centro di rotazione;

ogni termine risulta funzione di  $t$  dove  $t$  è la profondità del centro di rotazione rispetto al piano di riferimento di valle (piano campagna a valle). La lunghezza necessaria per assicurare l'equilibrio alla traslazione orizzontale si ottiene aumentando  $t$  come segue:

$$t' = a \cdot t \quad d = t \cdot (1 + a) \quad \text{dove } a = 0.2 \text{ (Metodo di Blum)}$$



*Figura 32: Schema di riferimento per il calcolo dell'equilibrio della paratia*

### Coefficiente di sicurezza sulla resistenza passiva

La lunghezza d'infissione  $d$  come sopra determinata è relativa alla condizione limite di incipiente collasso, tramite un coefficiente  $F$ . È possibile introdurre un margine di sicurezza sulle resistenze passive; la riduzione si effettua come segue:

$$S_m \cdot B_m - \frac{R_v}{F} \cdot B_v = 0$$

### Paratia tirantata ad estremo libero: calcolo della profondità d'infissione limite

La stabilità dell'opera è assicurata anche dai tiranti ancorati sulla paratia. Per utilizzare lo schema di calcolo ad estremo libero, la paratia deve essere sufficientemente corta e rigida. La lunghezza di infissione, sarà determinata imponendo l'equilibrio alla rotazione sull'origine del tirante indicato B1

$$S_m \cdot (H + t - B_m - t_m) - R_v \cdot (H + t - B_v - t_m) = 0$$

Dove i simboli hanno il seguente significato:

$S_m$  = componente orizzontale spinta attiva;

H= altezza terreno da sostenere;

t= profondità di infissione calcolata;

B<sub>m</sub>= braccio di S<sub>m</sub> rispetto alla base della paratia;

P<sub>m</sub>= ordinata del punto di applicazione del tirante a monte;

R<sub>v</sub> = componente orizzontale della resistenza passiva;

B<sub>v</sub> = braccio di R<sub>v</sub>.

Noto t, si determinano S<sub>m</sub> ed R<sub>v</sub> ed il relativo sforzo del tirante.

### **Coefficiente di sicurezza F sulle resistenze passive**

La lunghezza d'infissione sarà ulteriormente aumentata per avere margine di sicurezza in condizioni di esercizio tramite il coefficiente di sicurezza F:

$$S_m \cdot (H + t - B_m - t_m) - \frac{R_v}{F} \cdot (H + t - B_v - t_m) = 0$$

### **Paratia tirantata ad estremo fisso: calcolo della profondità d'infissione limite**

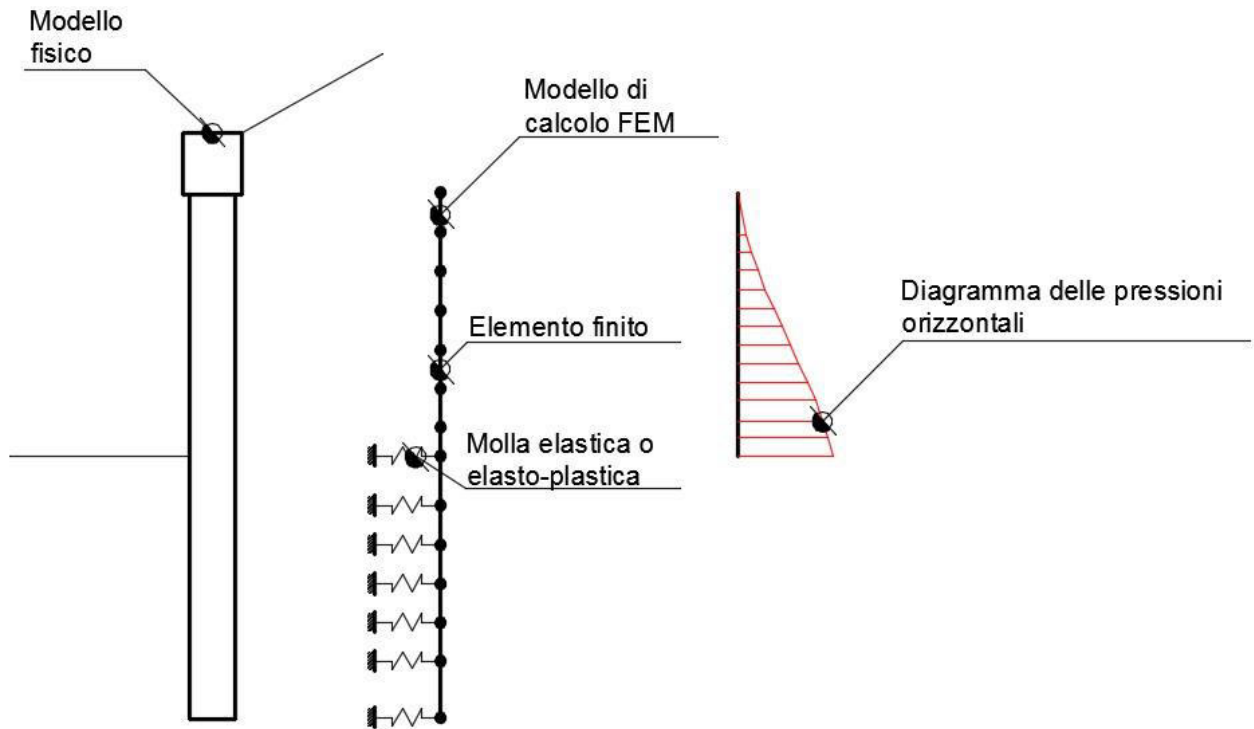
Se la sezione più profonda della paratia non trasla e non ruota può essere assimilata ad un incastro, in tal caso la paratia si definisce ad estremo fisso. Un procedimento elaborato da BLUM consente di ricavare la profondità d'infissione (t+t'), imponendo le condizioni cinematiche di spostamenti nulli alla base dell'opera ed all'origine del tirante (B1), e le condizioni statiche di momento e taglio nullo alla base della paratia. Si perviene ad una equazione di 5° grado in (t+t') che può essere risolta in modo agevole.

### **Coefficiente di sicurezza F sulle resistenze**

Per aumentare il fattore di sicurezza sono stati introdotti negli sviluppi numerici, valori delle resistenze passive ridotte.

## Metodo degli elementi finiti (FEM)

Il metodo degli elementi finiti è il metodo che più di tutti si fonda su basi teoriche solide e razionali. Di fatti tutto il metodo presuppone che il problema sia affrontato tenendo in conto sia l'aspetto statico (e quindi l'equilibrio del problema, sia l'aspetto cinematica (e quindi la congruenza degli spostamenti o meglio delle deformazioni). In questo approccio la paratia è modellata come un insieme di travi, con vincolo di continuità tra loro (elementi beam) vincolati al terreno mediante molle elastiche, la cui rigidezza è valutata in funzione delle proprietà elastiche del terreno. Nella figura che segue è mostrato schematicamente il modello utilizzato per l'analisi ad elementi finiti:



*Figura 4: Schematizzazione della paratia ad elementi finiti*

Vari aspetti hanno importanza centrale in questo metodo di calcolo. Si riportano nel seguito gli aspetti essenziali.

## Calcolo del modulo di rigidezza $K_s$ del terreno

Come già detto in precedenza, il terreno viene schematizzato con delle molle di rigidezza  $K_s$  applicate sui nodi dei conci compresi tra il nodo di fondo scavo e l'estremità di infissione. La stima della rigidezza  $K_s$  è stata effettuata sulla base della capacità portante delle fondazioni secondo la seguente formula:

$$k_s = A_s + B_s \cdot z^n$$

Dove i simboli hanno il seguente significato:

$A_s$  = costante, calcolata come segue  $A_s = C \cdot (c \cdot N_c + 0.5 \cdot G \cdot B \cdot N_g)$

$B_s$  = coefficiente funzione della profondità  $B_s = C \cdot G \cdot N_q$

$Z$  = Profondità in esame

$C$  = 40 nel sistema internazionale SI

$$n = \pi \cdot \tan \varphi$$

$$N_q = \exp[n \cdot (\tan^2(45^\circ + \varphi/2))]$$

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \cot \varphi$$

$$N_g = 1.5 \cdot (N_q - 1) \cdot \tan \varphi$$

## Tiranti

I tiranti vengono schematizzati come elementi elastici, con sezione trasversale di area pari ad A modulo di elasticità E e lunghezza L. Per un tratto di paratia di larghezza unitaria, l'azione dei tiranti inclinati di un angolo  $\beta$  vale:

$$F = \frac{A \cdot E}{S \cdot L} \cdot \cos(\beta)$$

## Calcolo del carico limite laterale

Il metodo utilizzato per il calcolo della capacità portante laterale è il metodo A, proposto da Tomlinson (1971). La resistenza laterale viene calcolata con la seguente relazione:

$$Q_L = (\alpha c + \sigma K \tan \delta) \cdot A_L \cdot f_w$$

dove:

