

# ANAS S.p.A.

DIREZIONE CENTRALE PROGRAMMAZIONE PROGETTAZIONE

**PA 12/09**  
**CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO - NORD EUROPA**  
**ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA - A19**  
**S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE"**  
**AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001**  
**Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19**

## PROGETTO ESECUTIVO

Contraente Generale:



### OPERE D'ARTE MINORI MURI IN C.A.

**MP.52 - Paratia di pali in opera 120,30 mt - da 21+283.831 a 21+404.831 -  
Relazioni di calcolo**

**Codice Unico Progetto (CUP) : F91B09000070001**

**Codice Elaborato:**

**PA12\_09 - E 0 5 3 T R 2 2 3 M U 5 2 6 C L 1 6 1 A** Scale: -

F							
E							
D							
C							
B							
A	Aprile 2011	EMISSIONE				M. LITI	P. PAGLINI
REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	AUTORIZZATO	

Responsabile del procedimento: Ing. MAURIZIO ARAMINI

Il Progettista:



Il Consulente Specialista:



Il Geologo:



Il Coordinatore per la sicurezza  
in fase di progetto:



Il Direttore dei lavori:



## Sommario

<b>1</b>	<b>GENERALITÀ</b> .....	<b>1</b>
1.1	PREMESSA .....	1
1.2	DESCRIZIONE DELL'OPERA .....	1
<b>2</b>	<b>NORMATIVE DI RIFERIMENTO</b> .....	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>CARATTERISTICHE DEI MATERIALI</b> .....	<b>4</b>
3.1	CALCESTRUZZI .....	4
3.1.1	<i>Magrone di Fondazione</i> .....	4
3.1.2	<i>Pali di Fondazione</i> .....	4
3.1.3	<i>Strutture in elevazione (Cordoli e paramenti controterra)</i> .....	6
3.2	ACCIAIO .....	7
3.2.1	<i>Acciaio d'armatura</i> .....	7
<b>4</b>	<b>PARAMETRI E COEFFICIENTI SISMICI</b> .....	<b>9</b>
4.1	GENERALITÀ.....	9
<b>5</b>	<b>CRITERI DI PROGETTAZIONE E DI CALCOLO</b> .....	<b>12</b>
5.1	CALCOLO DELLA PROFONDITÀ DI INFISSIONE .....	12
5.2	CALCOLO DELLA SPINTE .....	13
5.2.1	<i>Metodo di Culmann (metodo del cuneo di tentativo)</i> .....	13
5.2.2	<i>Spinta in presenza di falda</i> .....	13
5.2.3	<i>Spinta in presenza di sisma</i> .....	14
5.3	ANALISI AD ELEMENTI FINITI.....	15
5.3.1	<i>Schematizzazione del terreno</i> .....	15
5.3.2	<i>Modalità di analisi e comportamento elasto-plastico del terreno</i> .....	16
5.3.3	<i>Analisi per fasi di scavo</i> .....	17
5.4	VERIFICA ALLA STABILITÀ GLOBALE .....	17
<b>6</b>	<b>TABULATI DI CALCOLO DELL'OPERA</b> .....	<b>18</b>
6.1	TABULATI PARATIA DI PALI TIPO "B14" .....	18

## 1 GENERALITÀ

### 1.1 Premessa

La presente relazione tecnica illustrativa e di calcolo è relativa al progetto esecutivo delle opere d'arte strutturali minori da realizzarsi nell'ambito dei lavori di ammodernamento e adeguamento alla cat. B del D.M. 05.11.2001, dal km 44+000 alla svincolo con l'A19 dell'Itinerario Agrigento - Caltanissetta – A19 S.S. N°640 "di Porto Empedocle".

Nella presente relazione sono riportate le verifiche relative all'opera di sostegno identificata come MP.52 posta tra le progressive 21+286.831km e 21+404.834km

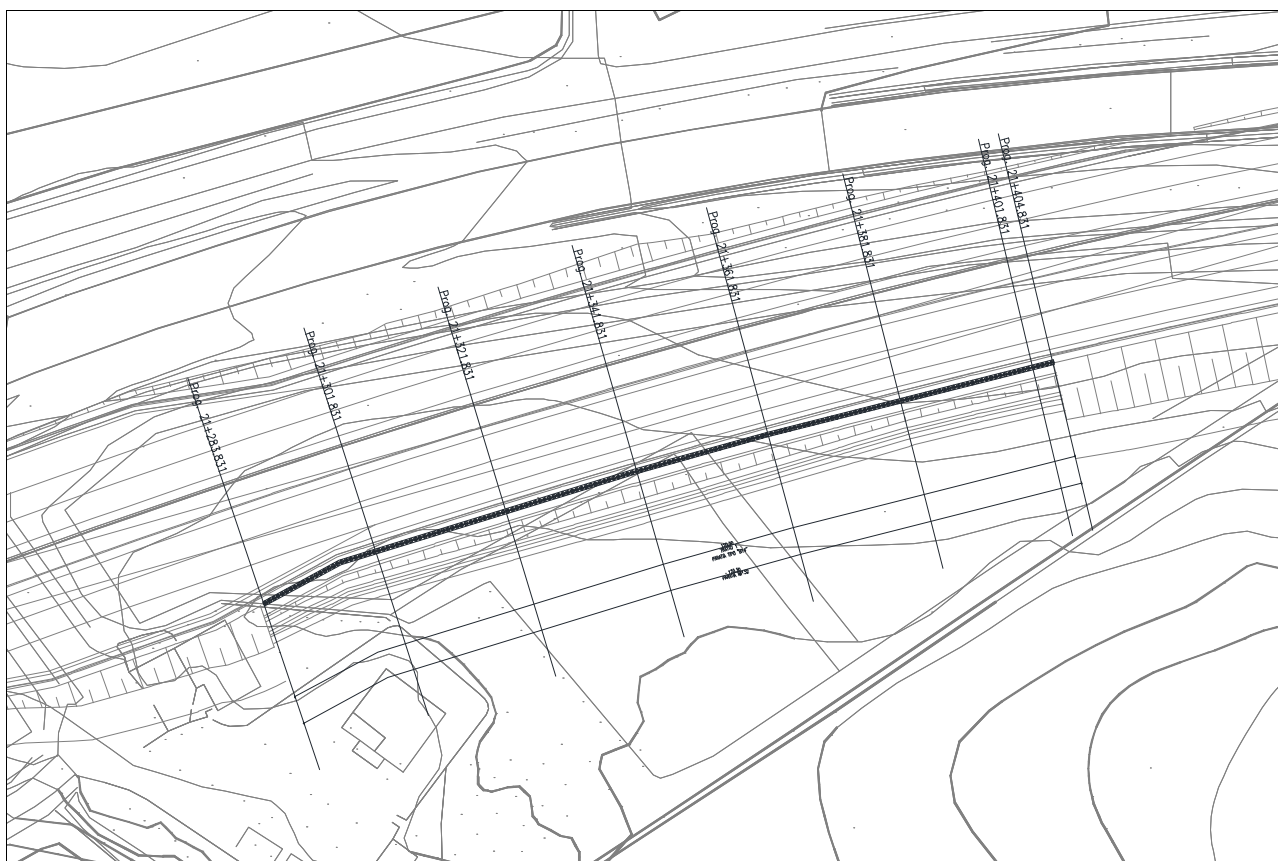


Figura 1.1. Stralcio Planimetrico

### 1.2 Descrizione dell'Opera

La struttura in esame è una paratia in pali di grosso diametro ( $\varnothing$  540 mm) con interasse di 0.70 m e sormontati da un cordolo in c.a. avente sezione 70x70 cm.

Tale opera di sostegno è articolata in un unico tratto come di seguito riportato in tabella.

Tabella 1.1. Andamento Tratti

TRATTO	-	1
Ø - DIAMETRO PERFORAZIONE PALI	[mm]	540
i - INTERASSE PALI	[m]	0.70
Hp - PROFONDITA' PERFORAZIONE PALI	[m]	8.30
Hinf - PROFONDITA' D'INFISSIONE MINIMA	[m]	4.00
N° - NUMERO PALI PER TRATTO	-	172
BxH - SEZIONE TRAVE DI COLLEGAMENTO	[cmxcm]	70x70

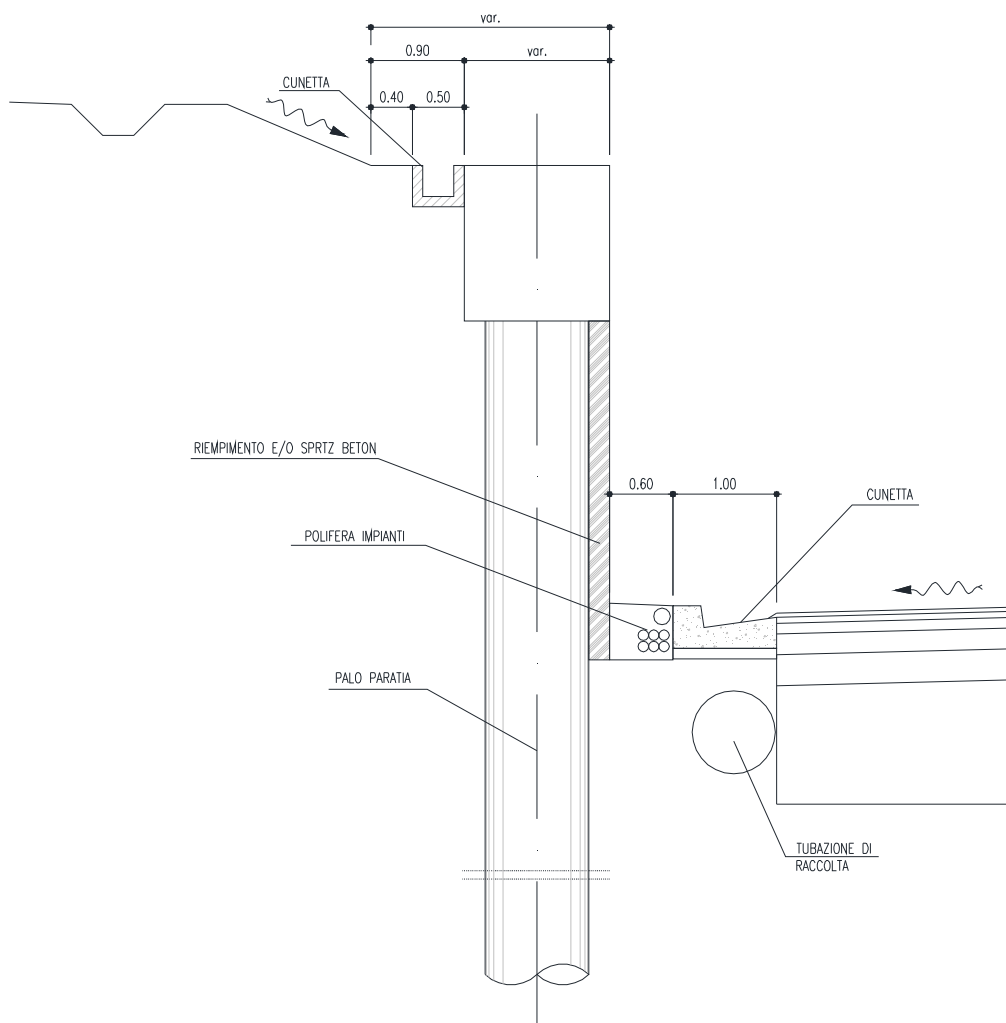


Figura 1.2. Sezione Tipologica

## 2 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

**[1] Legge nr. 1086 del 05/11/1971.**

Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.

**[2] Legge nr. 64 del 02/02/1974.**

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

**[3] D.M. LL.PP. del 11/03/1988.**

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

**[4] D.M. LL.PP. del 14/02/1992.**

Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

**[5] D.M. 9 Gennaio 1996**

Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

**[6] D.M. 16 Gennaio 1996**

Norme Tecniche relative ai 'Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi'.

**[7] D.M. 16 Gennaio 1996**

Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche.

**[8] Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.**

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996.

**[9] Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.**

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996.

**[10] D.M. 14 Gennaio 2008**

Norme Tecniche per le Costruzioni 2008

**[11] Circolare 617 del 02/02/2009**

Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

### 3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

#### 3.1 Calcestruzzi

##### Legami Costitutivi

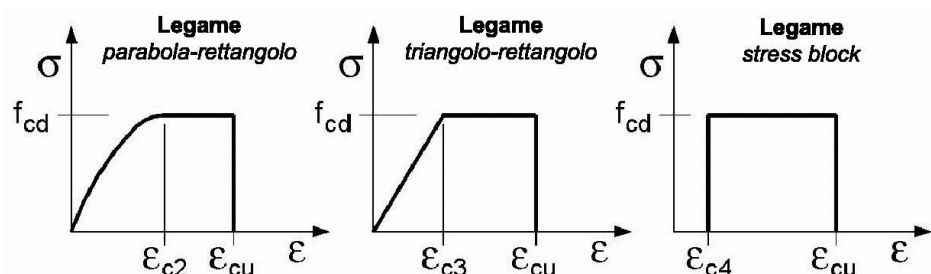
Per classi di resistenza pari o inferiori a C50/60

$$\varepsilon_{c2} = 0.200\%$$

$$\varepsilon_{c3} = 0.175\%$$

$$\varepsilon_{c4} = 0.070\%$$

$$\varepsilon_{cu} = 0.350\%$$



#### 3.1.1 Magrone di Fondazione

##### Caratteristiche Generali

cl-res = C12\15

Classe di Resistenza

cl-esp = X0

Classe di Esposizione

Cons = S1 - Umida

Consistenza

#### 3.1.2 Pali di Fondazione

##### Caratteristiche Generali

cl-res = C28\35

Classe di Resistenza

cl-esp = XC2

Classe di Esposizione

Rapporto A/C = 0.5

Rapporto acqua / cemento

aggr max = 30

mm Dimensione nominale massima degli Aggregati

Cons = S3 - Semifluida

Consistenza

c = 40

mm Copriferro minimo

r = 50

mm Ricoprimento minimo

##### Valori Caratteristici

$R_{ck} = 35$  MPa Resistenza caratteristica cubica a compressione

$f_{ck} = 29.05$  MPa Resistenza caratteristica cilindrica a compressione

$f_{ctk,5\%} = 1.98$  MPa Resistenza caratteristica a trazione semplice - frattile 5%

$f_{ctk,95\%} = 3.69$  MPa Resistenza caratteristica a trazione semplice - frattile 95%

$f_{ctk,5\%} = 2.38$  MPa Resistenza caratteristica a trazione per flessione - frattile 5%

$f_{ctk,95\%} = 4.42$  MPa Resistenza caratteristica a trazione per flessione - frattile 95%

##### Valori Medi

$f_{cm} = 37.05$  MPa Resistenza media cilindrica a compressione

$f_{ctm} = 2.83$  MPa Resistenza media a trazione semplice

$f_{ctm} =$	3.402	MPa	Resistenza media a trazione per flessione
$E_{cm} =$	32588.1078	MPa	Modulo Elastico

#### Resistenze di Calcolo – SLU

$\gamma_c =$	1.5		Coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo
$\alpha_c =$	0.85		Coefficiente per i carichi di lunga durata

#### Resistenza di calcolo a compressione

$f_{cd} =$	16.46	MPa	Resistenza di Calcolo a compressione
$f_{cd.sp<50} =$	13.17	MPa	Resistenza di Calcolo a compressione ridotta per elementi piani con $Sp < 50$ mm

#### Resistenza di calcolo a trazione

$f_{ctd} =$	1.32	MPa	Resistenza di Calcolo a trazione semplice
$f_{ctd.sp<50} =$	1.06	MPa	Resistenza di Calcolo a trazione semplice ridotta per elementi piani con $Sp < 50$ mm
$f_{ctd} =$	1.59	MPa	Resistenza di Calcolo a trazione pre flessione
$f_{ctd.sp<50} =$	1.27	MPa	Resistenza di Calcolo a trazione per flessione ridotta per elementi piani con $Sp < 50$ mm

#### Resistenze di Calcolo - Azioni Eccezionali

$\gamma_c =$	1.00		Coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo
$\alpha_c =$	0.85		Coefficiente per i carichi di lunga durata

#### Resistenza di calcolo a compressione

$f_{cd} =$	24.69	MPa	Resistenza di Calcolo a compressione
$f_{cd.sp<50} =$	19.75	MPa	Resistenza di Calcolo a compressione ridotta per elementi piani con $Sp < 50$ mm

#### Resistenza di calcolo a trazione

$f_{ctd} =$	1.98	MPa	Resistenza di Calcolo a trazione semplice
$f_{ctd.sp<50} =$	1.59	MPa	Resistenza di Calcolo a trazione semplice ridotta per elementi piani con $Sp < 50$ mm
$f_{ctd} =$	2.38	MPa	Resistenza di Calcolo a trazione pre flessione
$f_{ctd.sp<50} =$	1.91	MPa	Resistenza di Calcolo a trazione per flessione ridotta per elementi piani con $Sp < 50$ mm

#### Resistenze di Calcolo - SLE

$\sigma_c =$	17.43	MPa	tens. max calcestruzzo - combinazione rara
$\sigma_c =$	13.0725	MPa	tens. max calcestruzzo - combinazione quasi permanente

#### Tensioni Ammissibili

$R_{ck} =$	35		Resistenza caratteristica cubica a compressione
$E_c =$	33722	MPa	Modulo Elastico
$\gamma_c =$	25	kN/m <sup>3</sup>	Peso Specifico
$f_{cd} =$	18.15625	MPa	Tensione di Snervamento
$\sigma_{amm c} =$	11.0	MPa	Tensione Ammissibile
$\tau_{cd} =$	0.667	MPa	t in assenza armatura a taglio

$\bar{\tau}_{c1}$ =	1.971	MPa	t in presenza di armatura a taglio
$n$ =	15		Coff. Omogenizzazione

### 3.1.3 Strutture in elevazione (Cordoli e paramenti controterra)

#### Caratteristiche Generali

cl-res =	C28\35		Classe di Resistenza
cl-esp =	XC2		Classe di Esposizione
Rapporto A/C =	0.6		Rapporto acqua / cemento
aggr max =	30	mm	Dimensione nominale massima degli Aggregati
Cons =	S3 - Semifluida		Consistenza
$c$ =	40	mm	Copriferro minimo
$r$ =	40	mm	Ricoprimento minimo

#### Valori Caratteristici

$R_{ck}$ =	35	MPa	Resistenza caratteristica cubica a compressione
$f_{ck}$ =	29.05	MPa	Resistenza caratteristica cilindrica a compressione
$f_{ctk,5\%}$ =	1.98	MPa	Resistenza caratteristica a trazione semplice - frattile 5%
$f_{ctk,95\%}$ =	3.69	MPa	Resistenza caratteristica a trazione semplice - frattile 95%
$f_{cfk,5\%}$ =	2.38	MPa	Resistenza caratteristica a trazione per flessione - frattile 5%
$f_{cfk,95\%}$ =	4.42	MPa	Resistenza caratteristica a trazione per flessione - frattile 95%

#### Valori Medi

$f_{cm}$ =	37.05	MPa	Resistenza media cilindrica a compressione
$f_{ctm}$ =	2.83	MPa	Resistenza media a trazione semplice
$f_{cfm}$ =	3.402	MPa	Resistenza media a trazione per flessione
$E_{cm}$ =	32588.1078	MPa	Modulo Elastico