$A_L$  = superficie laterale del palo;

$f_w$  = fattore di correzione legato alla tronco-conicità del palo, ossia la diminuzione percentuale del diametro del palo

con

$c$  = valore medio della coesione (o della resistenza a taglio in condizioni non drenate);

$\sigma$  = pressione verticale efficace del terreno;

$K$  = coefficiente di spinta orizzontale;

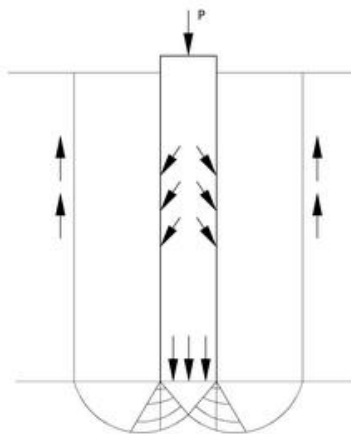
$\delta$  = attrito palo-terreno funzione della scabrezza della superficie del palo;

$\alpha$  = coefficiente d'adesione.

Nel calcolo si pone  $\alpha = K = 1$  e  $\tan \delta = \tan \varphi$

## Calcolo del carico limite di punta (metodo di Berezantzev)

Fondamentalmente Berezantzev fa riferimento ad una superficie di scorrimento “*alla Terzaghi*” che si arresta sul piano di posa (punta del palo); tuttavia egli considera che il cilindro di terreno coassiale al palo ed avente diametro pari all'estensione in sezione della superficie di scorrimento, sia in parte “sostenuto” per azione tangenziale dal rimanente terreno lungo la superficie laterale. Ne consegue un valore della pressione alla base inferiore a  $\gamma D$ , è tanto minore quanto più questo “effetto silo” è marcato, cioè quanto più grande è il rapporto  $D/B$ ; di ciò tiene conto il coefficiente  $N_q$ , che quindi è funzione decrescente di  $D/B$ .



Meccanismo di rottura secondo Berezantzev

La resistenza unitaria  $Q_p$  alla punta, per il caso di terreno dotato di attrito ( $\varphi$ ) e di coesione ( $c$ ), è data dall'espressione:

$$Q_p = cN_c + \gamma L N_q$$

avendo indicato con:

$\gamma$  = peso unità di volume del terreno;

$L$  = lunghezza del palo;

$N_c$  e  $N_q$  = sono i fattori di capacità portante già comprensivi dell'effetto forma (circolare).

## Sifonamento

Il sifonamento è un fenomeno che in una fase iniziale si localizza al piede della paratia, e poi rapidamente si estende nell'intorno del volume resistente. Si verifica quando, per una elevata pressione idrodinamica o di infiltrazione, si annullano le pressioni passive efficaci, con la conseguente perdita di resistenza del terreno. Si assume di norma un fattore di sicurezza  $F_{sif} = 3.5-4$  Indicando con:

$i_c$  = Gradiente Idraulico critico;

$i_e$  = Gradiente Idraulico in condizioni di esercizio;

Il margine di sicurezza è definito come rapporto tra  $i_c$  ed  $i_e$ , se  $i_e < i_c$  la paratie è stabile.

## Verifica di sollevamento del fondo scavo.

Nel caso di un diaframma infisso nel terreno, la presenza della falda in posizioni tali da innescare un moto di filtrazione comporta l'instaurarsi di una forza di filtrazione che, se diretta verso l'alto, può annullare il peso del terreno il quale, in assenza di coesione, può essere trascinato dal flusso dell'acqua e compromettere la stabilità dell'opera. Il fenomeno della stabilità del fondo scavo, analogo a quello del sifonamento, è stato affrontato per la prima volta da Terzaghi (1943). A differenza del sifonamento, che è un fenomeno localizzato nel punto di sbocco della prima linea di flusso, quello del sollevamento del fondo scavo si estende per una profondità pari a quella d'infissione della paratia per una larghezza pari a metà di tale infissione.





$$N_d = N' \cdot i; M_d = M' \cdot i; T_d = T' \cdot i$$

Dove M', M', T' rappresentano il momento il taglio e lo sforzo normale relativi ad una striscia unitaria di calcolo mentre i è l'interasse tra i pali per paratia costituita da pali o micropali (o larghezza setti per paratia costituita da setti).

## GEOMETRIA SEZIONE

Sezione	Circolare Barre
Calcestruzzo	C25/30
Acciaio	B450C
Nome	CIR 1
Diametro	0.6 m
Disposizione	Quinconce
Interasse Iy	2 m
Interasse Ix	1 m

## Dati generali FEM

Massimo spostamento lineare terreno	1.5 cm
Fattore tolleranza spostamento	0.03 cm
Tipo analisi	Lineare
Massimo numero di iterazioni	10
Fattore riduzione molla fondo scavo	1
Profondità infissione iniziale	13.9 m
Incremento profondità infissione	0 m
Numero di elementi	45
Numero nodo di fondo scavo	25

## Stratigrafia

Fase: 1

Nr.	Peso specifi co [kN/m <sup>3</sup> ]	Peso specifi co satur o [kN/m <sup>3</sup> ]	Coesio ne [kN/m <sup>2</sup> ]	Angol o attrito [°]	O.C.R.	Modul o edomet rico [kN/m <sup>2</sup> ]	Attrito terra muro monte [°]	Attrito terra muro valle [°]	Spesso re [m]	Inclina zione [°]	Descr zione
1	21.07	21.16	0.0	27.0	0.0	8600.0	20.0	13.0	5.0	4.0	0.0##
2	20.09	20.69	10.0	25.0	0.0	9800.0	19.0	12.0	12.0	0.0	0.0##

## Calcolo coefficienti sismici

Dati generali

Descrizione zona

Latitudine

42.4277 [°]

Longitudine

14.0534 [°]

Dati opera

Tipo opera

Opere ordinarie

Classe d'uso

II

Vita nominale

50 [anni]

Vita di riferimento

50 [anni]

### Parametri sismici su un sito di riferimento

Categoria sottosuolo

C

Categoria topografica

T3

SL	Tr [Anni]	ag [m/sec <sup>2</sup> ]	F0 [-]	TS* [sec]
SLO	30	0.52	2.45	0.28
SLD	50	0.66	2.44	0.30
SLV	475	1.69	2.46	0.35
SLC	975	2.20	2.49	0.36

### Coefficienti sismici orizzontale e verticale

Opera: SLC

SL	Amax [m/sec <sup>2</sup> ]	beta [-]	kh [-]	kv [-]
SLO	0.94	0.83	0.08	0.04
SLD	1.19	0.83	0.10	0.05
SLV	2.93	0.83	0.25	0.12
SLC	3.60	0.83	0.30	0.15

### Carichi

Fase: 1

Descrizione	Tipo	Xi [m]	Xf [m]	Yi [m]	Yf [m]	Profondità [m]	Valore [kN]-[kPa]
Carico stradale	Uniformi	0.6	8	0	0	0	10

### Analisi Paratia Metodo calcolo: FEM

Profondità massima di infissione

13.9 [m]

**Fase: 1 Analisi geotecnica    Fase: 1 - Combinazione: 1**

Altezza scavo 1.5 [m]  
Tipo: S.L.U. [STR]  
Nome: A1+M1+R1  
Coefficienti sismici:  $K_h = 0, K_v = 0$   
Coefficienti parziali azioni

Nr.	Azioni	Fattori combinazione
1	Peso proprio	1
2	Spinta terreno	1.3
3	Spinta falda	1.5
4	Spinta sismica x	1.5
5	Spinta sismica y	1
6	Carico stradale	1

**Coefficienti parziali terreno**

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo resistenza taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1
5	Angolo di attrito terra parete	1

**Coefficienti resistenze capacità portante verticale**

Nr.	Capacità portante	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Totale	1
4	Laterale trazione	1
5	Orizzontale	1

Profondità di infissione 13.90 [m]  
Pressione massima terreno 16.89 [kPa]  
Momento massimo 38.48 [kNm/m]  
Taglio massimo 16.68 [kN/m]