#### Resistenze di Calcolo - SLU

$\gamma_c$ =	1.5		Coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo
$\alpha_c$ =	0.85		Coefficiente per i carichi di lunga durata

#### Resistenza di calcolo a compressione

$f_{cd}$ =	16.46	MPa	Resistenza di Calcolo a compressione
$f_{cd,sp<50}$ =	13.17	MPa	Resistenza di Calcolo a compressione ridotta per elementi piani con $Sp < 50$ mm

#### Resistenza di calcolo a trazione

$f_{ctd}$ =	1.32	MPa	Resistenza di Calcolo a trazione semplice
$f_{ctd,sp<50}$ =	1.06	MPa	Resistenza di Calcolo a trazione semplice ridotta per elementi piani con $Sp < 50$ mm
$f_{ctd}$ =	1.59	MPa	Resistenza di Calcolo a trazione pre flessione
$f_{ctd,sp<50}$ =	1.27	MPa	Resistenza di Calcolo a trazione per flessione ridotta per elementi piani con $Sp < 50$ mm

#### Resistenze di Calcolo - Azioni Eccezionali

$\gamma_c$ =	1.00		Coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo
--------------	------	--	--



$\alpha_c = 0.85$  Coefficiente per i carichi di lunga durata

**Resistenza di calcolo a compressione**

$f_{cd} = 24.69$  MPa Resistenza di Calcolo a compressione

$f_{cd.sp<50} = 19.75$  MPa Resistenza di Calcolo a compressione ridotta per elementi piani con  $Sp < 50$  mm

**Resistenza di calcolo a trazione**

$f_{ctd} = 1.98$  MPa Resistenza di Calcolo a trazione semplice

$f_{ctd.sp<50} = 1.59$  MPa Resistenza di Calcolo a trazione semplice ridotta per elementi piani con  $Sp < 50$  mm

$f_{cfd} = 2.38$  MPa Resistenza di Calcolo a trazione pre flessione

$f_{cfd.sp<50} = 1.91$  MPa Resistenza di Calcolo a trazione per flessione ridotta per elementi piani con  $Sp < 50$  mm

**Resistenze di Calcolo – SLE**

$\sigma_c = 17.43$  MPa tens. max calcestruzzo - combinazione rara

$\sigma_c = 13.0725$  MPa tens. max calcestruzzo - combinazione quasi permanente

**Tensioni Ammissibili**

$R_{ck} = 35$  Resistenza caratteristica cubica a compressione

$E_c = 33722$  MPa Modulo Elastico

$\gamma_c = 25$  kN/m<sup>3</sup> Peso Specifico

$f_{cd} = 18.15625$  MPa Tensione di Snervamento

$\sigma_{amm c} = 11.0$  MPa Tensione Ammissibile

$\tau_{c0} = 0.667$  MPa t in assenza armatura a taglio

$\tau_{c1} = 1.971$  MPa t in presenza di armatura a taglio

$n = 15$  Coff. Omogenizzazione

**3.2 Acciaio**

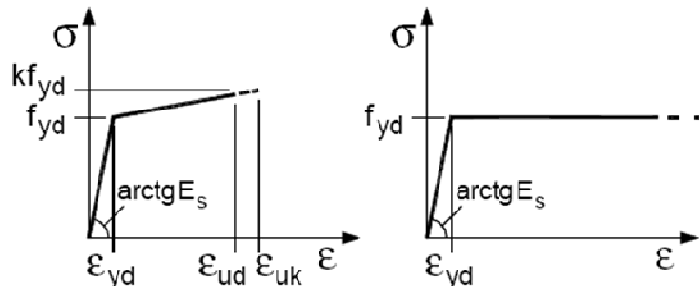
**3.2.1 Acciaio d'armatura**

**Legami Costitutivi**

$\epsilon_{ud} = 0.9 \epsilon_{uk}$

$\epsilon_{uk} = 0.9(A_{gt})_k$

$k = (f_t / f_y)_k$



**Valori Caratteristici**

$f_{y.nom} = 450$  MPa Valore nominale della tensione di snervamento

$f_{t.nom} = 540$  MPa Valore nominale della tensione di rottura

PROGETTO ESECUTIVO

$E_s = 206000$  MPa Modulo Elastico

**Requisiti prescritti**

$f_{yk,5\%} \geq f_{y,nom}$		Valore caratteristici con frattile 5% della tensione di snervamento (da prove su campioni in numero significativo)
$f_{tk,5\%} \geq f_{t,nom}$		Valore caratteristici con frattile 5% della tensione di rottura (da prove su campioni in numero significativo)
$(f_y / f_{y,nom})_{k,10\%} \leq 1.25$		Valore caratteristico con frattile del 10% del rapporto tra la tensione di snervamento effettiva, riscontrata sulla barra, ed il relativo valore nominale
$(f_t / f_y)_{k,10\%} \geq 1.25$		Valore caratteristico con frattile del 10% del rapporto tra la tensione di rottura effettiva e la tensione di snervamento
$< 1.35$		
$(A_{gt})_{k,10\%} \geq 7.5\%$		Valore caratteristico con frattile 10% dell'allungamento al massimo sforzo
$\varnothing < 12$ mm	4 $\varnothing$	
$12 \leq \varnothing \leq 16$ mm	5 $\varnothing$	Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90° e successivo raddrizzamento senza formazione di cricche:
$16 < \varnothing \leq 25$ mm	8 $\varnothing$	
$25 < \varnothing \leq 40$ mm	10 $\varnothing$	

**Resistenze di Calcolo - SLU**

$\gamma_s = 1.15$		Coefficiente parziale di sicurezza per l'acciaio
$f_{yd} = 391.30$	MPa	Resistenza di Calcolo a trazione
$\epsilon_{yd} = 0.190\%$	MPa	Deformazione a snervamento per trazione

**Resistenze di Calcolo - SLE**

$\gamma_s = 1.00$		Coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo
$f_{yd} = 450.00$	MPa	Resistenza di Calcolo a trazione
$\epsilon_{yd} = 0.218\%$		Deformazione a snervamento per trazione
$\sigma_s = 360.00$	MPa	Deformazione a snervamento per trazione

**Tensioni Ammissibili**

<b>Tipo = Feb44k</b>		
$E_s = 206000$	MPa	Modulo Elastico
$\gamma_c = 78.50$	kN/m <sup>3</sup>	Peso Specifico
$f_{yk} = 430.00$	MPa	Tensione caratteristica di snervamento
$\sigma_{amm s} = 255.00$	MPa	Tensione Ammissibile

## 4 PARAMETRI E COEFFICIENTI SISMICI

### 4.1 Generalità

Per il calcolo sismico dell'opera in esame si è fatto riferimento alle indicazioni del NTC 2008 che introducono il concetto di "pericolosità sismica di base" come elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche. Tale pericolosità è quella relativa a condizioni ideali di sito con superficie topografica orizzontale e terreno di tipo rigido (Categoria A).

Le indicazioni sulla pericolosità sismica di base dell'intero territorio nazionale è fornita dalla predetta normativa, in termini di:

- $a_g$  accelerazione orizzontale massima del terreno;
- $F_o$  valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
- $T_c^*$  periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;

Per ciascun nodo del reticolo di riferimento con maglia di circa 10 km in cui è stato suddiviso l'intero territorio nazionale. Tali parametri sono forniti anche in funzione della di ciascuno dei periodi di ritorno  $T_R$  considerati dalla pericolosità sismica; in particolare:

$T_R = 30; 50; 72; 101; 140; 201; 475; 975$  e  $2475$  anni.

Il periodo di ritorno dell'azione sismica  $T_R$  è ricavabile mediante la relazione:

$$T_R = - \frac{V_R}{\ln(1 - P_{V_R})}$$

dove:

- $V_R$  Vita di riferimento per l'azione sismica
- $P_{V_R}$  Probabilità di superamento nel periodo di riferimento

Nel caso in cui la pericolosità sismica su reticolo di riferimento con contempra il periodo di ritorno  $T_R$  corrispondente alla  $V_R$  e alla  $P_{V_R}$  fissate, il generico parametro caratterizzante la pericolosità sismica di base può essere ricavato mediante interpolazione logaritmica.

La vita di riferimento per l'azione sismica  $V_R$  è funzione della Vita nominale della struttura  $V_N$ , intesa come il numero di anni le quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo cui è destinata; e della classe d'uso  $C_U$  della stessa:

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

La probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{V_R}$  è funzione dello stato limite considerato.

PROGETTO ESECUTIVO

Nel caso in esame si è considerato:

Parametro	Valore	Descrizione	Rif. NTC08
Vita Nominale	$V_N = 50$ anni	Grandi Opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	§ 2.4.1
Classe d'uso	$Cl = II$	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.	§ 2.4.2
Coefficiente d'uso	$C_U = 1$		§ 2.4.3
Periodo di Riferimento per l'azione sismica	$V_R = 50$ anni		§ 2.4.3
Smorzamento	$\xi = 5\%$		
Fattore di Struttura Componenti Orizzontali	$q_H = 1.5$		§ 7.3.1
Fattore di Struttura Componenti Verticali	$q_V = 1.0$	Tipo Struttura	Ponte/Viadotto § 7.3.1

Cui corrispondono:

Stato Limite		$P_{VR}$	$T_R$ [anni]	
Stati Limite di Esercizio	SLO	Operatività	81%	30
	SLD	Danno	63%	50
Stati Limite Ultimi	SLV	Salvaguardia della Vita	10%	475
	SLC	Collasso	5%	975

\* per  $TR > 2475$  anni si assume  $TR = 2475$  come previsto dall'Allegato A delle NTC08

In cui si è distinto tra i 4 differenti stati limite introdotti dalla normativa di riferimento, due *Stati Limite di Esercizio*:

- **Stato Limite di Operatività (SLO):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed 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, 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 ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

e due *Stati Limite Ultimi*:

- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed 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 ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

La pericolosità sismica di base così determinata viene poi tramutata in *risposta sismica locale*, mediante degli opportuni coefficienti di amplificazione. Essi apportano delle variazioni così da poter tener conto delle condizioni del sito di ubicazione dell'opera sia in termini di stratigrafia del sottosuolo che di morfologia della superficie.

## 5 CRITERI DI PROGETTAZIONE E DI CALCOLO

L'opera di sostegno in esame è stata calcolata mediante il software *PAC* prodotto dall'*Aztec Informatica s.r.l.* appositamente concepito per all'analisi ed al calcolo di paratie, palancolate e scavi sbadacchiati.

Possono essere analizzate paratie di pali o micropali, disposti anche su più file, paratie a setti in c.a., paratie con sezione a T, e paratie metalliche a sezione generica. La paratia da analizzare può essere ancorata tramite una o più file di tiranti, attivi o passivi. Per il profilo del terreno, *PAC* consente la definizione per punti con possibilità di inserire sovraccarichi (concentrati e distribuiti) in qualsiasi punto o tratto del profilo. E' possibile stratificare il terreno di monte e di valle. La caratterizzazione del terreno avviene fornendo i valori dei parametri fisici e meccanici più comuni. La falda può essere messa in conto con quote differenti per la zona di monte e quella di valle. Date le caratteristiche del terreno, i sovraccarichi e l'altezza fuori terra della paratia, *PAC* calcola la profondità di infissione necessaria per l'equilibrio alla traslazione ed alla rotazione (problema di Progetto) con i metodi classici (diagramma di spinta attiva, resistenza passiva, contropinta). E' possibile impostare il fattore di sicurezza per il calcolo della profondità di infissione secondo le metodologie suggerite dagli Eurocodici. *PAC*, inoltre, consente di analizzare la paratia con il metodo delle molle equivalenti. La paratia è discretizzata, mediante il metodo degli elementi finiti, in una serie di elementi tipo trave, mentre il terreno viene schematizzato con una serie di molle a comportamento elastoplastico reagenti solo a compressione (problema di Verifica). Questo tipo di analisi presenta il vantaggio, rispetto ai metodi classici, di considerare la paratia con la sua effettiva rigidità ed è in grado di fornire una soluzione in termini di spostamenti (i metodi classici non sono in grado di fornire informazioni sugli spostamenti). Nel programma *PAC* è possibile selezionare il metodo con cui analizzare la paratia, nella opportuna finestra di opzioni di analisi. Nella fase di Verifica è possibile effettuare l'analisi per fasi di scavo. *PAC* esegue, inoltre, l'analisi di stabilità del pendio nei pressi dell'opera, così come prescrive la Normativa vigente, con il metodo di Fellenius o di Bishop. L'analisi della paratia può essere eseguita sia in condizioni statiche sia in condizioni sismiche. Nel caso di paratie di pali o a setti in c.a., *PAC* esegue il progetto delle armature in funzione delle direttive impostate dall'Utente. La verifica delle sezioni può essere eseguita con il metodo delle Tensioni Ammissibili oppure con il metodo degli Stati Limite Ultimi.

### 5.1 Calcolo della profondità di infissione

Nel caso generale l'equilibrio della paratia è assicurato dal bilanciamento fra la spinta attiva agente da monte sulla parte fuori terra, la resistenza passiva che si sviluppa da valle verso monte nella zona interrata e la contropinta che agisce da monte verso valle nella zona interrata al di sotto del centro di rotazione.

Nel caso di paratia tirantata nell'equilibrio della struttura intervengono gli sforzi dei tiranti (diretti verso monte); in questo caso, se la paratia non è sufficientemente infissa, la contropinta sarà assente.

Pertanto il primo passo da compiere nella progettazione è il calcolo della profondità di infissione necessaria ad assicurare l'equilibrio fra i carichi agenti (spinta attiva, resistenza passiva, contropinta, tiro dei tiranti ed eventuali carichi esterni).

Nel calcolo classico delle paratie si suppone che essa sia infinitamente rigida e che possa subire una rotazione intorno ad un punto (*Centro di rotazione*) posto al di sotto della linea di fondo scavo (per paratie non tirantate).

Occorre pertanto costruire i diagrammi di spinta attiva e di spinta (resistenza) passiva agenti sulla paratia. A partire da questi si costruiscono i diagrammi risultanti.

Nella costruzione dei diagrammi risultanti si adotterà la seguente notazione:

- $K_{am}$  diagramma della spinta attiva agente da monte
- $K_{av}$  diagramma della spinta attiva agente da valle sulla parte interrata
- $K_{pm}$  diagramma della spinta passiva agente da monte
- $K_{pv}$  diagramma della spinta passiva agente da valle sulla parte interrata.

Calcolati i diagrammi suddetti si costruiscono i diagrammi risultanti

$$D_m = K_{pm} - K_{av} \quad \text{e} \quad D_v = K_{pv} - K_{am}$$

Questi diagrammi rappresentano i valori limiti delle pressioni agenti sulla paratia. La soluzione è ricercata per tentativi facendo variare la profondità di infissione e la posizione del centro di rotazione fino a quando non si raggiunge l'equilibrio sia alla traslazione che alla rotazione.

Per mettere in conto un fattore di sicurezza nel calcolo delle profondità di infissione si può agire con tre modalità :

1. applicazione di un coefficiente moltiplicativo alla profondità di infissione strettamente necessaria per l'equilibrio
2. riduzione della spinta passiva tramite un coefficiente di sicurezza
3. riduzione delle caratteristiche del terreno tramite coefficienti di sicurezza su  $\tan(\phi)$  e sulla coesione

## 5.2 Calcolo della spinte

### 5.2.1 Metodo di Culmann (metodo del cuneo di tentativo)

Il metodo di Culmann adotta le stesse ipotesi di base del metodo di Coulomb: cuneo di spinta a monte della parete che si muove rigidamente lungo una superficie di rottura rettilinea o spezzata (nel caso di terreno stratificato).

La differenza sostanziale è che mentre Coulomb considera un terrapieno con superficie a pendenza costante e carico uniformemente distribuito (il che permette di ottenere una espressione in forma chiusa per il valore della spinta) il metodo di Culmann consente di analizzare situazioni con profilo di forma generica e carichi sia concentrati che distribuiti comunque disposti. Inoltre, rispetto al metodo di Coulomb, risulta più immediato e lineare tener conto della coesione del masso spingente. Il metodo di Culmann, nato come metodo essenzialmente grafico, si è evoluto per essere trattato mediante analisi numerica (noto in questa forma come metodo del cuneo di tentativo).

I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

- si impone una superficie di rottura (angolo di inclinazione  $\rho$  rispetto all'orizzontale) e si considera il cuneo di spinta delimitato dalla superficie di rottura stessa, dalla parete su cui si calcola la spinta e dal profilo del terreno;
- si valutano tutte le forze agenti sul cuneo di spinta e cioè peso proprio ( $W$ ), carichi sul terrapieno, resistenza per attrito e per coesione lungo la superficie di rottura ( $R$  e  $C$ ) e resistenza per coesione lungo la parete ( $A$ );
- dalle equazioni di equilibrio si ricava il valore della spinta  $S$  sulla parete.

Questo processo viene iterato fino a trovare l'angolo di rottura per cui la spinta risulta massima nel caso di spinta attiva e minima nel caso di spinta passiva.

Le pressioni sulla parete di spinta si ricavano derivando l'espressione della spinta  $S$  rispetto all'ordinata  $z$ . Noto il diagramma delle pressioni si ricava il punto di applicazione della spinta.

### 5.2.2 Spinta in presenza di falda

Nel caso in cui a monte della parete sia presente la falda il diagramma delle pressioni risulta modificato a causa della sottospinta che l'acqua esercita sul terreno. Il peso di volume del terreno al di sopra della linea di falda non subisce variazioni. Viceversa al di sotto del livello di falda va considerato il peso di volume efficace

$$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w$$

dove  $\gamma_{sat}$  è il peso di volume saturo del terreno (dipendente dall'indice dei pori) e  $\gamma_w$  è il peso specifico dell'acqua. Quindi il diagramma delle pressioni al di sotto della linea di falda ha una pendenza minore. Al diagramma così ottenuto va sommato il diagramma triangolare legato alla pressione esercitata dall'acqua.

Il regime di filtrazione della falda può essere *idrostatico* o *idrodinamico*.

Nell'ipotesi di regime idrostatico sia la falda di monte che di valle viene considerata statica, la pressione in un punto a quota  $h$  al di sotto della linea freatica sarà dunque pari a:

$$\gamma_w \cdot h$$

### 5.2.3 Spinta in presenza di sisma

Per la valutazione dell'effetto che il sisma induce nella spinta trasmessa dal terreno alle paratie, il software fa ricorso ad una metodologia di analisi pseudo-statica secondo cui l'azione sismica viene definita mediante un'accelerazione equivalente costante nello spazio e nel tempo. Le componenti orizzontale e verticale  $a_h$  e  $a_v$  dell'accelerazione equivalente vengono ricavate in funzione delle proprietà del moto sismico atteso nel volume di terreno significativo per l'opera. In particolare nel caso delle paratie è possibile trascurare l'accelerazione verticale assumendo  $a_v = 0$ , mentre l'accelerazione orizzontale può essere valutata mediante la relazione:

$$a_h = k_h \cdot g = \alpha \cdot \beta \cdot a_{max}$$

dove:

- $a_h$  componente orizzontale dell'accelerazione sismica
- $k_h$  coefficiente sismico orizzontale
- $g$  costante gravitazionale
- $\alpha$  coefficiente ricavabile in funzione dell'altezza complessiva della paratia e della categoria del sottosuolo tramite il diagramma riportato nella figura 7.11.2 delle NTC 2008
- $\beta$  coefficiente funzione del massimo spostamento  $u_s$  che l'opera può tollerare senza riduzioni di resistenza, ricavabile dal diagramma riportato nella figura 7.11.3 delle NTC 2008. Per  $u_s = 0$  si assume  $\beta = 1$ . Deve in ogni caso aversi  $u_s \leq 0.005 \cdot H$ . Inoltre se  $\alpha \cdot \beta \leq 0.2$  si assume  $k_h = 0.2 \cdot a_{max} / g$
- $a_{max}$  accelerazione di picco valutata mediante analisi della risposta sismica locale mediante la relazione:  $a_{max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g$ ; essendo  $S_S$  ed  $S_T$  i coefficienti di amplificazione prima definiti e  $a_g$  l'accelerazione massima attesa su sito di riferimento rigido.