**Sollecitazioni**

Z [m]	Pressioni totali terreno [kPa]	Sforzo normale [kN/m]	Momento [kNm/m]	Taglio [kN/m]	Spostamento [cm]	Modulo reazione [kN/m³]
0.06	4.59	29.85	0.02	3.29	0.0704	--

0.13	5.13	31.29	-0.46	6.61	0.0697	--
0.19	5.66	31.72	0.08	-6.42	0.0690	--
0.25	6.20	33.15	-0.10	-4.88	0.0683	--
0.31	6.73	33.59	-0.19	-1.82	0.0675	--
0.38	7.27	35.02	-0.19	-1.97	0.0668	--
0.44	7.80	35.45	-0.54	1.25	0.0661	--
0.50	8.34	36.89	-0.45	-5.57	0.0654	--
0.56	8.87	37.32	-1.11	-0.57	0.0647	--
0.63	9.41	37.75	-0.94	-9.89	0.0639	--
0.69	9.94	39.19	-1.37	-4.02	0.0632	--
0.75	10.48	39.62	-1.82	-5.80	0.0625	--
0.81	11.01	41.05	-2.17	-6.44	0.0618	--
0.88	11.54	41.49	-2.33	-9.49	0.0611	--
0.94	12.08	42.92	-2.90	-7.23	0.0603	--
1.00	12.61	43.35	-3.50	-7.92	0.0596	--
1.06	13.15	44.79	-3.98	-8.54	0.0589	--
1.13	13.68	45.22	-4.67	-10.42	0.0582	--
1.19	14.22	45.65	-5.15	-11.28	0.0575	--
1.25	14.75	47.08	-5.95	-13.49	0.0568	--
1.31	15.29	47.52	-6.87	-12.19	0.0560	--
1.38	15.82	48.95	-7.67	-10.48	0.0553	--
1.44	16.36	49.38	-8.38	-15.85	0.0546	--
1.50	16.89	50.82	-9.37	-16.68	0.0539	15053.23
2.16	--	59.41	-20.41	-12.05	0.0465	15053.23
2.82	-5.93	68.99	-28.39	-8.12	0.0394	15053.23
3.49	-4.93	78.58	-33.77	-4.86	0.0327	15053.23
4.15	-4.01	88.17	-36.98	-2.21	0.0266	15053.23
4.81	-3.18	96.76	-38.45	-0.05	0.0211	15053.23
5.47	-3.18	103.35	-38.48	2.01	0.0163	19571.79
6.13	-2.35	107.94	-37.15	3.57	0.0120	19571.79
6.80	-1.64	112.52	-34.78	4.66	0.0084	19571.79
7.46	-1.04	117.11	-31.70	5.34	0.0053	19571.79
8.12	-0.54	121.70	-28.17	5.70	0.0028	19571.79
8.78	-0.13	126.29	-24.39	5.79	0.0007	19571.79
9.44	0.20	130.88	-20.56	5.66	-0.0010	19571.79
10.10	0.46	135.47	-16.81	5.36	-0.0024	19571.79
10.77	0.67	140.05	-13.26	4.91	-0.0034	19571.79
11.43	0.84	144.64	-10.01	4.36	-0.0043	19571.79
12.09	0.97	149.23	-7.13	3.71	-0.0050	19571.79
12.75	1.09	153.82	-4.67	2.99	-0.0055	19571.79
13.41	1.18	158.41	-2.69	2.21	-0.0060	19571.79
14.08	1.27	162.99	-1.22	1.37	-0.0065	19571.79
14.74	1.35	167.58	-0.31	0.48	-0.0069	19571.79

**Fase: 1 - Combinazione: 2**

Altezza scavo

1.5 [m]

Tipo:

S.L.U. [GEO]

Nome:

A2+M2+R1

Coefficienti sismici:

$K_h = 0$ ,  $K_v = 0$

Coefficienti parziali azioni

Nr.	Azioni	Fattori combinazione
1	Peso proprio	1
2	Spinta terreno	1.3
3	Spinta falda	1.3
4	Spinta sismica x	1.3
5	Spinta sismica y	1
6	Carico stradale	1

Coefficienti parziali terreno

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo resistenza taglio	1.25
2	Coesione efficace	1.25
3	Resistenza non drenata	1.4
4	Peso unità volume	1
5	Angolo di attrito terra parete	1

Coefficienti resistenze capacità portante verticale

Nr.	Capacità portante	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Totale	1
4	Laterale trazione	1
5	Orizzontale	1

Profondità di infissione

13.90 [m]

Pressione massima terreno

20.22 [kPa]

Momento massimo

65.83 [kNm/m]

Taglio massimo

27.38 [kN/m]

Sollecitazioni

Z [m]	Pressioni totali terreno [kPa]	Sforzo normale [kN/m]	Momento [kNm/m]	Taglio [kN/m]	Spostamento [cm]	Modulo reazione [kN/m <sup>3</sup> ]
0.06	5.50	30.85	0.20	1.63	0.1677	--
0.13	6.14	31.29	-0.05	-6.46	0.1662	--
0.19	6.78	32.72	-0.25	8.03	0.1647	--
0.25	7.42	33.15	0.07	-10.20	0.1632	--

0.31	8.06	34.59	-0.05	-14.55	0.1617	--
0.38	8.70	35.02	-0.53	0.82	0.1602	--
0.44	9.34	36.45	-1.31	9.79	0.1587	--
0.50	9.98	36.89	-0.86	-4.36	0.1572	--
0.56	10.62	38.32	-0.63	-11.75	0.1557	--
0.63	11.26	38.75	-1.02	-7.24	0.1542	--
0.69	11.90	40.19	-1.95	-1.68	0.1527	--
0.75	12.54	40.62	-2.29	1.39	0.1513	--
0.81	13.18	42.05	-1.97	-24.89	0.1498	--
0.88	13.82	42.49	-2.81	-14.21	0.1483	--
0.94	14.46	43.92	-3.16	-18.84	0.1468	--
1.00	15.10	45.35	-4.84	2.82	0.1453	--
1.06	15.74	45.79	-4.70	-17.50	0.1438	--
1.13	16.38	47.22	-5.53	-14.91	0.1423	--
1.19	17.02	47.65	-6.11	-12.54	0.1408	--
1.25	17.66	49.08	-7.18	-10.21	0.1394	--
1.31	18.30	49.52	-7.99	-16.45	0.1379	--
1.38	18.94	50.95	-9.26	-15.81	0.1364	--
1.44	19.58	51.38	-10.18	-18.25	0.1349	--
1.50	20.22	52.82	-11.21	-27.38	0.1334	8333.65
2.16	--	62.41	-29.33	-20.88	0.1179	8333.65
2.82	-8.57	72.99	-43.14	-15.19	0.1028	8333.65
3.49	-7.37	83.58	-53.20	-10.30	0.0885	8333.65
4.15	-6.25	93.17	-60.02	-6.16	0.0750	8333.65
4.81	-5.21	103.76	-64.10	-2.62	0.0625	8333.65
5.47	-5.65	110.35	-65.83	1.04	0.0510	11074.10
6.13	-4.49	114.94	-65.15	4.02	0.0406	11074.10
6.80	-3.46	119.52	-62.49	6.31	0.0312	11074.10
7.46	-2.54	124.11	-58.31	7.99	0.0229	11074.10
8.12	-1.72	128.70	-53.03	9.13	0.0156	11074.10
8.78	-1.00	133.29	-46.99	9.79	0.0091	11074.10
9.44	-0.37	137.88	-40.51	10.03	0.0033	11074.10
10.10	0.19	142.47	-33.86	9.91	-0.0017	11074.10
10.77	0.69	147.05	-27.31	9.45	-0.0063	11074.10
11.43	1.14	151.64	-21.05	8.69	-0.0103	11074.10
12.09	1.55	156.23	-15.30	7.66	-0.0140	11074.10
12.75	1.94	160.82	-10.22	6.38	-0.0175	11074.10
13.41	2.30	165.41	-6.00	4.86	-0.0208	11074.10
14.08	2.66	169.99	-2.79	3.10	-0.0240	11074.10
14.74	3.00	174.58	-0.73	1.11	-0.0271	11074.10

### Fase: 1 - Combinazione: 3

Altezza scavo

Tipo:

Nome:

1.5 [m]

S.L.U. [GEO-STR]

Nuova combinazione

Sisma

Coefficienti sismici:  
0.1240734

$K_h = 0.2481468$ ,  $K_v =$

Coefficienti parziali azioni

Nr.	Azioni	Fattori combinazione
1	Peso proprio	1
2	Spinta terreno	1
3	Spinta falda	1
4	Spinta sismica x	1
5	Spinta sismica y	1
6	Carico stradale	1

Coefficienti parziali terreno

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo resistenza taglio	1.25
2	Coesione efficace	1.25
3	Resistenza non drenata	1.4
4	Peso unità volume	1
5	Angolo di attrito terra parete	1

Coefficienti resistenze capacità portante verticale

Nr.	Capacità portante	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Totale	1
4	Laterale trazione	1
5	Orizzontale	1

Profondità di infissione

13.90 [m]

Pressione massima terreno

21.39 [kPa]

Momento massimo

98.40 [kNm/m]

Taglio massimo

39.50 [KN/m]

Sollecitazioni

Z [m]	Pressioni totali terreno [kPa]	Sforzo normale [kN/m]	Momento [kNm/m]	Taglio [kN/m]	Spostamento [cm]	Modulo reazione [kN/m <sup>3</sup> ]
0.06	17.13	30.85	0.77	-8.77	0.2471	--
0.13	17.32	31.29	0.04	-1.37	0.2449	--
0.19	17.50	32.72	-0.64	-11.40	0.2426	--
0.25	17.69	33.15	-1.20	6.30	0.2404	--
0.31	17.87	34.59	-1.53	0.89	0.2382	--



0.38	18.06	35.02	-1.55	1.51	0.2360	--
0.44	18.24	36.45	-2.08	2.48	0.2337	--
0.50	18.43	36.89	-2.99	15.53	0.2315	--
0.56	18.61	38.32	-3.14	-11.62	0.2293	--
0.63	18.80	38.75	-2.35	-36.65	0.2271	--
0.69	18.98	40.19	-4.42	-18.68	0.2248	--
0.75	19.17	40.62	-5.10	-12.82	0.2226	--
0.81	19.35	42.05	-5.18	-26.20	0.2204	--
0.88	19.54	42.49	-6.35	-20.77	0.2182	--
0.94	19.73	43.92	-8.30	-6.49	0.2159	--
1.00	19.91	45.35	-8.75	-23.91	0.2137	--
1.06	20.10	45.79	-10.36	-4.40	0.2115	--
1.13	20.28	47.22	-11.77	-23.36	0.2093	--
1.19	20.47	47.65	-12.58	-29.59	0.2071	--
1.25	20.65	49.08	-14.38	-27.89	0.2049	--
1.31	20.84	49.52	-15.78	-31.08	0.2026	--
1.38	21.02	50.95	-17.33	-29.38	0.2004	--
1.44	21.21	51.38	-19.09	-29.03	0.1982	--
1.50	21.39	52.82	-20.71	-39.50	0.1960	8333.65
2.16	--	62.41	-46.86	-29.96	0.1729	8333.65
2.82	-12.55	72.99	-66.69	-21.65	0.1506	8333.65
3.49	-10.78	83.58	-81.02	-14.50	0.1294	8333.65
4.15	-9.12	93.17	-90.62	-8.45	0.1094	8333.65
4.81	-7.58	103.76	-96.21	-3.30	0.0910	8333.65
5.47	-8.20	110.35	-98.40	2.02	0.0741	11074.10
6.13	-6.51	114.94	-97.07	6.33	0.0588	11074.10
6.80	-4.99	119.52	-92.87	9.63	0.0451	11074.10
7.46	-3.64	124.11	-86.50	12.05	0.0329	11074.10
8.12	-2.45	128.70	-78.53	13.67	0.0221	11074.10
8.78	-1.40	133.29	-69.48	14.59	0.0126	11074.10
9.44	-0.47	137.88	-59.82	14.90	0.0043	11074.10
10.10	0.34	142.47	-49.96	14.68	-0.0031	11074.10
10.77	1.07	147.05	-40.24	13.97	-0.0097	11074.10
11.43	1.72	151.64	-31.00	12.83	-0.0155	11074.10
12.09	2.32	156.23	-22.51	11.29	-0.0209	11074.10
12.75	2.87	160.82	-15.03	9.39	-0.0259	11074.10
13.41	3.40	165.41	-8.82	7.14	-0.0307	11074.10
14.08	3.91	169.99	-4.09	4.55	-0.0353	11074.10
14.74	4.41	174.58	-1.08	1.63	-0.0398	11074.10

### Carico limite verticale

#### Fase 1 Combinazione 1

Fattore Nc	16.118
Fattore Nq	8.516
Carico limite punta	471.933 kN
Carico limite laterale	1392.325 kN

Carico limite totale 1864.258 kN

Forza verticale agente 167.583 kN  
Fattore sicurezza 11.124

### Fase 1 Combinazione 2

Fattore Nc 16.118  
Fattore Nq 8.516  
Carico limite punta 471.933 kN  
Carico limite laterale 1392.325 kN  
Carico limite totale 1864.258 kN

Forza verticale agente 174.583 kN  
Fattore sicurezza 10.678

### Fase 1 Combinazione 3

Fattore Nc 16.118  
Fattore Nq 8.516  
Carico limite punta 471.933 kN  
Carico limite laterale 1392.325 kN  
Carico limite totale 1864.258 kN

Forza verticale agente 174.583 kN  
Fattore sicurezza 10.678

## Risultati analisi strutturale

### Fase: 1 Risultati analisi strutturale

Fase: 1 - Combinazione: 1

Z [m]	Nome sezione	N [kN]	M [kNm]	T [kN]	Nr.Barre Diametro	Nu [kN]	Mu [kNm]	Cond. Verifica Flessione	Ver. Flessione
0.06	CIR 1	29.85	0.02	3.286	10Ø20	29.84	276.09	12370.08	Verificata
0.13	CIR 1	31.29	-0.46	6.609	10Ø20	31.29	-276.30	605.21	Verificata
0.19	CIR 1	31.72	0.08	-6.423	10Ø20	31.72	276.36	3649.48	Verificata
0.25	CIR 1	33.15	-0.10	-4.879	10Ø20	33.15	-276.56	2835.37	Verificata
0.31	CIR 1	33.59	-0.19	-1.825	10Ø20	33.58	-276.63	1433.42	Verificata
0.38	CIR 1	35.02	-0.19	-1.972	10Ø20	35.02	-276.83	1469.67	Verificata
0.44	CIR 1	35.45	-0.54	1.255	10Ø20	35.45	-276.89	513.51	Verificata

									a
0.50	CIR 1	36.89	-0.45	-5.566	10Ø20	36.88	-277.10	614.33	Verificat a
0.56	CIR 1	37.32	-1.11	-0.570	10Ø20	37.32	-277.16	250.33	Verificat a
0.63	CIR 1	37.75	-0.94	-9.891	10Ø20	37.75	-277.22	294.63	Verificat a
0.69	CIR 1	39.19	-1.37	-4.020	10Ø20	39.19	-277.43	201.86	Verificat a
0.75	CIR 1	39.62	-1.82	-5.802	10Ø20	39.62	-277.49	152.58	Verificat a
0.81	CIR 1	41.05	-2.17	-6.441	10Ø20	41.04	-277.69	127.75	Verificat a
0.88	CIR 1	41.49	-2.33	-9.493	10Ø20	41.49	-277.76	119.29	Verificat a
0.94	CIR 1	42.92	-2.90	-7.228	10Ø20	42.93	-277.96	95.88	Verificat a
1.00	CIR 1	43.35	-3.50	-7.915	10Ø20	43.35	-278.02	79.37	Verificat a
1.06	CIR 1	44.79	-3.98	-8.535	10Ø20	44.79	-278.23	69.85	Verificat a
1.13	CIR 1	45.22	-4.67	-10.425	10Ø20	45.22	-278.29	59.54	Verificat a
1.19	CIR 1	45.65	-5.15	-11.276	10Ø20	45.66	-278.35	54.07	Verificat a
1.25	CIR 1	47.08	-5.95	-13.493	10Ø20	47.08	-278.55	46.79	Verificat a
1.31	CIR 1	47.52	-6.87	-12.191	10Ø20	47.52	-278.62	40.56	Verificat a
1.38	CIR 1	48.95	-7.67	-10.485	10Ø20	48.95	-278.82	36.34	Verificat a
1.44	CIR 1	49.38	-8.38	-15.847	10Ø20	49.38	-278.88	33.28	Verificat a
1.50	CIR 1	50.82	-9.37	-16.681	10Ø20	50.83	-279.09	29.78	Verificat a
2.16	CIR 1	59.41	-20.41	-12.047	10Ø20	59.41	-280.31	13.73	Verificat a
2.82	CIR 1	68.99	-28.39	-8.125	10Ø20	69.00	-281.68	9.92	Verificat a
3.49	CIR 1	78.58	-33.77	-4.861	10Ø20	78.58	-283.04	8.38	Verificat a
4.15	CIR 1	88.17	-36.98	-2.207	10Ø20	88.17	-284.41	7.69	Verificat a
4.81	CIR 1	96.76	-38.45	-0.051	10Ø20	96.77	-285.63	7.43	Verificat a
5.47	CIR 1	103.35	-38.48	2.013	10Ø20	103.35	-286.56	7.45	Verificat a