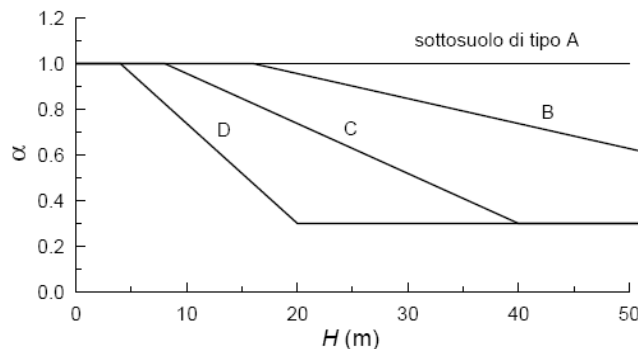


Figura 5.1. Diagramma per la valutazione del coefficiente di deformabilità  $\alpha$  (Fig. 7.11.2 NTC08)

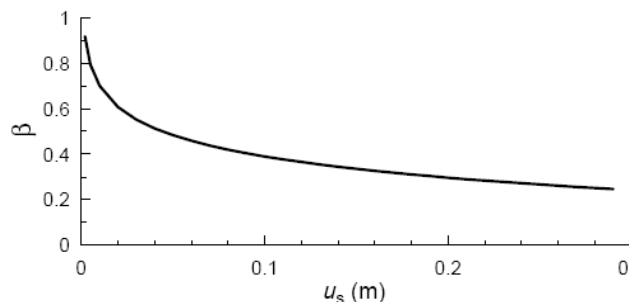




Figura 5.2. Diagramma per la valutazione del coefficiente di deformabilità  $\alpha$  (Fig. 7.11.2 NTC08)

Di conseguenza per l'analisi strutturale della paratie sotto l'effetto del sisma si sono considerate complessivamente le seguenti azioni:

- $f_{h_{par}}$  forze sismiche orizzontali dovute alla massa delle paratie che emergono dal terreno, considerate come forze uniformemente distribuite lungo le paratie stesse.
- $\Delta\sigma_h$  incremento della spinta del terreno per effetto del sisma calcolato come differenza tra la spinta attiva sismica calcolata mediante il metodo di *Mononobe-Okabe* e la spinta statica.
- $\Delta\sigma_{h-ovr}$  incremento della spinta del sovraccarico per effetto del sisma calcolato come differenza tra la spinta attiva sismica calcolata mediante il metodo di *Mononobe-Okabe* e la spinta statica.

Le forze sismiche relative alle masse strutturali sono state valutate moltiplicando i relativi pesi per i coefficienti di spinta  $k_h$  prima valutati per gli stati limite di danno e di salvaguardia della vita.

Il metodo di **Mononobe-Okabe** (cui fa riferimento la Normativa Italiana) considera nell'equilibrio del cuneo spingente la forza di inerzia dovuta al sisma. Indicando con  $W$  il peso del cuneo e con  $C$  il coefficiente di intensità sismica la forza di inerzia valutata come

$$F_i = W \cdot C$$

Indicando con  $S$  la spinta calcolata in condizioni statiche e con  $S_s$  la spinta totale in condizioni sismiche l'incremento di spinta è ottenuto come

$$DS = S - S_s$$

L'incremento di spinta viene applicato a 1/3 dell'altezza della parete stessa (diagramma triangolare con vertice in alto).

### 5.3 Analisi ad elementi finiti

La paratia è considerata come una struttura a prevalente sviluppo lineare (si fa riferimento ad un metro di larghezza) con comportamento a trave. Come caratteristiche geometriche della sezione si assume il momento d'inerzia  $I$  e l'area  $A$  per metro lineare di larghezza della paratia. Il modulo elastico è quello del materiale utilizzato per la paratia.

La parte fuori terra della paratia è suddivisa in elementi di lunghezza pari a circa 5 centimetri e più o meno costante per tutti gli elementi. La suddivisione è suggerita anche dalla eventuale presenza di tiranti, carichi e vincoli. Infatti questi elementi devono capitare in corrispondenza di un nodo. Nel caso di tirante è inserito un ulteriore elemento atto a schematizzarlo. Detta  $L$  la lunghezza libera del tirante,  $A_f$  l'area di armatura nel tirante ed  $E_s$  il modulo elastico dell'acciaio è inserito un elemento di lunghezza pari ad  $L$ , area  $A_f$ , inclinazione pari a quella del tirante e modulo elastico  $E_s$ . La parte interrata della paratia è suddivisa in elementi di lunghezza, come visto sopra, pari a circa 5 centimetri.

I carichi agenti possono essere di tipo distribuito (spinta della terra, diagramma aggiuntivo di carico, spinta della falda, diagramma di spinta sismica) oppure concentrati. I carichi distribuiti sono riportati sempre come carichi concentrati nei nodi (sotto forma di reazioni di incastro perfetto cambiate di segno).

#### 5.3.1 Schematizzazione del terreno

La modellazione del terreno si rifà al classico schema di Winkler. Esso è visto come un letto di molle indipendenti fra di loro reagenti solo a sforzo assiale di compressione. La rigidità della singola molla è legata alla costante di sottofondo orizzontale del terreno (*costante di Winkler*). La costante di sottofondo,  $k$ , è definita come la pressione unitaria che occorre applicare per ottenere uno spostamento unitario. Dimensionalmente è espressa quindi come rapporto fra una pressione ed uno spostamento al cubo  $[F/L^3]$ . È evidente che i risultati sono tanto migliori quanto più è elevato il numero delle molle che schematizzano il terreno. Se ( $m$  è l'interasse fra le molle (in cm) e  $b$  è la larghezza

della paratia in direzione longitudinale ( $b=100$  cm) occorre ricavare l'area equivalente,  $A_m$ , della molla (a cui si assegna una lunghezza pari a 100 cm). Indicato con  $E_m$  il modulo elastico del materiale costituente la paratia (in  $\text{Kg/cm}^2$ ), l'equivalenza, in termini di rigidità, si esprime come

$$A_m = 10000 \cdot \frac{k \cdot \Delta_m}{E_m}$$

Per le molle di estremità, in corrispondenza della linea di fondo scavo ed in corrispondenza dell'estremità inferiore della paratia, si assume una area equivalente dimezzata. Inoltre, tutte le molle hanno, ovviamente, rigidità flessionale e tagliante nulla e sono vincolate all'estremità alla traslazione. Quindi la matrice di rigidità di tutto il sistema paratia-terreno sarà data dall'assemblaggio delle matrici di rigidità degli elementi della paratia (elementi a rigidità flessionale, tagliante ed assiale), delle matrici di rigidità dei tiranti (solo rigidità assiale) e delle molle (rigidità assiale).

### 5.3.2 Modalità di analisi e comportamento elasto-plastico del terreno

A questo punto vediamo come è effettuata l'analisi. Un tipo di analisi molto semplice e veloce sarebbe l'analisi elastica (peraltro disponibile nel programma **PAC**). Ma si intuisce che considerare il terreno con un comportamento infinitamente elastico è una approssimazione alquanto grossolana. Occorre quindi introdurre qualche correttivo che meglio ci aiuti a modellare il terreno. Fra le varie soluzioni possibili una delle più praticabili e che fornisce risultati soddisfacenti è quella di considerare il terreno con comportamento elasto-plastico perfetto. Si assume cioè che la curva sforzi-deformazioni del terreno abbia andamento bilatero. Rimane da scegliere il criterio di plasticizzazione del terreno (molle). Si può fare riferimento ad un criterio di tipo cinematico: la resistenza della molla cresce con la deformazione fino a quando lo spostamento non raggiunge il valore  $X_{max}$ ; una volta superato tale spostamento limite non si ha più incremento di resistenza all'aumentare degli spostamenti. Un altro criterio può essere di tipo statico: si assume che la molla abbia una resistenza crescente fino al raggiungimento di una pressione  $p_{max}$ . Tale pressione  $p_{max}$  può essere imposta pari al valore della pressione passiva in corrispondenza della quota della molla. D'altronde un ulteriore criterio si può ottenere dalla combinazione dei due descritti precedentemente: plasticizzazione o per raggiungimento dello spostamento limite o per raggiungimento della pressione passiva. Dal punto di vista strettamente numerico è chiaro che l'introduzione di criteri di plasticizzazione porta ad analisi di tipo non lineare (non linearità meccaniche). Questo comporta un aggravio computazionale non indifferente. L'entità di tale aggravio dipende poi dalla particolare tecnica adottata per la soluzione. Nel caso di analisi elastica lineare il problema si risolve immediatamente con la soluzione del sistema fondamentale ( $K$  matrice di rigidità,  $u$  vettore degli spostamenti nodali,  $p$  vettore dei carichi nodali)

$$K \cdot u = p$$

Un sistema non lineare, invece, deve essere risolto mediante un'analisi al passo per tener conto della plasticizzazione delle molle. Quindi si procede per passi di carico, a partire da un carico iniziale  $p_0$ , fino a raggiungere il carico totale  $p$ . Ogni volta che si incrementa il carico si controllano eventuali plasticizzazioni delle molle. Se si hanno nuove plasticizzazioni la matrice globale andrà riassemblata escludendo il contributo delle molle plasticizzate. Il procedimento descritto se fosse applicato in questo modo sarebbe particolarmente gravoso (la fase di decomposizione della matrice di rigidità è particolarmente onerosa). Si ricorre pertanto a soluzioni più sofisticate che escludono il riassemblaggio e la decomposizione della matrice, ma usano la matrice elastica iniziale (*metodo di Riks*).

Senza addentrarci troppo nei dettagli diremo che si tratta di un metodo di Newton-Raphson modificato e ottimizzato. L'analisi condotta secondo questa tecnica offre dei vantaggi immediati. Essa restituisce l'effettiva deformazione della paratia e le relative sollecitazioni; dà informazioni dettagliate circa la deformazione e la pressione sul terreno. Infatti la deformazione è direttamente leggibile, mentre la pressione sarà data dallo sforzo nella molla diviso per l'area di influenza della molla stessa. Sappiamo quindi quale è la zona di terreno effettivamente plasticizzato. Inoltre dalle deformazioni ci si può rendere conto di un possibile meccanismo di rottura del terreno.

### 5.3.3 Analisi per fasi di scavo

L'analisi della paratia per fasi di scavo consente di ottenere informazioni dettagliate sullo stato di sollecitazione e deformazione dell'opera durante la fase di realizzazione. In ogni fase lo stato di sollecitazione e di deformazione dipende dalla "storia" dello scavo (soprattutto nel caso di paratie tirantate o vincolate).

Definite le varie altezze di scavo (in funzione della posizione di tiranti, vincoli, o altro) si procede per ogni fase al calcolo delle spinte inserendo gli elementi (tiranti, vincoli o carichi) attivi per quella fase, tenendo conto delle deformazioni dello stato precedente. Ad esempio, se sono presenti dei tiranti passivi si inserirà nell'analisi della fase la 'molla' che lo rappresenta. Indicando con  $u$  ed  $u_0$  gli spostamenti nella fase attuale e nella fase precedente, con  $s$  ed  $s_0$  gli sforzi nella fase attuale e nella fase precedente e con  $K$  la matrice di rigidità della 'struttura' la relazione sforzi-deformazione è esprimibile nella forma

$$s = s_0 + K \cdot (u - u_0)$$

In sostanza analizzare la paratia per fasi di scavo oppure "direttamente" porta a risultati abbastanza diversi sia per quanto riguarda lo stato di deformazione e sollecitazione dell'opera sia per quanto riguarda il tiro dei tiranti.

### 5.4 Verifica alla stabilità globale

La verifica alla stabilità globale del complesso paratia+terreno deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a 1.3.

È usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento è supposta circolare.

In particolare il programma esamina, per un dato centro 3 cerchi differenti: un cerchio passante per la linea di fondo scavo, un cerchio passante per il piede della paratia ed un cerchio passante per il punto medio della parte interrata. Si determina il minimo coefficiente di sicurezza su una maglia di centri di dimensioni 6x6 posta in prossimità della sommità della paratia. Il numero di strisce è pari a 50.

Il coefficiente di sicurezza fornito da Fellenius si esprime secondo la seguente formula:

$$\eta = \frac{\sum_{i=1}^n \left[ \frac{c_i \cdot b_i}{\cos \alpha_i} + (W_i \cdot \cos \alpha_i - u_i) \tan \phi_i \right]}{\sum_{i=1}^n W_i \cdot \sin \alpha_i}$$

dove  $n$  è il numero delle strisce considerate,  $b_i$  e  $\alpha_i$  sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia  $i$ -esima rispetto all'orizzontale,  $W_i$  è il peso della striscia  $i$ -esima e  $c_i$  e  $\phi_i$  sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia.

Inoltre  $u_i$  ed  $l_i$  rappresentano la pressione neutra lungo la base della striscia e la lunghezza della base della striscia

$$(l_i = b_i / \cos \alpha_i).$$

Quindi, assunto un cerchio di tentativo si suddivide in  $n$  strisce e dalla formula precedente si ricava  $\eta$ . Questo procedimento è eseguito per il numero di centri prefissato e è assunto come coefficiente di sicurezza della scarpata il minimo dei coefficienti così determinati.

## 6 TABULATI DI CALCOLO DELL'OPERA

### 6.1 Tabulati Paratia di pali tipo "B14"

#### Geometria paratia

Tipo paratia: **Paratia di pali**

Altezza fuori terra	5.00	[m]
Profondità di infissione	4.00	[m]
Altezza totale della paratia	9.00	[m]
Lunghezza paratia	7.00	[m]

Numero di file di pali	1	
Interasse fra i pali della fila	0.70	[m]
Diametro dei pali	54.00	[cm]
Numero totale di pali	10	
Numero di pali per metro lineare	1.43	

Geometria cordoli

*Simbologia adottata*

n° numero d'ordine del cordolo  
 Y posizione del cordolo sull'asse della paratia espresso in [m]

Cordoli in calcestruzzo

B Base della sezione del cordolo espresso in [cm]  
 H Altezza della sezione del cordolo espresso in [cm]

Cordoli in acciaio

A Area della sezione in acciaio del cordolo espresso in [cmq]  
 W Modulo di resistenza della sezione del cordolo espresso in [cm<sup>3</sup>]

n°	Y	Tipo	B	H	A	W
1	0.00	Calcestruzzo	70.00	70.00	--	--

Geometria profilo terreno

*Simbologia adottata e sistema di riferimento*

(Sistema di riferimento con origine in testa alla paratia, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

N numero ordine del punto

X ascissa del punto espressa in [m]

Y ordinata del punto espressa in [m]

A inclinazione del tratto espressa in [°]

**Profilo di monte**

N	X	Y	A
2	1.80	0.00	0.00
3	4.24	1.66	34.23
4	10.64	2.18	4.65
5	20.61	2.98	4.59

PROGETTO ESECUTIVO

6 23.09 3.18 4.61

**Profilo di valle**

N	X	Y	A
1	-10.00	-5.00	0.00
2	0.00	-5.00	0.00

Descrizione terreni

*Simbologia adottata*

n° numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia

Descrizione Descrizione del terreno

$\gamma$  peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]

$\gamma_s$  peso di volume saturo del terreno espresso [kg/mc]

$\phi$  angolo d'attrito interno del terreno espresso in [°]

$\delta$  angolo d'attrito terreno/paratia espresso in [°]

c coesione del terreno espressa in [kg/cm<sup>q</sup>]

n°	Descrizione	$\gamma$	$\gamma_s$	$\phi$	$\delta$	c
1	3B_1-TRV1	2020.00	2120.00	19.75	13.17	0.100
2	3B_1-TRV2a	2030.00	2130.00	19.30	12.87	0.360
3	3B_1-TRV2b	2050.00	2150.00	21.66	14.44	0.230

Descrizione stratigrafia

*Simbologia adottata*

n° numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia

sp spessore dello strato in corrispondenza dell'asse della paratia espresso in [m]

kw costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm<sup>2</sup>/cm

$\alpha$  inclinazione dello strato espressa in GRADI(°)

Terreno Terreno associato allo strato

n°	sp	$\alpha$	kw	Terreno
1	2.80	0.00	0.57	3B_1-TRV1
2	7.50	0.00	2.33	3B_1-TRV2a
3	30.00	0.00	6.54	3B_1-TRV2b

Caratteristiche materiali utilizzati

**Calcestruzzo**

Peso specifico 2500 [kg/mc]

Classe di Resistenza C28/35

Resistenza caratteristica a compressione  $R_{ck}$  357 [kg/cm<sup>q</sup>]

Tensione ammissibile a compressione  $\sigma_c$  112 [kg/cm<sup>q</sup>]

Tensione tangenziale ammissibile  $\tau_{c0}$  6.8 [kg/cm<sup>q</sup>]

Tensione tangenziale ammissibile  $\tau_{c1}$  19.9 [kg/cm<sup>q</sup>]

**Acciaio**

Tipo B450C

PROGETTO ESECUTIVO

Tensione ammissibile $\sigma_{fa}$	4589	[kg/cmq]
Tensione di snervamento $f_{yk}$	4589	[kg/cmq]

**Caratteristiche acciaio cordoli in c.a.**

Tipo	B450C	
Tensione ammissibile $\sigma_{fa}$	4589	[kg/cmq]
Tensione di snervamento $f_{yk}$	4589	[kg/cmq]

Condizioni di carico

*Simbologia e convenzioni adottate*

Le ascisse dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia  
 Le ordinate dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia  
 $F_x$  Forza orizzontale espressa in [kg], positiva da monte verso valle  
 $F_y$  Forza verticale espressa in [kg], positiva verso il basso  
 $M$  Momento espresso in [kgm], positivo ribaltante  
 $Q_i, Q_f$  Intensità dei carichi distribuiti sul profilo espresse in [kg/mq]  
 $V_i, V_s$  Intensità dei carichi distribuiti sulla paratia espresse in [kg/mq], positivi da monte verso valle  
 $R$  Risultante carico distribuito sulla paratia espressa in [kg]

Condizione n° 1

Carico distribuito sul profilo	$X_i = 10.64$	$X_f = 20.61$	$Q_i = 1000$	$Q_f = 1000$
Carico distribuito sul profilo	$X_i = 20.61$	$X_f = 23.09$	$Q_i = 15000$	$Q_f = 15000$

Combinazioni di carico

Nella tabella sono riportate le condizioni di carico di ogni combinazione con il relativo coefficiente di partecipazione.

Combinazione n° 1 [DA1 - A1M1]

Spinta terreno

Combinazione n° 2 [DA1- A2M2]

Spinta terreno

Combinazione n° 3 [DA1 - A1M1]

Spinta terreno

Condizione 1 (Condizione 1) x 1.00

Combinazione n° 4 [DA1- A2M2]

Spinta terreno

Condizione 1 (Condizione 1) x 1.00

Combinazione n° 5 [DA1 - A1M1]

Spinta terreno

Condizione 1 (Condizione 1 / sisma V+) x 1.00

Combinazione n° 6 [DA1- A2M2]

Spinta terreno

Condizione 1 (Condizione 1 / sisma V+) x 1.00

PROGETTO ESECUTIVO

Combinazione n° 7

Spinta terreno  
 Condizione 1 (Condizione 1) x 1.00

Combinazione n° 8

Spinta terreno  
 Condizione 1 (Condizione 1) x 1.00

Combinazione n° 9

Spinta terreno  
 Condizione 1 (Condizione 1) x 1.00

Combinazione n° 10

Spinta terreno  
 Condizione 1 (Condizione 1 / sisma V+) x 1.00

Combinazione n° 11

Spinta terreno  
 Condizione 1 (Condizione 1 / sisma V+) x 1.00

Combinazione n° 12

Spinta terreno  
 Condizione 1 (Condizione 1 / sisma V+) x 1.00

Impostazioni di progetto

Spinte e verifiche secondo :

Norme Tecniche sulle Costruzioni 14/01/2008

**Coefficienti di partecipazione combinazioni statiche**

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>A1</i>	<i>A2</i>
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1.30	1.00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1.50	1.30

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>			<i>M1</i>	<i>M2</i>
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi}$		1.00	1.25
Coesione efficace	$\gamma_c$		1.00	1.25
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$		1.00	1.40
Resistenza a compressione uniassiale	$\gamma_{qu}$		1.00	1.60
Peso dell'unità di volume	$\gamma_r$		1.00	1.00

**Coefficienti di partecipazione combinazioni sismiche**

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>A1</i>	<i>A2</i>
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1.00	1.00

PROGETTO ESECUTIVO

Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1.00	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri		M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi'}$	1.00	1.25
Coesione efficace	$\gamma_c'$	1.00	1.25
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1.00	1.40
Resistenza a compressione uniassiale	$\gamma_{qu}$	1.00	1.60
Peso dell'unità di volume	$\gamma_\gamma$	1.00	1.00

Verifica materiali : Stato Limite Ultimo

Impostazioni di analisi

**Analisi per Combinazioni di Carico.**

Rottura del terreno      Pressione passiva

Influenza  $\delta$  (angolo di attrito terreno-paratia)

Sia nel calcolo dei coefficienti di spinta  $K_a$  e  $K_p$  che nelle inclinazioni della spinta attiva e passiva

Stabilità globale

Metodo di Fellenius

Impostazioni analisi sismica

**Combinazioni SLU**

Accelerazione al suolo [m/s <sup>2</sup> ]	0.743
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale $F_0$	2.584
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante $T_c^*$	0.430
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.200
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (Ss)	1.500
Coefficiente di riduzione per tipo di sottosuolo ( $\alpha$ )	0.978
Spostamento massimo senza riduzione di resistenza $U_s$ [m]	0.045
Coefficiente di riduzione per spostamento massimo ( $\beta$ )	0.495

Coefficiente di intensità sismica (percento)      6.601

**Combinazioni SLE**

Accelerazione al suolo [m/s <sup>2</sup> ]	0.344
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale $F_0$	2.514
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante $T_c^*$	0.265
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.200
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (Ss)	1.500
Coefficiente di riduzione per tipo di sottosuolo ( $\alpha$ )	0.978



PROGETTO ESECUTIVO

Spostamento massimo senza riduzione di resistenza $U_s$ [m]	0.045
Coefficiente di riduzione per spostamento massimo ( $\beta$ )	0.495
Coefficiente di intensità sismica (per cento)	3.056
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale (kv)	0.00

Influenza sisma nella spinta attiva da monte  
 Forma diagramma incremento sismico : Triangolare con vertice in alto.

Analisi della spinta

**Pressioni terreno**

*Simbologia adottata*

Sono riportati i valori delle pressioni in corrispondenza delle sezioni di calcolo  
 Y ordinata rispetto alla testa della paratia espressa in [m] e positiva verso il basso.  
 Le pressioni sono tutte espresse in [kg/mq]

$\sigma_{am}$	sigma attiva da monte
$\sigma_{av}$	sigma attiva da valle
$\sigma_{pm}$	sigma passiva da monte
$\sigma_{pv}$	sigma passiva da valle
$\delta_a$	inclinazione spinta attiva espressa in [°]
$\delta_p$	inclinazione spinta passiva espressa in [°]

**Combinazione nr. 1**

Nr.	Y(m)	$\sigma_{am}$	$\sigma_{av}$	$\sigma_{pm}$	$\sigma_{pv}$	$\delta_a$	$\delta_p$
1	0.00	0	0	4083	0	13.2	13.2
11	1.00	0	0	12553	0	13.2	13.2
21	2.00	1050	0	49009	0	13.2	13.2
31	2.82	0	0	52929	0	12.9	12.9
41	3.80	1470	0	59991	0	12.9	12.9
51	4.80	2879	0	68305	0	12.9	12.9
61	5.80	4217	0	76829	20417	12.9	12.9
71	6.80	5523	0	85353	27751	12.9	12.9
81	7.80	6815	0	93916	35072	12.9	12.9
91	8.80	8096	0	102499	42383	12.9	12.9

**Combinazione nr. 2**

Nr.	Y(m)	$\sigma_{am}$	$\sigma_{av}$	$\sigma_{pm}$	$\sigma_{pv}$	$\delta_a$	$\delta_p$
1	0.00	0	0	2759	0	10.6	10.6
11	1.00	0	0	7408	0	10.6	10.6
21	2.00	968	0	23552	0	10.6	10.6
31	2.82	0	0	34358	0	10.4	10.4
41	3.80	1462	0	37537	0	10.4	10.4
51	4.80	2712	0	42377	0	10.4	10.4
61	5.80	3902	0	47497	13498	10.4	10.4
71	6.80	5066	0	52612	18013	10.4	10.4
81	7.80	6218	0	57763	22520	10.4	10.4
91	8.80	7362	0	62932	27021	10.4	10.4

PROGETTO ESECUTIVO

**Combinazione nr. 3**

Nr.	Y(m)	$\sigma_{am}$	$\sigma_{av}$	$\sigma_{pm}$	$\sigma_{pv}$	$\delta_a$	$\delta_p$
1	0.00	0	0	4083	0	13.2	13.2
11	1.00	0	0	12553	0	13.2	13.2
21	2.00	1050	0	49009	0	13.2	13.2
31	2.82	0	0	52929	0	12.9	12.9
41	3.80	1470	0	59991	0	12.9	12.9
51	4.80	2879	0	72311	0	12.9	12.9
61	5.80	4217	0	81929	20417	12.9	12.9
71	6.80	5523	0	90103	27751	12.9	12.9
81	7.80	6815	0	98485	35072	12.9	12.9
91	8.80	8096	0	106961	42383	12.9	12.9

**Combinazione nr. 4**

Nr.	Y(m)	$\sigma_{am}$	$\sigma_{av}$	$\sigma_{pm}$	$\sigma_{pv}$	$\delta_a$	$\delta_p$
1	0.00	0	0	2759	0	10.6	10.6
11	1.00	0	0	7408	0	10.6	10.6
21	2.00	968	0	23552	0	10.6	10.6
31	2.82	0	0	34358	0	10.4	10.4
41	3.80	1462	0	37537	0	10.4	10.4
51	4.80	2712	0	42377	0	10.4	10.4
61	5.80	3902	0	50367	13498	10.4	10.4
71	6.80	5066	0	55666	18013	10.4	10.4
81	7.80	6218	0	60633	22520	10.4	10.4
91	8.80	7605	0	65698	27021	10.4	10.4

**Combinazione nr. 5**

Nr.	Y(m)	$\sigma_{am}$	$\sigma_{av}$	$\sigma_{pm}$	$\sigma_{pv}$	$\delta_a$	$\delta_p$
1	0.00	0	0	4082	0	13.2	13.2
11	1.00	79	0	10659	0	13.2	13.2
21	2.00	676	0	42112	0	13.2	13.2
31	2.82	222	0	44122	0	12.9	12.9
41	3.80	299	0	49630	0	12.9	12.9
51	4.80	1527	0	59625	0	12.9	12.9
61	5.80	2172	0	66460	19061	12.9	12.9
71	6.80	3172	0	72781	24707	12.9	12.9
81	7.80	4161	0	79245	30343	12.9	12.9
91	8.80	5143	0	85774	35972	12.9	12.9

**Combinazione nr. 6**

Nr.	Y(m)	$\sigma_{am}$	$\sigma_{av}$	$\sigma_{pm}$	$\sigma_{pv}$	$\delta_a$	$\delta_p$
1	0.00	0	0	2759	0	10.6	10.6
11	1.00	133	0	7408	0	10.6	10.6
21	2.00	1235	0	23552	0	10.6	10.6
31	2.82	376	0	34358	0	10.4	10.4
41	3.80	1969	0	37537	0	10.4	10.4
51	4.80	3351	0	42377	0	10.4	10.4
61	5.80	3902	0	50367	13498	10.4	10.4
71	6.80	5066	0	55666	18013	10.4	10.4
81	7.80	6218	0	60633	22520	10.4	10.4
91	8.80	7605	0	65698	27021	10.4	10.4

PROGETTO ESECUTIVO

**Combinazione nr. 7**

Nr.	Y(m)	$\sigma_{am}$	$\sigma_{av}$	$\sigma_{pm}$	$\sigma_{pv}$	$\delta_a$	$\delta_p$
1	0.00	0	0	4082	0	13.2	13.2
11	1.00	0	0	10659	0	13.2	13.2
21	2.00	518	0	42112	0	13.2	13.2
31	2.82	0	0	44122	0	12.9	12.9
41	3.80	0	0	49630	0	12.9	12.9
51	4.80	1149	0	59625	0	12.9	12.9
61	5.80	2172	0	66460	19061	12.9	12.9
71	6.80	3172	0	72781	24707	12.9	12.9
81	7.80	4161	0	79245	30343	12.9	12.9
91	8.80	5143	0	85774	35972	12.9	12.9

**Combinazione nr. 8**

Nr.	Y(m)	$\sigma_{am}$	$\sigma_{av}$	$\sigma_{pm}$	$\sigma_{pv}$	$\delta_a$	$\delta_p$
1	0.00	0	0	4082	0	13.2	13.2
11	1.00	0	0	10659	0	13.2	13.2
21	2.00	518	0	42112	0	13.2	13.2
31	2.82	0	0	44122	0	12.9	12.9
41	3.80	0	0	49630	0	12.9	12.9
51	4.80	1149	0	59625	0	12.9	12.9
61	5.80	2172	0	66460	19061	12.9	12.9
71	6.80	3172	0	72781	24707	12.9	12.9
81	7.80	4161	0	79245	30343	12.9	12.9
91	8.80	5143	0	85774	35972	12.9	12.9

**Combinazione nr. 9**

Nr.	Y(m)	$\sigma_{am}$	$\sigma_{av}$	$\sigma_{pm}$	$\sigma_{pv}$	$\delta_a$	$\delta_p$
1	0.00	0	0	4082	0	13.2	13.2
11	1.00	0	0	10659	0	13.2	13.2
21	2.00	518	0	42112	0	13.2	13.2
31	2.82	0	0	44122	0	12.9	12.9
41	3.80	0	0	49630	0	12.9	12.9
51	4.80	1149	0	59625	0	12.9	12.9
61	5.80	2172	0	66460	19061	12.9	12.9
71	6.80	3172	0	72781	24707	12.9	12.9
81	7.80	4161	0	79245	30343	12.9	12.9
91	8.80	5143	0	85774	35972	12.9	12.9

**Combinazione nr. 10**

Nr.	Y(m)	$\sigma_{am}$	$\sigma_{av}$	$\sigma_{pm}$	$\sigma_{pv}$	$\delta_a$	$\delta_p$
1	0.00	0	0	4082	0	13.2	13.2
11	1.00	31	0	10659	0	13.2	13.2
21	2.00	581	0	42112	0	13.2	13.2
31	2.82	88	0	44122	0	12.9	12.9
41	3.80	119	0	49630	0	12.9	12.9
51	4.80	1299	0	59625	0	12.9	12.9
61	5.80	2172	0	66460	19061	12.9	12.9
71	6.80	3172	0	72781	24707	12.9	12.9
81	7.80	4161	0	79245	30343	12.9	12.9
91	8.80	5143	0	85774	35972	12.9	12.9

**Combinazione nr. 11**

PROGETTO ESECUTIVO

Nr.	Y(m)	$\sigma_{am}$	$\sigma_{av}$	$\sigma_{pm}$	$\sigma_{pv}$	$\delta_a$	$\delta_p$
1	0.00	0	0	4082	0	13.2	13.2
11	1.00	31	0	10659	0	13.2	13.2
21	2.00	581	0	42112	0	13.2	13.2
31	2.82	88	0	44122	0	12.9	12.9
41	3.80	119	0	49630	0	12.9	12.9
51	4.80	1299	0	59625	0	12.9	12.9
61	5.80	2172	0	66460	19061	12.9	12.9
71	6.80	3172	0	72781	24707	12.9	12.9
81	7.80	4161	0	79245	30343	12.9	12.9
91	8.80	5143	0	85774	35972	12.9	12.9

**Combinazione nr. 12**

Nr.	Y(m)	$\sigma_{am}$	$\sigma_{av}$	$\sigma_{pm}$	$\sigma_{pv}$	$\delta_a$	$\delta_p$
1	0.00	0	0	4082	0	13.2	13.2
11	1.00	31	0	10659	0	13.2	13.2
21	2.00	581	0	42112	0	13.2	13.2
31	2.82	88	0	44122	0	12.9	12.9
41	3.80	119	0	49630	0	12.9	12.9
51	4.80	1299	0	59625	0	12.9	12.9
61	5.80	2172	0	66460	19061	12.9	12.9
71	6.80	3172	0	72781	24707	12.9	12.9
81	7.80	4161	0	79245	30343	12.9	12.9
91	8.80	5143	0	85774	35972	12.9	12.9

Analisi della paratia

**L'analisi è stata eseguita per combinazioni di carico**

La paratia è analizzata con il metodo degli elementi finiti.

Essa è discretizzata in 100 elementi fuori terra e 80 elementi al di sotto della linea di fondo scavo.

Le molle che simulano il terreno hanno un comportamento elastoplastico: una volta raggiunta la pressione passiva non reagiscono ad ulteriori incremento di carico.

Altezza fuori terra della paratia	5.00	[m]
Profondità di infissione	4.00	[m]
Altezza totale della paratia	9.00	[m]

**Forze agenti sulla paratia**

*Simbologia adottata e sistema di riferimento*

Tutte le forze sono espresse in [kg] e si intendono positive se dirette da monte verso valle. Esse sono riferite ad un metro di larghezza della paratia

$Y_a$  rappresenta il punto di applicazione, rispetto alla testa della paratia, espresso in [m]

**Combinazione nr. 1**

	Valore	$Y_a$
Spinta agente sulla paratia	4630.43	3.64
Risultante carichi esterni applicati	0.00	0.00
Resistenza passiva agente sulla paratia	-8215.77	5.73
Controspinta agente sulla paratia	3585.35	8.42

PROGETTO ESECUTIVO

Spostamento massimo della paratia	1.44	0.00
Punto di nullo del diagramma	5.00	[m]
Punto di inversione del diagramma	5.00	[m]
Centro di rotazione	7.29	[m]
Percentuale molle plasticizzate	0.00	[%]
Portanza di punta	27159.55	[kg]

**Combinazione nr. 2**

	<b>Valore</b>	<b>Y<sub>a</sub></b>
Spinta agente sulla paratia	4632.91	3.65
Risultante carichi esterni applicati	0.00	0.00
Resistenza passiva agente sulla paratia	-8235.14	5.74
Controspinta agente sulla paratia	3602.24	8.42
Spostamento massimo della paratia	1.44	0.00

Punto di nullo del diagramma	5.00	[m]
Punto di inversione del diagramma	5.15	[m]
Centro di rotazione	7.29	[m]
Percentuale molle plasticizzate	4.94	[%]
Portanza di punta	20057.06	[kg]

**Combinazione nr. 3**

	<b>Valore</b>	<b>Y<sub>a</sub></b>
Spinta agente sulla paratia	4630.43	3.64
Risultante carichi esterni applicati	0.00	0.00
Resistenza passiva agente sulla paratia	-8215.77	5.73
Controspinta agente sulla paratia	3585.35	8.42
Spostamento massimo della paratia	1.44	0.00

Punto di nullo del diagramma	5.00	[m]
Punto di inversione del diagramma	5.00	[m]
Centro di rotazione	7.29	[m]
Percentuale molle plasticizzate	0.00	[%]
Portanza di punta	27159.55	[kg]

**Combinazione nr. 4**

	<b>Valore</b>	<b>Y<sub>a</sub></b>
Spinta agente sulla paratia	4632.91	3.65
Risultante carichi esterni applicati	0.00	0.00
Resistenza passiva agente sulla paratia	-8235.14	5.74
Controspinta agente sulla paratia	3602.24	8.42
Spostamento massimo della paratia	1.44	0.00

Punto di nullo del diagramma	5.00	[m]
Punto di inversione del diagramma	5.15	[m]
Centro di rotazione	7.29	[m]

PROGETTO ESECUTIVO

Percentuale molle plasticizzate	4.94	[%]
Portanza di punta	20057.06	[kg]

**Combinazione nr. 5**

	<b>Valore</b>	<b>Y<sub>a</sub></b>
Spinta agente sulla paratia	1613.57	3.48
Incremento sismico della spinta	982.73	3.33
Risultante carichi esterni applicati	0.00	0.00
Resistenza passiva agente sulla paratia	-4804.31	5.72
Controspinta agente sulla paratia	2208.01	8.41
Spostamento massimo della paratia	0.88	0.00

Punto di nullo del diagramma	5.00	[m]
Punto di inversione del diagramma	5.00	[m]
Centro di rotazione	7.26	[m]
Percentuale molle plasticizzate	0.00	[%]
Portanza di punta	27159.55	[kg]

**Combinazione nr. 6**

	<b>Valore</b>	<b>Y<sub>a</sub></b>
Spinta agente sulla paratia	4605.35	3.65
Incremento sismico della spinta	1666.02	3.33
Risultante carichi esterni applicati	0.00	0.00
Resistenza passiva agente sulla paratia	-11692.14	5.82
Controspinta agente sulla paratia	5420.83	8.44
Spostamento massimo della paratia	2.23	0.00

Punto di nullo del diagramma	5.00	[m]
Punto di inversione del diagramma	5.60	[m]
Centro di rotazione	7.33	[m]
Percentuale molle plasticizzate	14.81	[%]
Portanza di punta	20057.06	[kg]