6.13	CIR 1	107.94	-37.15	3.570	10Ø20	107.94	-287.21	7.73	Verificata
6.80	CIR 1	112.52	-34.78	4.655	10Ø20	112.52	-287.86	8.28	Verificata
7.46	CIR 1	117.11	-31.70	5.345	10Ø20	117.12	-288.51	9.10	Verificata
8.12	CIR 1	121.70	-28.17	5.704	10Ø20	121.69	-289.16	10.27	Verificata
8.78	CIR 1	126.29	-24.39	5.792	10Ø20	126.28	-289.81	11.88	Verificata
9.44	CIR 1	130.88	-20.56	5.662	10Ø20	130.88	-290.46	14.13	Verificata
10.10	CIR 1	135.47	-16.81	5.357	10Ø20	135.47	-291.11	17.32	Verificata
10.77	CIR 1	140.05	-13.26	4.913	10Ø20	140.06	-291.75	22.00	Verificata
11.43	CIR 1	144.64	-10.01	4.358	10Ø20	144.65	-292.40	29.21	Verificata
12.09	CIR 1	149.23	-7.13	3.713	10Ø20	149.23	-293.05	41.12	Verificata
12.75	CIR 1	153.82	-4.67	2.995	10Ø20	153.82	-293.69	62.91	Verificata
13.41	CIR 1	158.41	-2.69	2.212	10Ø20	158.42	-294.34	109.59	Verificata
14.08	CIR 1	162.99	-1.22	1.372	10Ø20	163.00	-294.99	241.34	Verificata
14.74	CIR 1	167.58	-0.31	0.476	10Ø20	167.58	-295.63	938.79	Verificata

Z [m]	Def.Max calcestruzzo	Def.Max acciaio	Asse neutro [cm]	Passo staffe [cm]	Resistenz a taglio kN	Misura sicurezza taglio OK <=1	Verifica a taglio	Angolo inclinazione punti [°]
0.06	3.50E-03	-9.36E-03	15.03	20.6Ø10	Calcestruzzo=537.47 Staffe=321.51	0.01	Verificata	21.80
0.13	3.50E-03	-9.35E-03	-15.01	20.6Ø10	Calcestruzzo=537.60 Staffe=321.48	0.02	Verificata	21.80
0.19	3.50E-03	-9.34E-03	15.01	20.6Ø10	Calcestruzzo=537.	0.02	Verificata	21.80

					64 Staffe=32 1.47			
0.25	3.50E-03	-9.33E-03	-15.00	20.6Ø10	Calcestru zzo=537. 77 Staffe=32 1.43	0.02	Verificata	21.80
0.31	3.50E-03	-9.33E-03	-15.00	20.6Ø10	Calcestru zzo=537. 81 Staffe=32 1.42	0.01	Verificata	21.80
0.38	3.50E-03	-9.32E-03	-14.98	20.6Ø10	Calcestru zzo=537. 94 Staffe=32 1.39	0.01	Verificata	21.80
0.44	3.50E-03	-9.32E-03	-14.98	20.6Ø10	Calcestru zzo=537. 98 Staffe=32 1.38	0.00	Verificata	21.80
0.50	3.50E-03	-9.31E-03	-14.97	20.6Ø10	Calcestru zzo=538. 11 Staffe=32 1.34	0.02	Verificata	21.80
0.56	3.50E-03	-9.30E-03	-14.96	20.6Ø10	Calcestru zzo=538. 14 Staffe=32 1.33	0.00	Verificata	21.80
0.63	3.50E-03	-9.30E-03	-14.96	20.6Ø10	Calcestru zzo=538. 18 Staffe=32 1.32	0.03	Verificata	21.80
0.69	3.50E-03	-9.29E-03	-14.95	20.6Ø10	Calcestru zzo=538. 31 Staffe=32 1.28	0.01	Verificata	21.80
0.75	3.50E-03	-9.29E-03	-14.94	20.6Ø10	Calcestru zzo=538. 35 Staffe=32	0.02	Verificata	21.80

					1.27			
0.81	3.50E-03	-9.28E-03	-14.93	20.6Ø10	Calcestruzzo=538.48 Staffe=32 1.24	0.02	Verificata	21.80
0.88	3.50E-03	-9.27E-03	-14.93	20.6Ø10	Calcestruzzo=538.52 Staffe=32 1.23	0.03	Verificata	21.80
0.94	3.50E-03	-9.26E-03	-14.92	20.6Ø10	Calcestruzzo=538.64 Staffe=32 1.19	0.02	Verificata	21.80
1.00	3.50E-03	-9.26E-03	-14.91	20.6Ø10	Calcestruzzo=538.68 Staffe=32 1.18	0.02	Verificata	21.80
1.06	3.50E-03	-9.25E-03	-14.90	20.6Ø10	Calcestruzzo=538.81 Staffe=32 1.14	0.03	Verificata	21.80
1.13	3.50E-03	-9.25E-03	-14.90	20.6Ø10	Calcestruzzo=538.85 Staffe=32 1.13	0.03	Verificata	21.80
1.19	3.50E-03	-9.24E-03	-14.89	20.6Ø10	Calcestruzzo=538.89 Staffe=32 1.12	0.04	Verificata	21.80
1.25	3.50E-03	-9.23E-03	-14.88	20.6Ø10	Calcestruzzo=539.01 Staffe=32 1.09	0.04	Verificata	21.80
1.31	3.50E-03	-9.23E-03	-14.88	20.6Ø10	Calcestruzzo=539.05 Staffe=32 1.08	0.04	Verificata	21.80
1.38	3.50E-03	-9.22E-03	-14.86	20.6Ø10	Calcestruzzo=539.09 Staffe=32 1.07	0.03	Verificata	21.80

					zzo=539. 18 Staffe=32 1.04			
1.44	3.50E-03	-9.21E-03	-14.86	20.6Ø10	Calcestru zzo=539. 22 Staffe=32 1.03	0.05	Verificata	21.80
1.50	3.50E-03	-9.20E-03	-14.85	20.6Ø10	Calcestru zzo=539. 34 Staffe=32 0.99	0.05	Verificata	21.80
2.16	3.50E-03	-9.14E-03	-14.77	20.6Ø10	Calcestru zzo=540. 10 Staffe=32 0.77	0.04	Verificata	21.80
2.82	3.50E-03	-9.07E-03	-14.69	20.6Ø10	Calcestru zzo=540. 95 Staffe=32 0.54	0.03	Verificata	21.80
3.49	3.50E-03	-9.01E-03	-14.61	20.6Ø10	Calcestru zzo=541. 81 Staffe=32 0.30	0.02	Verificata	21.80
4.15	3.50E-03	-8.94E-03	-14.53	20.6Ø10	Calcestru zzo=542. 65 Staffe=32 0.06	0.01	Verificata	21.80
4.81	3.50E-03	-8.88E-03	-14.45	20.6Ø10	Calcestru zzo=543. 40 Staffe=31 9.84	0.00	Verificata	21.80
5.47	3.50E-03	-8.84E-03	-14.39	20.6Ø10	Calcestru zzo=543. 97 Staffe=31 9.67	0.01	Verificata	21.80
6.13	3.50E-03	-8.80E-03	-14.35	20.6Ø10	Calcestru zzo=544. 36	0.01	Verificata	21.80