**Combinazione nr. 7**

	<b>Valore</b>	<b>Y<sub>a</sub></b>
Spinta agente sulla paratia	1638.62	3.47
Risultante carichi esterni applicati	0.00	0.00
Resistenza passiva agente sulla paratia	-3002.31	5.72
Controspinta agente sulla paratia	1363.69	8.41
Spostamento massimo della paratia	0.55	0.00

Punto di nullo del diagramma	5.00	[m]
Punto di inversione del diagramma	5.00	[m]
Centro di rotazione	7.26	[m]
Percentuale molle plasticizzate	0.00	[%]
Portanza di punta	27159.55	[kg]

PROGETTO ESECUTIVO

**Combinazione nr. 8**

	<b>Valore</b>	<b>Y<sub>a</sub></b>
Spinta agente sulla paratia	1638.62	3.47
Risultante carichi esterni applicati	0.00	0.00
Resistenza passiva agente sulla paratia	-3002.31	5.72
Controspinta agente sulla paratia	1363.69	8.41
Spostamento massimo della paratia	0.55	0.00
Punto di nullo del diagramma	5.00	[m]
Punto di inversione del diagramma	5.00	[m]
Centro di rotazione	7.26	[m]
Percentuale molle plasticizzate	0.00	[%]
Portanza di punta	27159.55	[kg]

**Combinazione nr. 9**

	<b>Valore</b>	<b>Y<sub>a</sub></b>
Spinta agente sulla paratia	1638.62	3.47
Risultante carichi esterni applicati	0.00	0.00
Resistenza passiva agente sulla paratia	-3002.31	5.72
Controspinta agente sulla paratia	1363.69	8.41
Spostamento massimo della paratia	0.55	0.00
Punto di nullo del diagramma	5.00	[m]
Punto di inversione del diagramma	5.00	[m]
Centro di rotazione	7.26	[m]
Percentuale molle plasticizzate	0.00	[%]
Portanza di punta	27159.55	[kg]

**Combinazione nr. 10**

	<b>Valore</b>	<b>Y<sub>a</sub></b>
Spinta agente sulla paratia	1628.68	3.47
Incremento sismico della spinta	390.08	3.33
Risultante carichi esterni applicati	0.00	0.00
Resistenza passiva agente sulla paratia	-3717.59	5.72
Controspinta agente sulla paratia	1698.83	8.41
Spostamento massimo della paratia	0.68	0.00
Punto di nullo del diagramma	5.00	[m]
Punto di inversione del diagramma	5.00	[m]
Centro di rotazione	7.26	[m]
Percentuale molle plasticizzate	0.00	[%]
Portanza di punta	27159.55	[kg]

**Combinazione nr. 11**

	<b>Valore</b>	<b>Y<sub>a</sub></b>
Spinta agente sulla paratia	1628.68	3.47
Incremento sismico della spinta	390.08	3.33

PROGETTO ESECUTIVO

Risultante carichi esterni applicati	0.00	0.00
Resistenza passiva agente sulla paratia	-3717.59	5.72
Controspinta agente sulla paratia	1698.83	8.41
Spostamento massimo della paratia	0.68	0.00

Punto di nullo del diagramma	5.00	[m]
Punto di inversione del diagramma	5.00	[m]
Centro di rotazione	7.26	[m]
Percentuale molle plasticizzate	0.00	[%]
Portanza di punta	27159.55	[kg]

**Combinazione nr. 12**

	<b>Valore</b>	<b>Y<sub>a</sub></b>
Spinta agente sulla paratia	1628.68	3.47
Incremento sismico della spinta	390.08	3.33
Risultante carichi esterni applicati	0.00	0.00
Resistenza passiva agente sulla paratia	-3717.59	5.72
Controspinta agente sulla paratia	1698.83	8.41
Spostamento massimo della paratia	0.68	0.00

Punto di nullo del diagramma	5.00	[m]
Punto di inversione del diagramma	5.00	[m]
Centro di rotazione	7.26	[m]
Percentuale molle plasticizzate	0.00	[%]
Portanza di punta	27159.55	[kg]

Pressioni orizzontali agenti sulla paratia

*Simbologia adottata*

N° numero d'ordine della sezione

Y ordinata della sezione espressa in [m]

P pressione sulla paratia espressa in [kg/mq] positiva da monte verso valle

**Pressioni terreno - Combinazione nr. 1**

<b>N°</b>	<b>Y</b>	<b>P</b>
1	0.00	0.00
11	0.50	0.00
21	1.00	0.00
31	1.50	461.60
41	2.00	1022.30
51	2.50	1569.61
61	3.00	0.00
71	3.50	233.20
81	4.00	1717.78
91	4.50	2405.62
1	5.00	-7905.37
11	5.50	-5793.85
21	6.00	-3905.83
31	6.50	-2241.40



PROGETTO ESECUTIVO

---

41	7.00	-771.66
51	7.50	549.00
61	8.00	1772.04
71	8.50	2945.00
81	9.00	4102.46

**Pressioni terreno - Combinazione nr. 2**

N°	Y	P
1	0.00	0.00
11	0.50	0.00
21	1.00	0.00
31	1.50	447.71
41	2.00	951.94
51	2.50	1354.61
61	3.00	0.00
71	3.50	1044.87
81	4.00	1692.28
91	4.50	2307.38
1	5.00	-6715.32
11	5.50	-5869.19
21	6.00	-3963.30
31	6.50	-2281.68
41	7.00	-795.70
51	7.50	540.30
61	8.00	1778.01
71	8.50	2965.28
81	9.00	4136.93

**Pressioni terreno - Combinazione nr. 3**

N°	Y	P
1	0.00	0.00
11	0.50	0.00
21	1.00	0.00
31	1.50	461.60
41	2.00	1022.30
51	2.50	1569.61
61	3.00	0.00
71	3.50	233.20
81	4.00	1717.78
91	4.50	2405.62
1	5.00	-7905.37
11	5.50	-5793.85
21	6.00	-3905.83
31	6.50	-2241.40
41	7.00	-771.66
51	7.50	549.00
61	8.00	1772.04
71	8.50	2945.00
81	9.00	4102.46

**Pressioni terreno - Combinazione nr. 4**

N°	Y	P
1	0.00	0.00
11	0.50	0.00

PROGETTO ESECUTIVO

21	1.00	0.00
31	1.50	447.71
41	2.00	951.94
51	2.50	1354.61
61	3.00	0.00
71	3.50	1044.87
81	4.00	1692.28
91	4.50	2307.38
1	5.00	-6715.32
11	5.50	-5869.19
21	6.00	-3963.30
31	6.50	-2281.68
41	7.00	-795.70
51	7.50	540.30
61	8.00	1778.01
71	8.50	2965.28
81	9.00	4136.93

**Pressioni terreno - Combinazione nr. 5**

N°	Y	P
1	0.00	0.00
11	0.50	38.28
21	1.00	76.55
31	1.50	189.68
41	2.00	657.75
51	2.50	1126.60
61	3.00	229.93
71	3.50	268.25
81	4.00	560.13
91	4.50	1158.35
1	5.00	-4695.22
11	5.50	-3419.47
21	6.00	-2284.53
31	6.50	-1288.39
41	7.00	-412.07
51	7.50	373.03
61	8.00	1098.64
71	8.50	1793.83
81	9.00	2479.63

**Pressioni terreno - Combinazione nr. 6**

N°	Y	P
1	0.00	0.00
11	0.50	65.50
21	1.00	131.01
31	1.50	644.22
41	2.00	1213.95
51	2.50	1682.13
61	3.00	393.33
71	3.50	1503.76
81	4.00	2216.72
91	4.50	2897.38
1	5.00	-6059.78
11	5.50	-8453.60
21	6.00	-6387.50

PROGETTO ESECUTIVO

---

31	6.50	-3757.08
41	7.00	-1420.98
51	7.50	687.59
61	8.00	2646.19
71	8.50	4527.46
81	9.00	6384.72

**Pressioni terreno - Combinazione nr. 7**

N°	Y	P
1	0.00	0.00
11	0.50	0.00
21	1.00	0.00
31	1.50	74.86
41	2.00	504.65
51	2.50	935.22
61	3.00	0.00
71	3.50	0.00
81	4.00	253.56
91	4.50	813.46
1	5.00	-2923.65
11	5.50	-2132.34
21	6.00	-1427.57
31	6.50	-808.37
41	7.00	-263.19
51	7.50	225.58
61	8.00	677.52
71	8.50	1110.62
81	9.00	1537.89

**Pressioni terreno - Combinazione nr. 8**

N°	Y	P
1	0.00	0.00
11	0.50	0.00
21	1.00	0.00
31	1.50	74.86
41	2.00	504.65
51	2.50	935.22
61	3.00	0.00
71	3.50	0.00
81	4.00	253.56
91	4.50	813.46
1	5.00	-2923.65
11	5.50	-2132.34
21	6.00	-1427.57
31	6.50	-808.37
41	7.00	-263.19
51	7.50	225.58
61	8.00	677.52
71	8.50	1110.62
81	9.00	1537.89

**Pressioni terreno - Combinazione nr. 9**

N°	Y	P
1	0.00	0.00

PROGETTO ESECUTIVO

11	0.50	0.00
21	1.00	0.00
31	1.50	74.86
41	2.00	504.65
51	2.50	935.22
61	3.00	0.00
71	3.50	0.00
81	4.00	253.56
91	4.50	813.46
1	5.00	-2923.65
11	5.50	-2132.34
21	6.00	-1427.57
31	6.50	-808.37
41	7.00	-263.19
51	7.50	225.58
61	8.00	677.52
71	8.50	1110.62
81	9.00	1537.89

**Pressioni terreno - Combinazione nr. 10**

N°	Y	P
1	0.00	0.00
11	0.50	15.19
21	1.00	30.39
31	1.50	120.44
41	2.00	565.42
51	2.50	1011.19
61	3.00	91.27
71	3.50	106.48
81	4.00	375.25
91	4.50	950.36
1	5.00	-3626.84
11	5.50	-2643.25
21	6.00	-1767.73
31	6.50	-998.91
41	7.00	-322.28
51	7.50	284.11
61	8.00	844.68
71	8.50	1381.81
81	9.00	1911.70

**Pressioni terreno - Combinazione nr. 11**

N°	Y	P
1	0.00	0.00
11	0.50	15.19
21	1.00	30.39
31	1.50	120.44
41	2.00	565.42
51	2.50	1011.19
61	3.00	91.27
71	3.50	106.48
81	4.00	375.25
91	4.50	950.36
1	5.00	-3626.84
11	5.50	-2643.25

PROGETTO ESECUTIVO

21	6.00	-1767.73
31	6.50	-998.91
41	7.00	-322.28
51	7.50	284.11
61	8.00	844.68
71	8.50	1381.81
81	9.00	1911.70

**Pressioni terreno - Combinazione nr. 12**

N°	Y	P
1	0.00	0.00
11	0.50	15.19
21	1.00	30.39
31	1.50	120.44
41	2.00	565.42
51	2.50	1011.19
61	3.00	91.27
71	3.50	106.48
81	4.00	375.25
91	4.50	950.36
1	5.00	-3626.84
11	5.50	-2643.25
21	6.00	-1767.73
31	6.50	-998.91
41	7.00	-322.28
51	7.50	284.11
61	8.00	844.68
71	8.50	1381.81
81	9.00	1911.70

Stabilità globale

Metodo di Fellenius

*Simbologia adottata*

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa alla paratia (spigolo contro terra)

Le strisce sono numerate da monte verso valle

N° numero d'ordine della striscia

W peso della striscia espresso in [kg]

$\alpha$  angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in gradi (positivo antiorario)

$\phi$  angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia

c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]

b larghezza della striscia espressa in [m]

L sviluppo della base della striscia espressa in [m] ( $L=b/\cos\alpha$ )

u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]

Ctn, Ctt contributo alla striscia normale e tangenziale del tirante espressa in [kg]

**Combinazione nr. 2**

Numero di cerchi analizzati

100

PROGETTO ESECUTIVO

Numero di strisce	50.00	
Cerchio critico		
Coordinate del centro	X[m]= 0.00	Y[m]= 2.70
Raggio del cerchio	R[m] = 11.70	
Ascissa a valle del cerchio	Xi[m]= -8.82	
Ascissa a monte del cerchio	Xs[m]= 11.69	
Coefficiente di sicurezza	C= 1.87	

**Caratteristiche delle strisce**

N°	W	$\alpha(^{\circ})$	$W\sin\alpha$	L	$\phi$	c	u	(Ctn; Ctt)
1	167.69	-47.47	-123.58	0.59	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
2	506.65	-44.64	-356.00	0.56	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
3	814.34	-41.94	-544.27	0.54	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
4	1094.69	-39.35	-694.11	0.52	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
5	1350.75	-36.85	-810.16	0.50	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
6	1584.90	-34.44	-896.27	0.49	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
7	1799.05	-32.09	-955.70	0.47	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
8	1994.77	-29.80	-991.30	0.46	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
9	2173.33	-27.56	-1005.54	0.45	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
10	2335.82	-25.37	-1000.66	0.44	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
11	2483.12	-23.21	-978.66	0.44	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
12	2616.00	-21.09	-941.37	0.43	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
13	2735.10	-19.00	-890.49	0.42	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
14	2840.95	-16.94	-827.59	0.42	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
15	2934.02	-14.89	-754.14	0.41	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
16	3014.69	-12.87	-671.56	0.41	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
17	3083.28	-10.86	-581.17	0.41	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
18	3140.05	-8.87	-484.26	0.41	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
19	3185.23	-6.89	-382.06	0.40	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
20	3218.97	-4.91	-275.79	0.40	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
21	3241.39	-2.95	-166.63	0.40	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
22	3252.59	-0.98	-55.73	0.40	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
23	7612.88	1.02	135.85	0.42	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
24	7600.23	3.07	406.87	0.42	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
25	7574.90	5.12	675.86	0.42	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
26	7536.78	7.18	941.44	0.42	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
27	7542.51	9.24	1211.35	0.42	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
28	7706.24	11.32	1512.68	0.43	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
29	7868.17	13.41	1825.28	0.43	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
30	8016.37	15.53	2145.77	0.43	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
31	8150.43	17.66	2472.56	0.44	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
32	8269.89	19.82	2803.96	0.44	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
33	8298.97	22.01	3110.03	0.45	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
34	8178.99	24.23	3357.00	0.46	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
35	8039.77	26.50	3586.83	0.47	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
36	7882.90	28.81	3798.22	0.48	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
37	7707.22	31.17	3988.69	0.49	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
38	7511.33	33.59	4155.46	0.50	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
39	7293.52	36.08	4295.34	0.52	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
40	7051.69	38.65	4404.69	0.53	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
41	6783.22	41.33	4479.20	0.56	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
42	6484.75	44.11	4513.70	0.58	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
43	6151.89	47.03	4501.75	0.61	15.65	0.288	0.000	(0; 0)

PROGETTO ESECUTIVO

44	5778.72	50.13	4435.16	0.65	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
45	5356.93	53.44	4302.93	0.70	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
46	4874.14	57.04	4089.50	0.77	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
47	4310.53	61.03	3771.05	0.86	15.84	0.184	0.000	(0; 0)
48	3631.97	65.61	3307.95	1.01	16.03	0.080	0.000	(0; 0)
49	2752.47	71.28	2606.82	1.30	16.03	0.080	0.000	(0; 0)
50	1143.77	81.05	1129.84	2.68	16.03	0.080	0.000	(0; 0)

Resistenza a taglio paratia= 0.00 [kg]

$\Sigma W_i = 236678.53$  [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 67578.74$  [kg]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 57231.33$  [kg]

$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 68998.49$  [kg]

**Combinazione nr. 4**

Numero di cerchi analizzati 100  
 Numero di strisce 50.00

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= 0.00 Y[m]= 4.50

Raggio del cerchio R[m] = 13.50

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -9.60

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 13.34

Coefficiente di sicurezza C= 1.82

**Caratteristiche delle strisce**

N°	W	$\alpha(^{\circ})$	$W \sin \alpha$	L	$\phi$	c	u	(Ctn; Ctt)
1	192.57	-44.01	-133.79	0.64	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
2	584.62	-41.36	-386.34	0.61	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
3	942.45	-38.82	-590.85	0.59	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
4	1269.70	-36.37	-752.98	0.57	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
5	1569.30	-34.00	-877.45	0.55	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
6	1843.56	-31.68	-968.32	0.54	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
7	2094.41	-29.43	-1029.10	0.53	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
8	2323.44	-27.22	-1062.89	0.51	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
9	2531.96	-25.06	-1072.48	0.50	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
10	2721.09	-22.94	-1060.37	0.50	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
11	2891.78	-20.84	-1028.89	0.49	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
12	3044.81	-18.78	-980.16	0.48	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
13	3180.88	-16.74	-916.17	0.48	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
14	3300.53	-14.72	-838.80	0.47	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
15	3404.27	-12.72	-749.80	0.47	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
16	3492.50	-10.74	-650.89	0.47	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
17	3565.54	-8.77	-543.68	0.46	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
18	3623.66	-6.81	-429.76	0.46	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
19	3667.07	-4.86	-310.65	0.46	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
20	3695.93	-2.91	-187.85	0.46	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
21	3710.34	-0.97	-62.86	0.46	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
22	8390.80	0.98	143.03	0.46	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
23	8376.13	2.93	428.34	0.46	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
24	8346.74	4.89	711.39	0.46	15.65	0.288	0.000	(0; 0)

PROGETTO ESECUTIVO

25	8303.66	6.85	990.81	0.46	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
26	8414.56	8.82	1290.91	0.47	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
27	8631.17	10.81	1618.40	0.47	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
28	8832.31	12.80	1957.23	0.47	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
29	9017.64	14.81	2305.73	0.48	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
30	9186.72	16.85	2662.17	0.48	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
31	9259.91	18.90	2999.08	0.49	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
32	9144.55	20.98	3273.49	0.49	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
33	9005.30	23.08	3530.67	0.50	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
34	8847.20	25.22	3770.33	0.51	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
35	8669.28	27.40	3990.10	0.52	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
36	8470.37	29.63	4187.36	0.53	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
37	8249.10	31.90	4359.26	0.54	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
38	8003.81	34.23	4502.56	0.56	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
39	7732.52	36.63	4613.64	0.57	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
40	7432.76	39.11	4688.28	0.59	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
41	7101.49	41.67	4721.54	0.62	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
42	6734.85	44.35	4707.52	0.64	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
43	6327.85	47.15	4638.93	0.68	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
44	5873.82	50.11	4506.55	0.72	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
45	5767.50	53.26	4621.88	0.77	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
46	5243.25	56.67	4380.89	0.84	15.84	0.184	0.000	(0; 0)
47	4574.71	60.43	3978.78	0.93	16.03	0.080	0.000	(0; 0)
48	3779.83	64.69	3417.05	1.08	16.03	0.080	0.000	(0; 0)
49	2780.36	69.81	2609.46	1.33	16.03	0.080	0.000	(0; 0)
50	1338.10	76.56	1301.46	1.98	16.03	0.080	0.000	(0; 0)

Resistenza a taglio paratia= 0.00 [kg]

$\Sigma W_i = 502165.24$  [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 143851.47$  [kg]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 121933.60$  [kg]

$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 142820.02$  [kg]

**Combinazione nr. 6**

Numero di cerchi analizzati 100

Numero di strisce 50.00

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= 0.00 Y[m]= 7.20

Raggio del cerchio R[m]= 16.20

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -10.67

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 15.53

Coefficiente di sicurezza C= 1.58

**Caratteristiche delle strisce**

N°	W	$\alpha(^{\circ})$	$W \sin \alpha$	L	$\phi$	c	u	(Ctn; Ctt)
1	231.06	-39.97	-148.41	0.70	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
2	695.20	-37.54	-423.64	0.67	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
3	1121.02	-35.20	-646.19	0.65	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
4	1511.85	-32.92	-821.67	0.64	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
5	1870.42	-30.70	-954.93	0.62	15.65	0.288	0.000	(0; 0)



PROGETTO ESECUTIVO

6	2199.00	-28.53	-1050.24	0.61	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
7	2499.46	-26.40	-1111.40	0.60	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
8	2773.39	-24.31	-1141.86	0.59	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
9	3022.15	-22.26	-1144.73	0.58	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
10	3246.86	-20.23	-1122.90	0.57	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
11	3448.52	-18.23	-1079.05	0.56	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
12	3627.94	-16.26	-1015.69	0.56	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
13	3785.83	-14.30	-935.20	0.55	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
14	3922.80	-12.36	-839.83	0.55	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
15	4039.33	-10.44	-731.73	0.54	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
16	4135.84	-8.52	-612.99	0.54	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
17	4212.66	-6.62	-485.63	0.54	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
18	4270.05	-4.72	-351.60	0.54	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
19	4308.21	-2.83	-212.85	0.53	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
20	4327.26	-0.94	-71.26	0.53	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
21	9441.96	0.92	150.93	0.52	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
22	9424.55	2.75	451.94	0.52	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
23	9389.66	4.58	750.45	0.52	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
24	9387.78	6.42	1050.42	0.52	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
25	9644.32	8.27	1387.45	0.52	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
26	9924.65	10.13	1745.06	0.53	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
27	10186.73	11.99	2116.81	0.53	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
28	10430.20	13.87	2500.85	0.53	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
29	10547.65	15.77	2866.22	0.54	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
30	10433.78	17.68	3168.85	0.54	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
31	10294.04	19.61	3455.51	0.55	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
32	10133.45	21.57	3725.58	0.56	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
33	9951.21	23.55	3976.74	0.56	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
34	9746.34	25.57	4206.48	0.57	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
35	9517.74	27.62	4412.12	0.58	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
36	9264.07	29.71	4590.73	0.60	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
37	8983.80	31.84	4739.10	0.61	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
38	8675.08	34.02	4853.64	0.62	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
39	8335.72	36.26	4930.32	0.64	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
40	7963.05	38.57	4964.55	0.66	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
41	7788.28	40.95	5104.67	0.69	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
42	7621.34	43.43	5239.02	0.71	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
43	7125.30	46.01	5125.96	0.75	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
44	6576.93	48.71	4941.90	0.78	15.65	0.288	0.000	(0; 0)
45	5967.66	51.57	4675.08	0.83	15.84	0.184	0.000	(0; 0)
46	5287.64	54.63	4311.64	0.89	16.03	0.080	0.000	(0; 0)
47	4517.24	57.94	3828.17	0.98	16.03	0.080	0.000	(0; 0)
48	3627.75	61.59	3190.73	1.09	16.03	0.080	0.000	(0; 0)
49	2569.65	65.74	2342.73	1.26	16.03	0.080	0.000	(0; 0)
50	1254.13	70.34	1181.01	1.54	16.03	0.080	0.000	(0; 0)

Resistenza a taglio paratia= 0.00 [kg]

$\Sigma W_i = 805425.77$  [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 228934.32$  [kg]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 197049.27$  [kg]

$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 223297.37$  [kg]

Valori massimi e minimi sollecitazioni per metro di paratia

*Simbologia adottata*

Y ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]

M<sub>max</sub>, M<sub>min</sub> momento flettente massimo e minimo espresso in [kgm]

N<sub>max</sub>, N<sub>min</sub> sforzo normale massimo e minimo espresso in [kg] (positivo di compressione)

T<sub>max</sub>, T<sub>min</sub> taglio massimo e minimo espresso in [kg]

**Combinazione nr. 1**

y <sub>Mmax</sub> = 5.75	M <sub>max</sub> = 7857	y <sub>Mmin</sub> = 0.20	M <sub>min</sub> = 0
y <sub>Tmax</sub> = 5.00	T <sub>max</sub> = 4630	y <sub>Tmin</sub> = 7.25	T <sub>min</sub> = -3585
y <sub>Nmax</sub> = 9.00	N <sub>max</sub> = 7361	y <sub>Nmin</sub> = 0.00	N <sub>min</sub> = 0

**Combinazione nr. 2**

y <sub>Mmax</sub> = 5.75	M <sub>max</sub> = 7873	y <sub>Mmin</sub> = 0.30	M <sub>min</sub> = 0
y <sub>Tmax</sub> = 5.00	T <sub>max</sub> = 4633	y <sub>Tmin</sub> = 7.25	T <sub>min</sub> = -3602
y <sub>Nmax</sub> = 9.00	N <sub>max</sub> = 7361	y <sub>Nmin</sub> = 0.00	N <sub>min</sub> = 0

**Combinazione nr. 3**

y <sub>Mmax</sub> = 5.75	M <sub>max</sub> = 7857	y <sub>Mmin</sub> = 0.20	M <sub>min</sub> = 0
y <sub>Tmax</sub> = 5.00	T <sub>max</sub> = 4630	y <sub>Tmin</sub> = 7.25	T <sub>min</sub> = -3585
y <sub>Nmax</sub> = 9.00	N <sub>max</sub> = 7361	y <sub>Nmin</sub> = 0.00	N <sub>min</sub> = 0

**Combinazione nr. 4**

y <sub>Mmax</sub> = 5.75	M <sub>max</sub> = 7873	y <sub>Mmin</sub> = 0.30	M <sub>min</sub> = 0
y <sub>Tmax</sub> = 5.00	T <sub>max</sub> = 4633	y <sub>Tmin</sub> = 7.25	T <sub>min</sub> = -3602
y <sub>Nmax</sub> = 9.00	N <sub>max</sub> = 7361	y <sub>Nmin</sub> = 0.00	N <sub>min</sub> = 0

**Combinazione nr. 5**

y <sub>Mmax</sub> = 5.70	M <sub>max</sub> = 4911	y <sub>Mmin</sub> = 9.00	M <sub>min</sub> = 0
y <sub>Tmax</sub> = 5.00	T <sub>max</sub> = 2596	y <sub>Tmin</sub> = 7.25	T <sub>min</sub> = -2208
y <sub>Nmax</sub> = 9.00	N <sub>max</sub> = 7361	y <sub>Nmin</sub> = 0.00	N <sub>min</sub> = 0

**Combinazione nr. 6**

y <sub>Mmax</sub> = 5.80	M <sub>max</sub> = 11608	y <sub>Mmin</sub> = 9.00	M <sub>min</sub> = 0
y <sub>Tmax</sub> = 5.00	T <sub>max</sub> = 6271	y <sub>Tmin</sub> = 7.30	T <sub>min</sub> = -5421
y <sub>Nmax</sub> = 9.00	N <sub>max</sub> = 7361	y <sub>Nmin</sub> = 0.00	N <sub>min</sub> = 0

**Combinazione nr. 7**

y <sub>Mmax</sub> = 5.70	M <sub>max</sub> = 3023	y <sub>Mmin</sub> = 0.15	M <sub>min</sub> = 0
y <sub>Tmax</sub> = 5.00	T <sub>max</sub> = 1639	y <sub>Tmin</sub> = 7.25	T <sub>min</sub> = -1364
y <sub>Nmax</sub> = 9.00	N <sub>max</sub> = 7361	y <sub>Nmin</sub> = 0.00	N <sub>min</sub> = 0

**Combinazione nr. 8**

y <sub>Mmax</sub> = 5.70	M <sub>max</sub> = 3023	y <sub>Mmin</sub> = 0.15	M <sub>min</sub> = 0
y <sub>Tmax</sub> = 5.00	T <sub>max</sub> = 1639	y <sub>Tmin</sub> = 7.25	T <sub>min</sub> = -1364
y <sub>Nmax</sub> = 9.00	N <sub>max</sub> = 7361	y <sub>Nmin</sub> = 0.00	N <sub>min</sub> = 0

**Combinazione nr. 9**

PROGETTO ESECUTIVO

$y_{Mmax} = 5.70$	$M_{max} = 3023$	$y_{Mmin} = 0.15$	$M_{min} = 0$
$y_{Tmax} = 5.00$	$T_{max} = 1639$	$y_{Tmin} = 7.25$	$T_{min} = -1364$
$y_{Nmax} = 9.00$	$N_{max} = 7361$	$y_{Nmin} = 0.00$	$N_{min} = 0$

**Combinazione nr. 10**

$y_{Mmax} = 5.70$	$M_{max} = 3773$	$y_{Mmin} = 0.00$	$M_{min} = 0$
$y_{Tmax} = 5.00$	$T_{max} = 2019$	$y_{Tmin} = 7.25$	$T_{min} = -1699$
$y_{Nmax} = 9.00$	$N_{max} = 7361$	$y_{Nmin} = 0.00$	$N_{min} = 0$

**Combinazione nr. 11**

$y_{Mmax} = 5.70$	$M_{max} = 3773$	$y_{Mmin} = 0.00$	$M_{min} = 0$
$y_{Tmax} = 5.00$	$T_{max} = 2019$	$y_{Tmin} = 7.25$	$T_{min} = -1699$
$y_{Nmax} = 9.00$	$N_{max} = 7361$	$y_{Nmin} = 0.00$	$N_{min} = 0$

**Combinazione nr. 12**

$y_{Mmax} = 5.70$	$M_{max} = 3773$	$y_{Mmin} = 0.00$	$M_{min} = 0$
$y_{Tmax} = 5.00$	$T_{max} = 2019$	$y_{Tmin} = 7.25$	$T_{min} = -1699$
$y_{Nmax} = 9.00$	$N_{max} = 7361$	$y_{Nmin} = 0.00$	$N_{min} = 0$

Sollecitazioni per metro di paratia

*Simbologia adottata*

- n° numero d'ordine della sezione
- Y ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
- M momento flettente espresso in [kgm]
- N sforzo normale espresso in [kg] (positivo di compressione)
- T taglio espresso in [kg]

**Combinazione nr. 1**

n°	Y	M	N	T
1	0.00	0.00	0.00	0.00
11	0.50	0.00	408.97	0.00
21	1.00	0.00	817.94	0.00
31	1.50	12.91	1226.90	94.48
41	2.00	141.31	1635.87	465.38
51	2.50	525.29	2044.84	1116.30
61	3.00	1254.00	2453.81	1605.52
71	3.50	2057.19	2862.78	1617.18
81	4.00	2991.09	3271.74	2228.53
91	4.50	4349.17	3680.71	3260.54
101	5.00	6308.18	4089.68	4630.43
111	5.45	7656.53	4457.75	1359.18
121	5.95	7742.85	4866.72	-1103.45
131	6.45	6803.43	5275.69	-2673.07
141	6.95	5260.28	5684.66	-3455.90
151	7.45	3486.17	6093.62	-3539.49
161	7.95	1815.50	6502.59	-2986.82

PROGETTO ESECUTIVO

171	8.45	556.88	6911.56	-1835.66
181	8.95	5.13	7320.53	-102.56

**Combinazione nr. 2**

n°	Y	M	N	T
1	0.00	0.00	0.00	0.00
11	0.50	0.00	408.97	0.00
21	1.00	0.00	817.94	0.00
31	1.50	13.62	1226.90	96.34
41	2.00	138.85	1635.87	446.19
51	2.50	501.50	2044.84	1039.53
61	3.00	1166.90	2453.81	1457.21
71	3.50	1914.97	2862.78	1642.48
81	4.00	2894.36	3271.74	2328.45
91	4.50	4296.12	3680.71	3329.33
101	5.00	6274.36	4089.68	4632.91
111	5.45	7655.81	4457.75	1423.25
121	5.95	7766.23	4866.72	-1073.01
131	6.45	6836.08	5275.69	-2667.46
141	6.95	5291.70	5684.66	-3466.74
151	7.45	3509.93	6093.62	-3558.87
161	7.95	1829.03	6502.59	-3007.23
171	8.45	561.32	6911.56	-1849.86
181	8.95	5.17	7320.53	-103.42

**Combinazione nr. 3**

n°	Y	M	N	T
1	0.00	0.00	0.00	0.00
11	0.50	0.00	408.97	0.00
21	1.00	0.00	817.94	0.00
31	1.50	12.91	1226.90	94.48
41	2.00	141.31	1635.87	465.38
51	2.50	525.29	2044.84	1116.30
61	3.00	1254.00	2453.81	1605.52
71	3.50	2057.19	2862.78	1617.18
81	4.00	2991.09	3271.74	2228.53
91	4.50	4349.17	3680.71	3260.54
101	5.00	6308.18	4089.68	4630.43
111	5.45	7656.53	4457.75	1359.18
121	5.95	7742.85	4866.72	-1103.45
131	6.45	6803.43	5275.69	-2673.07
141	6.95	5260.28	5684.66	-3455.90
151	7.45	3486.17	6093.62	-3539.49
161	7.95	1815.50	6502.59	-2986.82
171	8.45	556.88	6911.56	-1835.66
181	8.95	5.13	7320.53	-102.56

**Combinazione nr. 4**

n°	Y	M	N	T
1	0.00	0.00	0.00	0.00
11	0.50	0.00	408.97	0.00
21	1.00	0.00	817.94	0.00
31	1.50	13.62	1226.90	96.34
41	2.00	138.85	1635.87	446.19

PROGETTO ESECUTIVO

51	2.50	501.50	2044.84	1039.53
61	3.00	1166.90	2453.81	1457.21
71	3.50	1914.97	2862.78	1642.48
81	4.00	2894.36	3271.74	2328.45
91	4.50	4296.12	3680.71	3329.33
101	5.00	6274.36	4089.68	4632.91
111	5.45	7655.81	4457.75	1423.25
121	5.95	7766.23	4866.72	-1073.01
131	6.45	6836.08	5275.69	-2667.46
141	6.95	5291.70	5684.66	-3466.74
151	7.45	3509.93	6093.62	-3558.87
161	7.95	1829.03	6502.59	-3007.23
171	8.45	561.32	6911.56	-1849.86
181	8.95	5.17	7320.53	-103.42

**Combinazione nr. 5**

n°	Y	M	N	T
1	0.00	0.00	0.00	0.00
11	0.50	1.60	408.97	9.57
21	1.00	12.77	817.94	38.28
31	1.50	43.22	1226.90	89.86
41	2.00	131.45	1635.87	301.66
51	2.50	384.15	2044.84	747.83
61	3.00	887.99	2453.81	1153.35
71	3.50	1495.01	2862.78	1277.89
81	4.00	2170.40	3271.74	1442.62
91	4.50	2988.98	3680.71	1879.71
101	5.00	4096.69	4089.68	2596.30
111	5.45	4829.01	4457.75	658.67
121	5.95	4808.88	4866.72	-789.78
131	6.45	4187.96	5275.69	-1702.48
141	6.95	3218.96	5684.66	-2145.11
151	7.45	2124.23	6093.62	-2171.38
161	7.95	1102.64	6502.59	-1819.80
171	8.45	337.35	6911.56	-1113.32
181	8.95	3.10	7320.53	-61.99

**Combinazione nr. 6**

n°	Y	M	N	T
1	0.00	0.00	0.00	0.00
11	0.50	2.74	408.97	16.38
21	1.00	21.86	817.94	65.50
31	1.50	87.35	1226.90	243.72
41	2.00	313.58	1635.87	708.20
51	2.50	842.73	2044.84	1448.92
61	3.00	1756.52	2453.81	2046.80
71	3.50	2851.30	2862.78	2445.12
81	4.00	4292.11	3271.74	3376.92
91	4.50	6286.40	3680.71	4656.41
101	5.00	9004.68	4089.68	6271.37
111	5.45	11105.53	4457.75	2708.89
121	5.95	11528.31	4866.72	-1219.90
131	6.45	10281.33	5275.69	-3808.58
141	6.95	8026.66	5684.66	-5150.60
151	7.45	5356.34	6093.62	-5378.85

PROGETTO ESECUTIVO

161	7.95	2803.97	6502.59	-4589.78
171	8.45	863.61	6911.56	-2841.51
181	8.95	7.98	7320.53	-159.62

**Combinazione nr. 7**

n°	Y	M	N	T
1	0.00	0.00	0.00	0.00
11	0.50	0.00	408.97	0.00
21	1.00	0.00	817.94	0.00
31	1.50	0.14	1226.90	3.74
41	2.00	29.35	1635.87	148.56
51	2.50	184.76	2044.84	508.62
61	3.00	543.46	2453.81	808.82
71	3.50	947.87	2862.78	808.82
81	4.00	1353.59	3271.74	829.84
91	4.50	1825.85	3680.71	1104.06
101	5.00	2501.02	4089.68	1638.62
111	5.45	2966.79	4457.75	431.34
121	5.95	2964.45	4866.72	-472.61
131	6.45	2586.79	5275.69	-1043.73
141	6.95	1990.89	5684.66	-1322.53
151	7.45	1315.07	6093.62	-1342.22
161	7.95	683.13	6502.59	-1126.62
171	8.45	209.12	6911.56	-689.96
181	8.95	1.92	7320.53	-38.45

**Combinazione nr. 8**

n°	Y	M	N	T
1	0.00	0.00	0.00	0.00
11	0.50	0.00	408.97	0.00
21	1.00	0.00	817.94	0.00
31	1.50	0.14	1226.90	3.74
41	2.00	29.35	1635.87	148.56
51	2.50	184.76	2044.84	508.62
61	3.00	543.46	2453.81	808.82
71	3.50	947.87	2862.78	808.82
81	4.00	1353.59	3271.74	829.84
91	4.50	1825.85	3680.71	1104.06
101	5.00	2501.02	4089.68	1638.62
111	5.45	2966.79	4457.75	431.34
121	5.95	2964.45	4866.72	-472.61
131	6.45	2586.79	5275.69	-1043.73
141	6.95	1990.89	5684.66	-1322.53
151	7.45	1315.07	6093.62	-1342.22
161	7.95	683.13	6502.59	-1126.62
171	8.45	209.12	6911.56	-689.96
181	8.95	1.92	7320.53	-38.45

**Combinazione nr. 9**

n°	Y	M	N	T
1	0.00	0.00	0.00	0.00
11	0.50	0.00	408.97	0.00
21	1.00	0.00	817.94	0.00
31	1.50	0.14	1226.90	3.74

PROGETTO ESECUTIVO

41	2.00	29.35	1635.87	148.56
51	2.50	184.76	2044.84	508.62
61	3.00	543.46	2453.81	808.82
71	3.50	947.87	2862.78	808.82
81	4.00	1353.59	3271.74	829.84
91	4.50	1825.85	3680.71	1104.06
101	5.00	2501.02	4089.68	1638.62
111	5.45	2966.79	4457.75	431.34
121	5.95	2964.45	4866.72	-472.61
131	6.45	2586.79	5275.69	-1043.73
141	6.95	1990.89	5684.66	-1322.53
151	7.45	1315.07	6093.62	-1342.22
161	7.95	683.13	6502.59	-1126.62
171	8.45	209.12	6911.56	-689.96
181	8.95	1.92	7320.53	-38.45