					Staffe=31 9.56			
6.80	3.50E-03	-8.77E-03	-14.31	20.6Ø10	Calcestruzzo=544.76 Staffe=31 9.44	0.01	Verificata	21.80
7.46	3.50E-03	-8.74E-03	-14.27	20.6Ø10	Calcestruzzo=545.14 Staffe=31 9.31	0.02	Verificata	21.80
8.12	3.50E-03	-8.71E-03	-14.23	20.6Ø10	Calcestruzzo=545.54 Staffe=31 9.20	0.02	Verificata	21.80
8.78	3.50E-03	-8.68E-03	-14.19	20.6Ø10	Calcestruzzo=545.94 Staffe=31 9.08	0.02	Verificata	21.80
9.44	3.50E-03	-8.65E-03	-14.15	20.6Ø10	Calcestruzzo=546.34 Staffe=31 8.97	0.02	Verificata	21.80
10.10	3.50E-03	-8.62E-03	-14.11	20.6Ø10	Calcestruzzo=546.74 Staffe=31 8.85	0.02	Verificata	21.80
10.77	3.50E-03	-8.58E-03	-14.07	20.6Ø10	Calcestruzzo=547.13 Staffe=31 8.73	0.02	Verificata	21.80
11.43	3.50E-03	-8.55E-03	-14.03	19.9Ø10	Calcestruzzo=559.21 Staffe=32 6.66	0.01	Verificata	21.80
12.09	3.50E-03	-8.52E-03	-13.99	19.9Ø10	Calcestruzzo=559.61 Staffe=32 6.54	0.01	Verificata	21.80



12.75	3.50E-03	-8.49E-03	-13.95	19.9Ø10	Calcestruzzo=560.00 Staffe=326.41	0.01	Verificata	21.80
13.41	3.50E-03	-8.46E-03	-13.91	19.9Ø10	Calcestruzzo=560.39 Staffe=326.29	0.01	Verificata	21.80
14.08	3.50E-03	-8.43E-03	-13.86	19.9Ø10	Calcestruzzo=560.78 Staffe=326.16	0.00	Verificata	21.80
14.74	3.50E-03	-8.40E-03	-13.82	19.9Ø10	Calcestruzzo=561.17 Staffe=326.04	0.00	Verificata	21.80

Fase: 1 - Combinazione: 3

Z [m]	Nome sezione	N [kN]	M [kNm]	T [kN]	Nr.Barre Diametro	Nu [kN]	Mu [kNm]	Cond. Verifica Flessione	Ver. Flessione
0.06	CIR 1	30.85	0.77	-8.766	10Ø20	30.85	276.23	356.92	Verificata
0.13	CIR 1	31.29	0.04	-1.372	10Ø20	31.29	276.30	6443.37	Verificata
0.19	CIR 1	32.72	-0.64	-11.402	10Ø20	32.72	-276.50	429.55	Verificata
0.25	CIR 1	33.15	-1.20	6.300	10Ø20	33.15	-276.56	231.07	Verificata
0.31	CIR 1	34.59	-1.53	0.886	10Ø20	34.58	-276.77	181.17	Verificata
0.38	CIR 1	35.02	-1.55	1.510	10Ø20	35.02	-276.83	178.93	Verificata
0.44	CIR 1	36.45	-2.08	2.480	10Ø20	36.45	-277.04	133.35	Verificata
0.50	CIR 1	36.89	-2.99	15.528	10Ø20	36.88	-277.10	92.82	Verificata
0.56	CIR 1	38.32	-3.14	-11.618	10Ø20	38.32	-277.30	88.40	Verificata
0.63	CIR 1	38.75	-2.35	-36.648	10Ø20	38.75	-277.36	117.79	Verificata

0.69	CIR 1	40.19	-4.42	-18.678	10Ø20	40.19	-277.57	62.85	Verificat a
0.75	CIR 1	40.62	-5.10	-12.824	10Ø20	40.62	-277.63	54.45	Verificat a
0.81	CIR 1	42.05	-5.18	-26.200	10Ø20	42.06	-277.84	53.62	Verificat a
0.88	CIR 1	42.49	-6.35	-20.770	10Ø20	42.48	-277.90	43.76	Verificat a
0.94	CIR 1	43.92	-8.30	-6.494	10Ø20	43.92	-278.10	33.52	Verificat a
1.00	CIR 1	45.35	-8.75	-23.910	10Ø20	45.36	-278.31	31.80	Verificat a
1.06	CIR 1	45.79	-10.36	-4.404	10Ø20	45.78	-278.37	26.86	Verificat a
1.13	CIR 1	47.22	-11.77	-23.360	10Ø20	47.22	-278.57	23.67	Verificat a
1.19	CIR 1	47.65	-12.58	-29.585	10Ø20	47.64	-278.63	22.16	Verificat a
1.25	CIR 1	49.08	-14.38	-27.888	10Ø20	49.09	-278.84	19.39	Verificat a
1.31	CIR 1	49.52	-15.78	-31.077	10Ø20	49.52	-278.90	17.68	Verificat a
1.38	CIR 1	50.95	-17.33	-29.382	10Ø20	50.95	-279.11	16.10	Verificat a
1.44	CIR 1	51.38	-19.09	-29.034	10Ø20	51.39	-279.17	14.62	Verificat a
1.50	CIR 1	52.82	-20.71	-39.502	10Ø20	52.82	-279.37	13.49	Verificat a
2.16	CIR 1	62.41	-46.86	-29.957	10Ø20	62.41	-280.74	5.99	Verificat a
2.82	CIR 1	72.99	-66.69	-21.650	10Ø20	73.00	-282.25	4.23	Verificat a
3.49	CIR 1	83.58	-81.02	-14.498	10Ø20	83.58	-283.75	3.50	Verificat a
4.15	CIR 1	93.17	-90.62	-8.446	10Ø20	93.18	-285.12	3.15	Verificat a
4.81	CIR 1	103.76	-96.21	-3.304	10Ø20	103.75	-286.62	2.98	Verificat a
5.47	CIR 1	110.35	-98.40	2.016	10Ø20	110.34	-287.55	2.92	Verificat a
6.13	CIR 1	114.94	-97.07	6.334	10Ø20	114.93	-288.20	2.97	Verificat a
6.80	CIR 1	119.52	-92.87	9.635	10Ø20	119.52	-288.85	3.11	Verificat a
7.46	CIR 1	124.11	-86.50	12.045	10Ø20	124.12	-289.50	3.35	Verificat a
8.12	CIR 1	128.70	-78.53	13.666	10Ø20	128.70	-290.15	3.69	Verificat

									a
8.78	CIR 1	133.29	-69.48	14.591	10Ø20	133.29	-290.80	4.19	Verificat a
9.44	CIR 1	137.88	-59.82	14.903	10Ø20	137.87	-291.44	4.87	Verificat a
10.10	CIR 1	142.47	-49.96	14.676	10Ø20	142.47	-292.09	5.85	Verificat a
10.77	CIR 1	147.05	-40.24	13.968	10Ø20	147.06	-292.74	7.27	Verificat a
11.43	CIR 1	151.64	-31.00	12.828	10Ø20	151.63	-293.39	9.46	Verificat a
12.09	CIR 1	156.23	-22.51	11.293	10Ø20	156.23	-294.03	13.06	Verificat a
12.75	CIR 1	160.82	-15.03	9.388	10Ø20	160.82	-294.68	19.60	Verificat a
13.41	CIR 1	165.41	-8.82	7.138	10Ø20	165.41	-295.33	33.50	Verificat a
14.08	CIR 1	169.99	-4.09	4.552	10Ø20	169.99	-295.97	72.33	Verificat a
14.74	CIR 1	174.58	-1.08	1.627	10Ø20	174.57	-296.61	275.26	Verificat a

Z [m]	Def.Max calcestruz zo	Def.Max acciaio	Asse neutro [cm]	Passo staffe [cm]	Resistenz a taglio kN	Misura sicurezza taglio OK<=1	Verifica a taglio	Angolo inclinazio ne punti [°]
0.06	3.50E-03	-9.35E-03	15.02	20.6Ø10	Calcestru zzo=537. 56 Staffe=32 1.49	0.03	Verificata	21.80
0.13	3.50E-03	-9.35E-03	15.01	20.6Ø10	Calcestru zzo=537. 60 Staffe=32 1.48	0.00	Verificata	21.80
0.19	3.50E-03	-9.34E-03	-15.00	20.6Ø10	Calcestru zzo=537. 73 Staffe=32 1.44	0.04	Verificata	21.80
0.25	3.50E-03	-9.33E-03	-15.00	20.6Ø10	Calcestru zzo=537. 77 Staffe=32	0.02	Verificata	21.80