Combinazione nr. 10

n°	Y	M	N	T
1	0.00	0.00	0.00	0.00
11	0.50	0.64	408.97	3.80
21	1.00	5.07	817.94	15.19
31	1.50	17.24	1226.90	37.93
41	2.00	69.88	1635.87	209.33
51	2.50	263.90	2044.84	603.57
61	3.00	680.22	2453.81	945.57
71	3.50	1165.05	2862.78	995.01
81	4.00	1677.81	3271.74	1073.08
91	4.50	2287.53	3680.71	1411.94
101	5.00	3134.39	4089.68	2018.76
111	5.45	3705.97	4457.75	521.57
121	5.95	3696.57	4866.72	-598.51
131	6.45	3222.35	5275.69	-1305.21
141	6.95	2478.35	5684.66	-1649.04
151	7.45	1636.25	6093.62	-1671.35
161	7.95	849.65	6502.59	-1401.77
171	8.45	260.02	6911.56	-858.00
181	8.95	2.39	7320.53	-47.79

Combinazione nr. 11

n°	Y	M	N	T
1	0.00	0.00	0.00	0.00
11	0.50	0.64	408.97	3.80
21	1.00	5.07	817.94	15.19
31	1.50	17.24	1226.90	37.93
41	2.00	69.88	1635.87	209.33
51	2.50	263.90	2044.84	603.57
61	3.00	680.22	2453.81	945.57
71	3.50	1165.05	2862.78	995.01
81	4.00	1677.81	3271.74	1073.08
91	4.50	2287.53	3680.71	1411.94
101	5.00	3134.39	4089.68	2018.76
111	5.45	3705.97	4457.75	521.57
121	5.95	3696.57	4866.72	-598.51
131	6.45	3222.35	5275.69	-1305.21
141	6.95	2478.35	5684.66	-1649.04

PROGETTO ESECUTIVO

151	7.45	1636.25	6093.62	-1671.35
161	7.95	849.65	6502.59	-1401.77
171	8.45	260.02	6911.56	-858.00
181	8.95	2.39	7320.53	-47.79

**Combinazione nr. 12**

n°	Y	M	N	T
1	0.00	0.00	0.00	0.00
11	0.50	0.64	408.97	3.80
21	1.00	5.07	817.94	15.19
31	1.50	17.24	1226.90	37.93
41	2.00	69.88	1635.87	209.33
51	2.50	263.90	2044.84	603.57
61	3.00	680.22	2453.81	945.57
71	3.50	1165.05	2862.78	995.01
81	4.00	1677.81	3271.74	1073.08
91	4.50	2287.53	3680.71	1411.94
101	5.00	3134.39	4089.68	2018.76
111	5.45	3705.97	4457.75	521.57
121	5.95	3696.57	4866.72	-598.51
131	6.45	3222.35	5275.69	-1305.21
141	6.95	2478.35	5684.66	-1649.04
151	7.45	1636.25	6093.62	-1671.35
161	7.95	849.65	6502.59	-1401.77
171	8.45	260.02	6911.56	-858.00
181	8.95	2.39	7320.53	-47.79

Spostamenti massimi e minimi della paratia

*Simbologia adottata*

Y ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]

U<sub>max</sub>, U<sub>min</sub> spostamento orizzontale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso valle

V<sub>max</sub>, V<sub>min</sub> spostamento verticale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso il basso

**Combinazione nr. 1**

yU <sub>max</sub> = 0.00	U <sub>max</sub> =1.4372	yU <sub>min</sub> =9.00	U <sub>min</sub> =-0.1761
yV <sub>max</sub> = 0.00	V <sub>max</sub> =0.0030	yV <sub>min</sub> =0.00	V <sub>min</sub> =0.0000

**Combinazione nr. 2**

yU <sub>max</sub> = 0.00	U <sub>max</sub> =1.4449	yU <sub>min</sub> =9.00	U <sub>min</sub> =-0.1775
yV <sub>max</sub> = 0.00	V <sub>max</sub> =0.0030	yV <sub>min</sub> =0.00	V <sub>min</sub> =0.0000

**Combinazione nr. 3**

yU <sub>max</sub> = 0.00	U <sub>max</sub> =1.4372	yU <sub>min</sub> =9.00	U <sub>min</sub> =-0.1761
yV <sub>max</sub> = 0.00	V <sub>max</sub> =0.0030	yV <sub>min</sub> =0.00	V <sub>min</sub> =0.0000

**Combinazione nr. 4**

yU <sub>max</sub> = 0.00	U <sub>max</sub> =1.4449	yU <sub>min</sub> =9.00	U <sub>min</sub> =-0.1775
--------------------------	--------------------------	-------------------------	---------------------------



PROGETTO ESECUTIVO

$y_{Vmax} = 0.00$        $V_{max}=0.0030$        $y_{Vmin}=0.00$        $V_{min}=0.0000$

**Combinazione nr. 5**

$y_{Umax} = 0.00$        $U_{max}=0.8801$        $y_{Umin}=9.00$        $U_{min}=-0.1064$   
 $y_{Vmax} = 0.00$        $V_{max}=0.0030$        $y_{Vmin}=0.00$        $V_{min}=0.0000$

**Combinazione nr. 6**

$y_{Umax} = 0.00$        $U_{max}=2.2296$        $y_{Umin}=9.00$        $U_{min}=-0.2740$   
 $y_{Vmax} = 0.00$        $V_{max}=0.0030$        $y_{Vmin}=0.00$        $V_{min}=0.0000$

**Combinazione nr. 7**

$y_{Umax} = 0.00$        $U_{max}=0.5451$        $y_{Umin}=9.00$        $U_{min}=-0.0660$   
 $y_{Vmax} = 0.00$        $V_{max}=0.0030$        $y_{Vmin}=0.00$        $V_{min}=0.0000$

**Combinazione nr. 8**

$y_{Umax} = 0.00$        $U_{max}=0.5451$        $y_{Umin}=9.00$        $U_{min}=-0.0660$   
 $y_{Vmax} = 0.00$        $V_{max}=0.0030$        $y_{Vmin}=0.00$        $V_{min}=0.0000$

**Combinazione nr. 9**

$y_{Umax} = 0.00$        $U_{max}=0.5451$        $y_{Umin}=9.00$        $U_{min}=-0.0660$   
 $y_{Vmax} = 0.00$        $V_{max}=0.0030$        $y_{Vmin}=0.00$        $V_{min}=0.0000$

**Combinazione nr. 10**

$y_{Umax} = 0.00$        $U_{max}=0.6781$        $y_{Umin}=9.00$        $U_{min}=-0.0820$   
 $y_{Vmax} = 0.00$        $V_{max}=0.0030$        $y_{Vmin}=0.00$        $V_{min}=0.0000$

**Combinazione nr. 11**

$y_{Umax} = 0.00$        $U_{max}=0.6781$        $y_{Umin}=9.00$        $U_{min}=-0.0820$   
 $y_{Vmax} = 0.00$        $V_{max}=0.0030$        $y_{Vmin}=0.00$        $V_{min}=0.0000$

**Combinazione nr. 12**

$y_{Umax} = 0.00$        $U_{max}=0.6781$        $y_{Umin}=9.00$        $U_{min}=-0.0820$   
 $y_{Vmax} = 0.00$        $V_{max}=0.0030$        $y_{Vmin}=0.00$        $V_{min}=0.0000$

Spostamenti della paratia

*Simbologia adottata*

- N° numero d'ordine della sezione
- Y ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
- u spostamento orizzontale espresso in [cm] positivo verso valle
- v spostamento verticale espresso in [cm] positivo verso il basso

**Combinazione nr. 1**

PROGETTO ESECUTIVO

N°	Y	u	v
1	0.00	1.43717	0.00305
11	0.50	1.32415	0.00304
21	1.00	1.21113	0.00301
31	1.50	1.09812	0.00296
41	2.00	0.98513	0.00290
51	2.50	0.87234	0.00281
61	3.00	0.76026	0.00271
71	3.50	0.64976	0.00259
81	4.00	0.54187	0.00245
91	4.50	0.43780	0.00229
101	5.00	0.33928	0.00211
111	5.50	0.24866	0.00191
121	6.00	0.16763	0.00169
131	6.50	0.09620	0.00146
141	7.00	0.03312	0.00120
151	7.50	-0.02356	0.00093
161	8.00	-0.07605	0.00064
171	8.50	-0.12639	0.00033
181	9.00	-0.17607	0.00000

**Combinazione nr. 2**

N°	Y	u	v
1	0.00	1.44487	0.00305
11	0.50	1.33162	0.00304
21	1.00	1.21838	0.00301
31	1.50	1.10514	0.00296
41	2.00	0.99193	0.00290
51	2.50	0.87891	0.00281
61	3.00	0.76657	0.00271
71	3.50	0.65570	0.00259
81	4.00	0.54727	0.00245
91	4.50	0.44253	0.00229
101	5.00	0.34328	0.00211
111	5.50	0.25189	0.00191
121	6.00	0.17010	0.00169
131	6.50	0.09793	0.00146
141	7.00	0.03415	0.00120
151	7.50	-0.02319	0.00093
161	8.00	-0.07631	0.00064
171	8.50	-0.12726	0.00033
181	9.00	-0.17755	0.00000

**Combinazione nr. 3**

N°	Y	u	v
1	0.00	1.43717	0.00305
11	0.50	1.32415	0.00304
21	1.00	1.21113	0.00301
31	1.50	1.09812	0.00296
41	2.00	0.98513	0.00290
51	2.50	0.87234	0.00281
61	3.00	0.76026	0.00271
71	3.50	0.64976	0.00259
81	4.00	0.54187	0.00245
91	4.50	0.43780	0.00229

PROGETTO ESECUTIVO

101	5.00	0.33928	0.00211
111	5.50	0.24866	0.00191
121	6.00	0.16763	0.00169
131	6.50	0.09620	0.00146
141	7.00	0.03312	0.00120
151	7.50	-0.02356	0.00093
161	8.00	-0.07605	0.00064
171	8.50	-0.12639	0.00033
181	9.00	-0.17607	0.00000

**Combinazione nr. 4**

N°	Y	u	v
1	0.00	1.44487	0.00305
11	0.50	1.33162	0.00304
21	1.00	1.21838	0.00301
31	1.50	1.10514	0.00296
41	2.00	0.99193	0.00290
51	2.50	0.87891	0.00281
61	3.00	0.76657	0.00271
71	3.50	0.65570	0.00259
81	4.00	0.54727	0.00245
91	4.50	0.44253	0.00229
101	5.00	0.34328	0.00211
111	5.50	0.25189	0.00191
121	6.00	0.17010	0.00169
131	6.50	0.09793	0.00146
141	7.00	0.03415	0.00120
151	7.50	-0.02319	0.00093
161	8.00	-0.07631	0.00064
171	8.50	-0.12726	0.00033
181	9.00	-0.17755	0.00000

**Combinazione nr. 5**

N°	Y	u	v
1	0.00	0.88013	0.00305
11	0.50	0.80989	0.00304
21	1.00	0.73965	0.00301
31	1.50	0.66944	0.00296
41	2.00	0.59928	0.00290
51	2.50	0.52931	0.00281
61	3.00	0.45985	0.00271
71	3.50	0.39152	0.00259
81	4.00	0.32508	0.00245
91	4.50	0.26139	0.00229
101	5.00	0.20151	0.00211
111	5.50	0.14676	0.00191
121	6.00	0.09805	0.00169
131	6.50	0.05530	0.00146
141	7.00	0.01769	0.00120
151	7.50	-0.01601	0.00093
161	8.00	-0.04715	0.00064
171	8.50	-0.07699	0.00033
181	9.00	-0.10642	0.00000

**Combinazione nr. 6**

PROGETTO ESECUTIVO

N°	Y	u	v
1	0.00	2.22955	0.00305
11	0.50	2.05604	0.00304
21	1.00	1.88253	0.00301
31	1.50	1.70905	0.00296
41	2.00	1.53570	0.00290
51	2.50	1.36278	0.00281
61	3.00	1.19097	0.00271
71	3.50	1.02138	0.00259
81	4.00	0.85543	0.00245
91	4.50	0.69495	0.00229
101	5.00	0.54248	0.00211
111	5.50	0.40133	0.00191
121	6.00	0.27414	0.00169
131	6.50	0.16125	0.00146
141	7.00	0.06099	0.00120
151	7.50	-0.02951	0.00093
161	8.00	-0.11357	0.00064
171	8.50	-0.19431	0.00033
181	9.00	-0.27402	0.00000

**Combinazione nr. 7**

N°	Y	u	v
1	0.00	0.54507	0.00305
11	0.50	0.50174	0.00304
21	1.00	0.45841	0.00301
31	1.50	0.41508	0.00296
41	2.00	0.37176	0.00290
51	2.50	0.32848	0.00281
61	3.00	0.28546	0.00271
71	3.50	0.24313	0.00259
81	4.00	0.20199	0.00245
91	4.50	0.16257	0.00229
101	5.00	0.12548	0.00211
111	5.50	0.09152	0.00191
121	6.00	0.06127	0.00169
131	6.50	0.03469	0.00146
141	7.00	0.01130	0.00120
151	7.50	-0.00968	0.00093
161	8.00	-0.02908	0.00064
171	8.50	-0.04767	0.00033
181	9.00	-0.06600	0.00000

**Combinazione nr. 8**

N°	Y	u	v
1	0.00	0.54507	0.00305
11	0.50	0.50174	0.00304
21	1.00	0.45841	0.00301
31	1.50	0.41508	0.00296
41	2.00	0.37176	0.00290
51	2.50	0.32848	0.00281
61	3.00	0.28546	0.00271
71	3.50	0.24313	0.00259
81	4.00	0.20199	0.00245

PROGETTO ESECUTIVO

91	4.50	0.16257	0.00229
101	5.00	0.12548	0.00211
111	5.50	0.09152	0.00191
121	6.00	0.06127	0.00169
131	6.50	0.03469	0.00146
141	7.00	0.01130	0.00120
151	7.50	-0.00968	0.00093
161	8.00	-0.02908	0.00064
171	8.50	-0.04767	0.00033
181	9.00	-0.06600	0.00000

**Combinazione nr. 9**

N°	Y	u	v
1	0.00	0.54507	0.00305
11	0.50	0.50174	0.00304
21	1.00	0.45841	0.00301
31	1.50	0.41508	0.00296
41	2.00	0.37176	0.00290
51	2.50	0.32848	0.00281
61	3.00	0.28546	0.00271
71	3.50	0.24313	0.00259
81	4.00	0.20199	0.00245
91	4.50	0.16257	0.00229
101	5.00	0.12548	0.00211
111	5.50	0.09152	0.00191
121	6.00	0.06127	0.00169
131	6.50	0.03469	0.00146
141	7.00	0.01130	0.00120
151	7.50	-0.00968	0.00093
161	8.00	-0.02908	0.00064
171	8.50	-0.04767	0.00033
181	9.00	-0.06600	0.00000

**Combinazione nr. 10**

N°	Y	u	v
1	0.00	0.67806	0.00305
11	0.50	0.62405	0.00304
21	1.00	0.57005	0.00301
31	1.50	0.51604	0.00296
41	2.00	0.46207	0.00290
51	2.50	0.40820	0.00281
61	3.00	0.35468	0.00271
71	3.50	0.30203	0.00259
81	4.00	0.25085	0.00245
91	4.50	0.20180	0.00229
101	5.00	0.15566	0.00211
111	5.50	0.11344	0.00191
121	6.00	0.07587	0.00169
131	6.50	0.04287	0.00146
141	7.00	0.01383	0.00120
151	7.50	-0.01219	0.00093
161	8.00	-0.03625	0.00064
171	8.50	-0.05930	0.00033
181	9.00	-0.08205	0.00000

PROGETTO ESECUTIVO

**Combinazione nr. 11**

N°	Y	u	v
1	0.00	0.67806	0.00305
11	0.50	0.62405	0.00304
21	1.00	0.57005	0.00301
31	1.50	0.51604	0.00296
41	2.00	0.46207	0.00290
51	2.50	0.40820	0.00281
61	3.00	0.35468	0.00271
71	3.50	0.30203	0.00259
81	4.00	0.25085	0.00245
91	4.50	0.20180	0.00229
101	5.00	0.15566	0.00211
111	5.50	0.11344	0.00191
121	6.00	0.07587	0.00169
131	6.50	0.04287	0.00146
141	7.00	0.01383	0.00120
151	7.50	-0.01219	0.00093
161	8.00	-0.03625	0.00064
171	8.50	-0.05930	0.00033
181	9.00	-0.08205	0.00000

**Combinazione nr. 12**

N°	Y	u	v
1	0.00	0.67806	0.00305
11	0.50	0.62405	0.00304
21	1.00	0.57005	0.00301
31	1.50	0.51604	0.00296
41	2.00	0.46207	0.00290
51	2.50	0.40820	0.00281
61	3.00	0.35468	0.00271
71	3.50	0.30203	0.00259
81	4.00	0.25085	0.00245
91	4.50	0.20180	0.00229
101	5.00	0.15566	0.00211
111	5.50	0.11344	0.00191
121	6.00	0.07587	0.00169
131	6.50	0.04287	0.00146
141	7.00	0.01383	0.00120
151	7.50	-0.01219	0.00093
161	8.00	-0.03625	0.00064
171	8.50	-0.05930	0.00033
181	9.00	-0.08205	0.00000

Verifica armatura pali

Per la verifica delle sezioni si adotta il metodo degli stati limite  
Coefficiente di sicurezza (Sollecitazione ultima/Sollecitazione esercizio)  $\geq 1.00$ .