					1.43			
0.31	3.50E-03	-9.32E-03	-14.99	20.6Ø10	Calcestruzzo=537.90 Staffe=32 1.40	0.00	Verificata	21.80
0.38	3.50E-03	-9.32E-03	-14.98	20.6Ø10	Calcestruzzo=537.94 Staffe=32 1.39	0.00	Verificata	21.80
0.44	3.50E-03	-9.31E-03	-14.97	20.6Ø10	Calcestruzzo=538.07 Staffe=32 1.35	0.01	Verificata	21.80
0.50	3.50E-03	-9.31E-03	-14.97	20.6Ø10	Calcestruzzo=538.11 Staffe=32 1.34	0.05	Verificata	21.80
0.56	3.50E-03	-9.30E-03	-14.96	20.6Ø10	Calcestruzzo=538.23 Staffe=32 1.31	0.04	Verificata	21.80
0.63	3.50E-03	-9.29E-03	-14.95	20.6Ø10	Calcestruzzo=538.27 Staffe=32 1.29	0.11	Verificata	21.80
0.69	3.50E-03	-9.28E-03	-14.94	20.6Ø10	Calcestruzzo=538.40 Staffe=32 1.26	0.06	Verificata	21.80
0.75	3.50E-03	-9.28E-03	-14.94	20.6Ø10	Calcestruzzo=538.44 Staffe=32 1.25	0.04	Verificata	21.80
0.81	3.50E-03	-9.27E-03	-14.92	20.6Ø10	Calcestruzzo=538.57 Staffe=32 1.21	0.08	Verificata	21.80
0.88	3.50E-03	-9.26E-03	-14.92	20.6Ø10	Calcestruzzo=538.60 Staffe=32 1.20	0.06	Verificata	21.80

					zzo=538. 60 Staffe=32 1.20			
0.94	3.50E-03	-9.25E-03	-14.91	20.6Ø10	Calcestru zzo=538. 73 Staffe=32 1.17	0.02	Verificata	21.80
1.00	3.50E-03	-9.24E-03	-14.89	20.6Ø10	Calcestru zzo=538. 86 Staffe=32 1.13	0.07	Verificata	21.80
1.06	3.50E-03	-9.24E-03	-14.89	20.6Ø10	Calcestru zzo=538. 90 Staffe=32 1.12	0.01	Verificata	21.80
1.13	3.50E-03	-9.23E-03	-14.88	20.6Ø10	Calcestru zzo=539. 02 Staffe=32 1.08	0.07	Verificata	21.80
1.19	3.50E-03	-9.23E-03	-14.88	20.6Ø10	Calcestru zzo=539. 06 Staffe=32 1.07	0.09	Verificata	21.80
1.25	3.50E-03	-9.22E-03	-14.86	20.6Ø10	Calcestru zzo=539. 19 Staffe=32 1.04	0.09	Verificata	21.80
1.31	3.50E-03	-9.21E-03	-14.86	20.6Ø10	Calcestru zzo=539. 23 Staffe=32 1.02	0.10	Verificata	21.80
1.38	3.50E-03	-9.20E-03	-14.85	20.6Ø10	Calcestru zzo=539. 35 Staffe=32 0.99	0.09	Verificata	21.80
1.44	3.50E-03	-9.20E-03	-14.84	20.6Ø10	Calcestru zzo=539. 39	0.09	Verificata	21.80

					Staffe=32 0.98			
1.50	3.50E-03	-9.19E-03	-14.83	20.6Ø10	Calcestruzzo=539.52 Staffe=32 0.94	0.12	Verificata	21.80
2.16	3.50E-03	-9.12E-03	-14.75	20.6Ø10	Calcestruzzo=540.36 Staffe=32 0.70	0.09	Verificata	21.80
2.82	3.50E-03	-9.05E-03	-14.66	20.6Ø10	Calcestruzzo=541.31 Staffe=32 0.44	0.07	Verificata	21.80
3.49	3.50E-03	-8.97E-03	-14.57	20.6Ø10	Calcestruzzo=542.25 Staffe=32 0.18	0.05	Verificata	21.80
4.15	3.50E-03	-8.91E-03	-14.48	20.6Ø10	Calcestruzzo=543.09 Staffe=31 9.93	0.03	Verificata	21.80
4.81	3.50E-03	-8.83E-03	-14.39	20.6Ø10	Calcestruzzo=544.01 Staffe=31 9.66	0.01	Verificata	21.80
5.47	3.50E-03	-8.79E-03	-14.33	20.6Ø10	Calcestruzzo=544.57 Staffe=31 9.49	0.01	Verificata	21.80
6.13	3.50E-03	-8.75E-03	-14.29	20.6Ø10	Calcestruzzo=544.96 Staffe=31 9.37	0.02	Verificata	21.80
6.80	3.50E-03	-8.72E-03	-14.25	20.6Ø10	Calcestruzzo=545.35 Staffe=31 9.25	0.03	Verificata	21.80

7.46	3.50E-03	-8.69E-03	-14.21	20.6Ø10	Calcestruzzo=545.75 Staffe=319.14	0.04	Verificata	21.80
8.12	3.50E-03	-8.66E-03	-14.17	20.6Ø10	Calcestruzzo=546.15 Staffe=319.02	0.04	Verificata	21.80
8.78	3.50E-03	-8.63E-03	-14.13	20.6Ø10	Calcestruzzo=546.55 Staffe=318.91	0.05	Verificata	21.80
9.44	3.50E-03	-8.60E-03	-14.09	20.6Ø10	Calcestruzzo=546.94 Staffe=318.79	0.05	Verificata	21.80
10.10	3.50E-03	-8.57E-03	-14.05	19.9Ø10	Calcestruzzo=559.03 Staffe=326.72	0.04	Verificata	21.80
10.77	3.50E-03	-8.54E-03	-14.01	19.9Ø10	Calcestruzzo=559.42 Staffe=326.59	0.04	Verificata	21.80
11.43	3.50E-03	-8.51E-03	-13.97	19.9Ø10	Calcestruzzo=559.82 Staffe=326.47	0.04	Verificata	21.80
12.09	3.50E-03	-8.48E-03	-13.93	19.9Ø10	Calcestruzzo=560.21 Staffe=326.35	0.03	Verificata	21.80
12.75	3.50E-03	-8.44E-03	-13.88	19.9Ø10	Calcestruzzo=560.60 Staffe=326.22	0.03	Verificata	21.80
13.41	3.50E-03	-8.41E-03	-13.84	19.9Ø10	Calcestruzzo=560.	0.02	Verificata	21.80

					98 Staffe=32 6.10			
14.08	3.50E-03	-8.38E-03	-13.80	19.9Ø10	Calcestruzzo=561.37 Staffe=32 5.97	0.01	Verificata	21.80
14.74	3.50E-03	-8.35E-03	-13.76	19.9Ø10	Calcestruzzo=561.75 Staffe=32 5.84	0.00	Verificata	21.80



## Indice

Archivio sezioni...	.18
Dati generali FEM	.18
Calcolo coefficienti sismici	.19
Carichi	.20
Fase: 1	.20
Fase: 1 Analisi geotecnica	.20
Fase: 1 - Combinazione: 1	.20
Fase: 1 - Combinazione: 2	.22
Fase: 1 - Combinazione: 3	.24
Fase: 1 Risultati analisi strutturale	.27
Fase: 1 - Combinazione: 1	.27
Fase: 1 - Combinazione: 3	.34
Indice	.42

## DATI GEOMETRICI DELLA TRAVE DI COLLEGAMENTO

Diametro	0.6 m
Interasse X	2 m
Lunghezza complessiva	52 m
Interasse Y	1 m
Modulo elasticità	2.06E+08 KN/m <sup>2</sup>
Modulo Poisson	0.4
Area sezione	1.2 m <sup>2</sup>
Momento inerzia	0.036 m <sup>4</sup>

## MODELLO DI CALCOLO E SCHEMA DELLE FORZE

Carico sulla trave	1
Posizione	0 m
Forza applicata	0 kN
Appoggio fisso	
Costante elastica vincolo cedevole (ks)	0 kN/m
Carico sulla trave	2
Posizione	1 m
Forza applicata	-10 kN
Appoggio cedevole	
Costante elastica vincolo cedevole (ks)	0 kN/m
Carico sulla trave	3
Posizione	2 m
Forza applicata	0 kN
Appoggio fisso	
Costante elastica vincolo cedevole (ks)	0 kN/m
Carico sulla trave	4
Posizione	3 m
Forza applicata	-10 kN
Appoggio cedevole	
Costante elastica vincolo cedevole (ks)	0 kN/m
Carico sulla trave	5
Posizione	4 m
Forza applicata	0 kN
Appoggio fisso	
Costante elastica vincolo cedevole (ks)	0 kN/m
Carico sulla trave	6
Posizione	5 m
Forza applicata	-10 kN
Appoggio cedevole	
Costante elastica vincolo cedevole (ks)	0 kN/m
Carico sulla trave	7
Posizione	6 m

Forza applicata	0 kN
Appoggio fisso	
Costante elastica vincolo cedevole (ks)	0 kN/m
Carico sulla trave	8
Posizione	7 m
Forza applicata	-10 kN
Appoggio cedevole	
Costante elastica vincolo cedevole (ks)	0 kN/m
Carico sulla trave	9
Posizione	8 m
Forza applicata	0 kN
Appoggio fisso	
Costante elastica vincolo cedevole (ks)	0 kN/m
Carico sulla trave	10
Posizione	9 m
Forza applicata	-10 kN
Appoggio cedevole	
Costante elastica vincolo cedevole (ks)	0 kN/m
Carico sulla trave	11
Posizione	10 m
Forza applicata	0 kN
Appoggio fisso	
Costante elastica vincolo cedevole (ks)	0 kN/m
Carico sulla trave	12
Posizione	11 m
Forza applicata	-10 kN
Appoggio cedevole	
Costante elastica vincolo cedevole (ks)	0 kN/m
Carico sulla trave	13
Posizione	12 m
Forza applicata	0 kN
Appoggio fisso	
Costante elastica vincolo cedevole (ks)	0 kN/m
Carico sulla trave	14
Posizione	13 m
Forza applicata	-10 kN
Appoggio cedevole	
Costante elastica vincolo cedevole (ks)	0 kN/m
Carico sulla trave	15
Posizione	14 m
Forza applicata	0 kN

Appoggio fisso	
Costante elastica vincolo cedevole (ks)	0 kN/m
Carico sulla trave	16
Posizione	15 m
Forza applicata	-10 kN
Appoggio cedevole	
Costante elastica vincolo cedevole (ks)	0 kN/m
Carico sulla trave	17
Posizione	16 m
Forza applicata	0 kN
Appoggio fisso	
Costante elastica vincolo cedevole (ks)	0 kN/m
Carico sulla trave	18
Posizione	17 m
Forza applicata	-10 kN
Appoggio cedevole	
Costante elastica vincolo cedevole (ks)	0 kN/m
Carico sulla trave	19
Posizione	18 m
Forza applicata	0 kN
Appoggio fisso	
Costante elastica vincolo cedevole (ks)	0 kN/m
Carico sulla trave	20
Posizione	19 m
Forza applicata	-10 kN
Appoggio cedevole	
Costante elastica vincolo cedevole (ks)	0 kN/m
Carico sulla trave	21
Posizione	20 m
Forza applicata	0 kN
Appoggio fisso	
Costante elastica vincolo cedevole (ks)	0 kN/m
Carico sulla trave	22
Posizione	21 m
Forza applicata	-10 kN
Appoggio cedevole	
Costante elastica vincolo cedevole (ks)	0 kN/m
Carico sulla trave	23
Posizione	22 m
Forza applicata	0 kN
Appoggio fisso	

Costante elastica vincolo cedevole (ks)	0 kN/m
Carico sulla trave	24
Posizione	23 m
Forza applicata	-10 kN
Appoggio cedevole	
Costante elastica vincolo cedevole (ks)	0 kN/m
Carico sulla trave	25
Posizione	24 m
Forza applicata	0 kN
Appoggio fisso	
Costante elastica vincolo cedevole (ks)	0 kN/m
Carico sulla trave	26
Posizione	25 m
Forza applicata	-10 kN
Appoggio cedevole	
Costante elastica vincolo cedevole (ks)	0 kN/m
Carico sulla trave	27
Posizione	26 m
Forza applicata	0 kN
Appoggio fisso	
Costante elastica vincolo cedevole (ks)	0 kN/m
Carico sulla trave	28
Posizione	27 m
Forza applicata	-10 kN
Appoggio cedevole	
Costante elastica vincolo cedevole (ks)	0 kN/m
Carico sulla trave	29
Posizione	28 m
Forza applicata	0 kN
Appoggio fisso	
Costante elastica vincolo cedevole (ks)	0 kN/m
Carico sulla trave	30
Posizione	29 m
Forza applicata	-10 kN
Appoggio cedevole	
Costante elastica vincolo cedevole (ks)	0 kN/m
Carico sulla trave	31
Posizione	30 m
Forza applicata	0 kN
Appoggio fisso	
Costante elastica vincolo cedevole (ks)	0 kN/m

Carico sulla trave	32
Posizione	31 m
Forza applicata	-10 kN
Appoggio cedevole	
Costante elastica vincolo cedevole (ks)	0 kN/m
Carico sulla trave	33
Posizione	32 m
Forza applicata	0 kN
Appoggio fisso	
Costante elastica vincolo cedevole (ks)	0 kN/m
Carico sulla trave	34
Posizione	33 m
Forza applicata	-10 kN
Appoggio cedevole	
Costante elastica vincolo cedevole (ks)	0 kN/m
Carico sulla trave	35
Posizione	34 m
Forza applicata	0 kN
Appoggio fisso	
Costante elastica vincolo cedevole (ks)	0 kN/m
Carico sulla trave	36
Posizione	35 m
Forza applicata	-10 kN
Appoggio cedevole	
Costante elastica vincolo cedevole (ks)	0 kN/m
Carico sulla trave	37
Posizione	36 m
Forza applicata	0 kN
Appoggio fisso	
Costante elastica vincolo cedevole (ks)	0 kN/m
Carico sulla trave	38
Posizione	37 m
Forza applicata	-10 kN
Appoggio cedevole	
Costante elastica vincolo cedevole (ks)	0 kN/m
Carico sulla trave	39
Posizione	38 m
Forza applicata	0 kN
Appoggio fisso	
Costante elastica vincolo cedevole (ks)	0 kN/m

Carico sulla trave	40
Posizione	39 m
Forza applicata	-10 kN
Appoggio cedevole	
Costante elastica vincolo cedevole (ks)	0 kN/m
Carico sulla trave	41
Posizione	40 m
Forza applicata	0 kN
Appoggio fisso	
Costante elastica vincolo cedevole (ks)	0 kN/m
Carico sulla trave	42
Posizione	41 m
Forza applicata	-10 kN
Appoggio cedevole	
Costante elastica vincolo cedevole (ks)	0 kN/m
Carico sulla trave	43
Posizione	42 m
Forza applicata	0 kN
Appoggio fisso	
Costante elastica vincolo cedevole (ks)	0 kN/m
Carico sulla trave	44
Posizione	43 m
Forza applicata	-10 kN
Appoggio cedevole	
Costante elastica vincolo cedevole (ks)	0 kN/m
Carico sulla trave	45
Posizione	44 m
Forza applicata	0 kN
Appoggio fisso	
Costante elastica vincolo cedevole (ks)	0 kN/m
Carico sulla trave	46
Posizione	45 m
Forza applicata	-10 kN
Appoggio cedevole	
Costante elastica vincolo cedevole (ks)	0 kN/m
Carico sulla trave	47
Posizione	46 m
Forza applicata	0 kN
Appoggio fisso	
Costante elastica vincolo cedevole (ks)	0 kN/m
Carico sulla trave	48

Posizione	47 m
Forza applicata	-10 kN
Appoggio cedevole	
Costante elastica vincolo cedevole (ks)	0 kN/m

Carico sulla trave	49
Posizione	48 m
Forza applicata	0 kN
Appoggio fisso	
Costante elastica vincolo cedevole (ks)	0 kN/m

Carico sulla trave	50
Posizione	49 m
Forza applicata	-10 kN
Appoggio cedevole	
Costante elastica vincolo cedevole (ks)	0 kN/m

Carico sulla trave	51
Posizione	50 m
Forza applicata	0 kN
Appoggio fisso	
Costante elastica vincolo cedevole (ks)	0 kN/m

Carico sulla trave	52
Posizione	51 m
Forza applicata	-10 kN
Appoggio cedevole	
Costante elastica vincolo cedevole (ks)	0 kN/m

Carico sulla trave	53
Posizione	52 m
Forza applicata	0 kN
Appoggio fisso	
Costante elastica vincolo cedevole (ks)	0 kN/m

## SOLLECITAZIONI

Momento massimo	2.5 kNm
Momento minimo	-2.5 kNm

Taglio massimo	5.42 kN
Taglio minimo	-5.42 kN

Spostamento massimo	0.00E+00 cm
Spostamento minimo	-5.62E-08 cm

## VERIFICA SEZIONE

Momento ultimo (Mu)	1329.25 kNm
Sforzo normale ultimo (Nu)	0.26 kN
Resistenza a taglio conglomerato (Vrcdd)	2521.07 kN



Resistenza a taglio staffe (Vwd)	2057.84 kN
----------------------------------	------------

**ARMATURA**

Ferri longitudinali di calcolo	12/15 cm
Staffe	16/33 cm