**Descrizione armatura adottata e caratteristiche sezione**

PROGETTO ESECUTIVO

Diametro del palo	54.00	[cm]
Area della sezione trasversale	2290.22	[cmq]
Copriferro	6.00	[cm]

L'armatura del palo è costituita da 6 $\phi$ 20( $A_f=18.85$  cmq) longitudinali e staffe  $\phi$ 10/25.0 cm

*Simbologia adottata*

$n^\circ$	numero d'ordine della sezione
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
M	momento flettente agente sul palo espresso in [kgm]
N	sforzio normale agente sul palo espresso in [kg] (positivo di compressione)
T	taglio agente sul palo espresso in [kg]
$A_f$	area di armatura espressa in [cmq]
$\sigma_c$	tensione nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]
$\sigma_f$	tensione nell'acciaio espressa in [kg/cmq]
$\tau_c$	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]
$\sigma_{st}$	tensione nelle staffe espressa in [kg/cmq]
$M_u$	momento ultimo di riferimento espresso in [kgm]
$N_u$	sforzio normale ultimo di riferimento espresso in [kg]
CS	coefficiente di sicurezza (rapporto fra la sollecitazione ultima e la sollecitazione di esercizio)
$T_R$	taglio resistente espresso in [kg]
$CS_T$	coefficiente di sicurezza a taglio

**Verifica armature a presso-flessione - Combinazione nr. 1**

$n^\circ$	Y	$A_f$	M	N	$M_u$	$N_u$	CS
1	0.00	18.85	0	0	0	0	1000.000
11	0.50	18.85	0	286	0	-75212	262.725
21	1.00	18.85	0	573	0	-75212	131.362
31	1.50	18.85	9	859	3962	376536	438.428
41	2.00	18.85	99	1145	24070	278639	243.329
51	2.50	18.85	368	1431	26270	102262	71.443
61	3.00	18.85	878	1718	20538	40189	23.398
71	3.50	18.85	1440	2004	18345	25528	12.739
81	4.00	18.85	2094	2290	17367	18997	8.295
91	4.50	18.85	3044	2576	16631	14075	5.463
101	5.00	18.85	4416	2863	16085	10428	3.643
111	5.45	18.85	5360	3120	15911	9263	2.969
121	5.95	18.85	5420	3407	16032	10077	2.958
131	6.45	18.85	4762	3693	16431	12741	3.450
141	6.95	18.85	3682	3979	17326	18724	4.705
151	7.45	18.85	2440	4266	19669	34381	8.060
161	7.95	18.85	1271	4552	25416	91034	20.000
171	8.45	18.85	390	4838	23271	288814	59.696
181	8.95	18.85	4	5124	268	382340	74.612

**Verifica armature a taglio - Combinazione nr. 1**

$n^\circ$	Y	T	$T_R$	$CS_T$
1	0.00	0	24145	1000.000
11	0.50	0	24145	1000.000
21	1.00	0	24145	1000.000
31	1.50	66	24145	365.079
41	2.00	326	24145	74.120

PROGETTO ESECUTIVO

51	2.50	781	24145	30.900
61	3.00	1124	24145	21.484
71	3.50	1132	24145	21.329
81	4.00	1560	24145	15.478
91	4.50	2282	24145	10.579
101	5.00	3241	24145	7.449
111	5.45	951	24145	25.378
121	5.95	-772	24145	31.260
131	6.45	-1871	24145	12.904
141	6.95	-2419	24145	9.981
151	7.45	-2478	24145	9.745
161	7.95	-2091	24145	11.549
171	8.45	-1285	24145	18.791
181	8.95	-72	24145	336.320

Verifica armature a presso-flessione - Combinazione nr. 2

n°	Y	A <sub>f</sub>	M	N	M <sub>u</sub>	N <sub>u</sub>	CS
1	0.00	18.85	0	0	0	0	1000.000
11	0.50	18.85	0	286	0	-75212	262.725
21	1.00	18.85	0	573	0	-75212	131.362
31	1.50	18.85	10	859	4176	376200	438.037
41	2.00	18.85	97	1145	23882	281355	245.701
51	2.50	18.85	351	1431	26642	108631	75.892
61	3.00	18.85	817	1718	21193	44566	25.946
71	3.50	18.85	1340	2004	18710	27970	13.958
81	4.00	18.85	2026	2290	17482	19761	8.628
91	4.50	18.85	3007	2576	16660	14274	5.540
101	5.00	18.85	4392	2863	16094	10490	3.664
111	5.45	18.85	5359	3120	15911	9264	2.969
121	5.95	18.85	5436	3407	16027	10044	2.948
131	6.45	18.85	4785	3693	16421	12673	3.432
141	6.95	18.85	3704	3979	17307	18592	4.672
151	7.45	18.85	2457	4266	19622	34066	7.986
161	7.95	18.85	1280	4552	25346	90109	19.796
171	8.45	18.85	393	4838	23364	287678	59.461
181	8.95	18.85	4	5124	270	382336	74.611

Verifica armature a taglio - Combinazione nr. 2

n°	Y	T	T <sub>R</sub>	CS <sub>T</sub>
1	0.00	0	24145	1000.000
11	0.50	0	24145	1000.000
21	1.00	0	24145	1000.000
31	1.50	67	24145	358.030
41	2.00	312	24145	77.307
51	2.50	728	24145	33.182
61	3.00	1020	24145	23.671
71	3.50	1150	24145	21.001
81	4.00	1630	24145	14.814
91	4.50	2331	24145	10.361
101	5.00	3243	24145	7.445
111	5.45	996	24145	24.236
121	5.95	-751	24145	32.146
131	6.45	-1867	24145	12.931



PROGETTO ESECUTIVO

141	6.95	-2427	24145	9.950
151	7.45	-2491	24145	9.692
161	7.95	-2105	24145	11.470
171	8.45	-1295	24145	18.647
181	8.95	-72	24145	333.518

**Verifica armature a presso-flessione - Combinazione nr. 3**

n°	Y	A <sub>r</sub>	M	N	M <sub>u</sub>	N <sub>u</sub>	CS
1	0.00	18.85	0	0	0	0	1000.000
11	0.50	18.85	0	286	0	-75212	262.725
21	1.00	18.85	0	573	0	-75212	131.362
31	1.50	18.85	9	859	3962	376536	438.428
41	2.00	18.85	99	1145	24070	278639	243.329
51	2.50	18.85	368	1431	26270	102262	71.443
61	3.00	18.85	878	1718	20538	40189	23.398
71	3.50	18.85	1440	2004	18345	25528	12.739
81	4.00	18.85	2094	2290	17367	18997	8.295
91	4.50	18.85	3044	2576	16631	14075	5.463
101	5.00	18.85	4416	2863	16085	10428	3.643
111	5.45	18.85	5360	3120	15911	9263	2.969
121	5.95	18.85	5420	3407	16032	10077	2.958
131	6.45	18.85	4762	3693	16431	12741	3.450
141	6.95	18.85	3682	3979	17326	18724	4.705
151	7.45	18.85	2440	4266	19669	34381	8.060
161	7.95	18.85	1271	4552	25416	91034	20.000
171	8.45	18.85	390	4838	23271	288814	59.696
181	8.95	18.85	4	5124	268	382340	74.612

**Verifica armature a taglio - Combinazione nr. 3**

n°	Y	T	T <sub>R</sub>	CS <sub>T</sub>
1	0.00	0	24145	1000.000
11	0.50	0	24145	1000.000
21	1.00	0	24145	1000.000
31	1.50	66	24145	365.079
41	2.00	326	24145	74.120
51	2.50	781	24145	30.900
61	3.00	1124	24145	21.484
71	3.50	1132	24145	21.329
81	4.00	1560	24145	15.478
91	4.50	2282	24145	10.579
101	5.00	3241	24145	7.449
111	5.45	951	24145	25.378
121	5.95	-772	24145	31.260
131	6.45	-1871	24145	12.904
141	6.95	-2419	24145	9.981
151	7.45	-2478	24145	9.745
161	7.95	-2091	24145	11.549
171	8.45	-1285	24145	18.791
181	8.95	-72	24145	336.320

**Verifica armature a presso-flessione - Combinazione nr. 4**

PROGETTO ESECUTIVO

n°	Y	A <sub>r</sub>	M	N	M <sub>u</sub>	N <sub>u</sub>	CS
1	0.00	18.85	0	0	0	0	1000.000
11	0.50	18.85	0	286	0	-75212	262.725
21	1.00	18.85	0	573	0	-75212	131.362
31	1.50	18.85	10	859	4176	376200	438.037
41	2.00	18.85	97	1145	23882	281355	245.701
51	2.50	18.85	351	1431	26642	108631	75.892
61	3.00	18.85	817	1718	21193	44566	25.946
71	3.50	18.85	1340	2004	18710	27970	13.958
81	4.00	18.85	2026	2290	17482	19761	8.628
91	4.50	18.85	3007	2576	16660	14274	5.540
101	5.00	18.85	4392	2863	16094	10490	3.664
111	5.45	18.85	5359	3120	15911	9264	2.969
121	5.95	18.85	5436	3407	16027	10044	2.948
131	6.45	18.85	4785	3693	16421	12673	3.432
141	6.95	18.85	3704	3979	17307	18592	4.672
151	7.45	18.85	2457	4266	19622	34066	7.986
161	7.95	18.85	1280	4552	25346	90109	19.796
171	8.45	18.85	393	4838	23364	287678	59.461
181	8.95	18.85	4	5124	270	382336	74.611

Verifica armature a taglio - Combinazione nr. 4

n°	Y	T	T <sub>R</sub>	CS <sub>T</sub>
1	0.00	0	24145	1000.000
11	0.50	0	24145	1000.000
21	1.00	0	24145	1000.000
31	1.50	67	24145	358.030
41	2.00	312	24145	77.307
51	2.50	728	24145	33.182
61	3.00	1020	24145	23.671
71	3.50	1150	24145	21.001
81	4.00	1630	24145	14.814
91	4.50	2331	24145	10.361
101	5.00	3243	24145	7.445
111	5.45	996	24145	24.236
121	5.95	-751	24145	32.146
131	6.45	-1867	24145	12.931
141	6.95	-2427	24145	9.950
151	7.45	-2491	24145	9.692
161	7.95	-2105	24145	11.470
171	8.45	-1295	24145	18.647
181	8.95	-72	24145	333.518

Verifica armature a presso-flessione - Combinazione nr. 5

n°	Y	A <sub>r</sub>	M	N	M <sub>u</sub>	N <sub>u</sub>	CS
1	0.00	18.85	0	0	0	0	1000.000
11	0.50	18.85	1	286	1491	380419	1328.846
21	1.00	18.85	9	573	5835	373595	652.505
31	1.50	18.85	30	859	12778	362689	422.305
41	2.00	18.85	92	1145	23239	289202	252.553
51	2.50	18.85	269	1431	28765	153116	106.970
61	3.00	18.85	622	1718	23282	64335	37.455
71	3.50	18.85	1047	2004	20358	38983	19.453

PROGETTO ESECUTIVO

81	4.00	18.85	1519	2290	18755	28272	12.345
91	4.50	18.85	2092	2576	17806	21926	8.510
101	5.00	18.85	2868	2863	17075	17046	5.954
111	5.45	18.85	3380	3120	16852	15557	4.985
121	5.95	18.85	3366	3407	17117	17323	5.085
131	6.45	18.85	2932	3693	17898	22547	6.105
141	6.95	18.85	2253	3979	19741	34863	8.761
151	7.45	18.85	1487	4266	23554	67568	15.841
161	7.95	18.85	772	4552	28592	168616	37.044
171	8.45	18.85	236	4838	17091	350153	72.374
181	8.95	18.85	2	5124	162	382506	74.645

Verifica armature a taglio - Combinazione nr. 5

n°	Y	T	T <sub>R</sub>	CS <sub>T</sub>
1	0.00	0	24145	1000.000
11	0.50	7	24145	3604.796
21	1.00	27	24145	901.199
31	1.50	63	24145	383.850
41	2.00	211	24145	114.346
51	2.50	523	24145	46.124
61	3.00	807	24145	29.907
71	3.50	895	24145	26.992
81	4.00	1010	24145	23.910
91	4.50	1316	24145	18.350
101	5.00	1817	24145	13.286
111	5.45	461	24145	52.369
121	5.95	-553	24145	43.675
131	6.45	-1192	24145	20.261
141	6.95	-1502	24145	16.080
151	7.45	-1520	24145	15.885
161	7.95	-1274	24145	18.955
171	8.45	-779	24145	30.983
181	8.95	-43	24145	556.430

Verifica armature a presso-flessione - Combinazione nr. 6

n°	Y	A <sub>r</sub>	M	N	M <sub>u</sub>	N <sub>u</sub>	CS
1	0.00	18.85	0	0	0	0	1000.000
11	0.50	18.85	2	286	2540	378770	1323.087
21	1.00	18.85	15	573	9818	367338	641.576
31	1.50	18.85	61	859	21820	306469	356.844
41	2.00	18.85	220	1145	28612	149259	130.344
51	2.50	18.85	590	1431	22451	54477	38.059
61	3.00	18.85	1230	1718	18363	25653	14.935
71	3.50	18.85	1996	2004	17093	17161	8.564
81	4.00	18.85	3004	2290	16395	12497	5.457
91	4.50	18.85	4400	2576	15919	9321	3.618
101	5.00	18.85	6303	2863	15584	7078	2.472
111	5.45	18.85	7774	3120	15453	6203	1.988
121	5.95	18.85	8070	3407	15504	6545	1.921
131	6.45	18.85	7197	3693	15733	8073	2.186
141	6.95	18.85	5619	3979	16246	11506	2.891
151	7.45	18.85	3749	4266	17504	19914	4.669
161	7.95	18.85	1963	4552	22199	51481	11.310

PROGETTO ESECUTIVO

171	8.45	18.85	605	4838	27292	218417	45.145
181	8.95	18.85	6	5124	417	382106	74.567

**Verifica armature a taglio - Combinazione nr. 6**

n°	Y	T	T <sub>R</sub>	CS <sub>T</sub>
1	0.00	0	24145	1000.000
11	0.50	11	24145	2106.373
21	1.00	46	24145	526.593
31	1.50	171	24145	141.527
41	2.00	496	24145	48.706
51	2.50	1014	24145	23.806
61	3.00	1433	24145	16.852
71	3.50	1712	24145	14.107
81	4.00	2364	24145	10.214
91	4.50	3259	24145	7.408
101	5.00	4390	24145	5.500
111	5.45	1896	24145	12.733
121	5.95	-854	24145	28.276
131	6.45	-2666	24145	9.057
141	6.95	-3605	24145	6.697
151	7.45	-3765	24145	6.413
161	7.95	-3213	24145	7.515
171	8.45	-1989	24145	12.139
181	8.95	-112	24145	216.100

**Verifica armature a presso-flessione - Combinazione nr. 7**

n°	Y	M	N	A <sub>f</sub>	σ <sub>c</sub>	σ <sub>f</sub>
1	0.00	0	0	18.85	0.00	0.00
11	0.50	0	286	18.85	0.11	1.67
21	1.00	0	573	18.85	0.22	3.34
31	1.50	0	859	18.85	0.33	5.01
41	2.00	21	1145	18.85	0.56	7.93
51	2.50	129	1431	18.85	1.32	16.37
61	3.00	380	1718	18.85	4.06	50.09
71	3.50	664	2004	18.85	7.62	135.98
81	4.00	948	2290	18.85	11.17	225.94
91	4.50	1278	2576	18.85	15.32	334.46
101	5.00	1751	2863	18.85	21.29	497.70
111	5.45	2077	3120	18.85	25.37	606.99
121	5.95	2075	3407	18.85	25.23	589.12
131	6.45	1811	3693	18.85	21.69	471.34
141	6.95	1394	3979	18.85	16.12	298.12
151	7.45	921	4266	18.85	9.76	116.55
161	7.95	478	4552	18.85	4.70	57.14
171	8.45	146	4838	18.85	2.72	37.11
181	8.95	1	5124	18.85	2.00	29.96

**Verifica armature a taglio - Combinazione nr. 7**

n°	Y	T	τ <sub>c</sub>	σ <sub>st</sub>
1	0.00	0	0.00	0.00
11	0.50	0	0.00	0.00

PROGETTO ESECUTIVO

21	1.00	0	0.00	0.00
31	1.50	3	0.00	0.88
41	2.00	104	0.06	34.94
51	2.50	356	0.23	132.33
61	3.00	566	0.43	249.20
71	3.50	566	0.40	229.78
81	4.00	581	0.40	228.72
91	4.50	773	0.52	299.13
101	5.00	1147	0.76	437.98
111	5.45	302	0.20	114.82
121	5.95	-331	0.22	126.35
131	6.45	-731	0.49	283.04
141	6.95	-926	0.65	372.46
151	7.45	-940	0.73	415.79
161	7.95	-789	0.55	314.55
171	8.45	-483	0.28	162.26
181	8.95	-27	0.02	9.04

Verifica armature a presso-flessione - Combinazione nr. 8

n°	Y	M	N	A <sub>f</sub>	σ <sub>c</sub>	σ <sub>f</sub>
1	0.00	0	0	18.85	0.00	0.00
11	0.50	0	286	18.85	0.11	1.67
21	1.00	0	573	18.85	0.22	3.34
31	1.50	0	859	18.85	0.33	5.01
41	2.00	21	1145	18.85	0.56	7.93
51	2.50	129	1431	18.85	1.32	16.37
61	3.00	380	1718	18.85	4.06	50.09
71	3.50	664	2004	18.85	7.62	135.98
81	4.00	948	2290	18.85	11.17	225.94
91	4.50	1278	2576	18.85	15.32	334.46
101	5.00	1751	2863	18.85	21.29	497.70
111	5.45	2077	3120	18.85	25.37	606.99
121	5.95	2075	3407	18.85	25.23	589.12
131	6.45	1811	3693	18.85	21.69	471.34
141	6.95	1394	3979	18.85	16.12	298.12
151	7.45	921	4266	18.85	9.76	116.55
161	7.95	478	4552	18.85	4.70	57.14
171	8.45	146	4838	18.85	2.72	37.11
181	8.95	1	5124	18.85	2.00	29.96

Verifica armature a taglio - Combinazione nr. 8

n°	Y	T	τ <sub>c</sub>	σ <sub>st</sub>
1	0.00	0	0.00	0.00
11	0.50	0	0.00	0.00
21	1.00	0	0.00	0.00
31	1.50	3	0.00	0.88
41	2.00	104	0.06	34.94
51	2.50	356	0.23	132.33
61	3.00	566	0.43	249.20
71	3.50	566	0.40	229.78
81	4.00	581	0.40	228.72
91	4.50	773	0.52	299.13
101	5.00	1147	0.76	437.98

PROGETTO ESECUTIVO

111	5.45	302	0.20	114.82
121	5.95	-331	0.22	126.35
131	6.45	-731	0.49	283.04
141	6.95	-926	0.65	372.46
151	7.45	-940	0.73	415.79
161	7.95	-789	0.55	314.55
171	8.45	-483	0.28	162.26
181	8.95	-27	0.02	9.04

Verifica armature a presso-flessione - Combinazione nr. 9

n°	Y	M	N	A <sub>f</sub>	σ <sub>c</sub>	σ <sub>f</sub>
1	0.00	0	0	18.85	0.00	0.00
11	0.50	0	286	18.85	0.11	1.67
21	1.00	0	573	18.85	0.22	3.34
31	1.50	0	859	18.85	0.33	5.01
41	2.00	21	1145	18.85	0.56	7.93
51	2.50	129	1431	18.85	1.32	16.37
61	3.00	380	1718	18.85	4.06	50.09
71	3.50	664	2004	18.85	7.62	135.98
81	4.00	948	2290	18.85	11.17	225.94
91	4.50	1278	2576	18.85	15.32	334.46
101	5.00	1751	2863	18.85	21.29	497.70
111	5.45	2077	3120	18.85	25.37	606.99
121	5.95	2075	3407	18.85	25.23	589.12
131	6.45	1811	3693	18.85	21.69	471.34
141	6.95	1394	3979	18.85	16.12	298.12
151	7.45	921	4266	18.85	9.76	116.55
161	7.95	478	4552	18.85	4.70	57.14
171	8.45	146	4838	18.85	2.72	37.11
181	8.95	1	5124	18.85	2.00	29.96

Verifica armature a taglio - Combinazione nr. 9

n°	Y	T	τ <sub>c</sub>	σ <sub>st</sub>
1	0.00	0	0.00	0.00
11	0.50	0	0.00	0.00
21	1.00	0	0.00	0.00
31	1.50	3	0.00	0.88
41	2.00	104	0.06	34.94
51	2.50	356	0.23	132.33
61	3.00	566	0.43	249.20
71	3.50	566	0.40	229.78
81	4.00	581	0.40	228.72
91	4.50	773	0.52	299.13
101	5.00	1147	0.76	437.98
111	5.45	302	0.20	114.82
121	5.95	-331	0.22	126.35
131	6.45	-731	0.49	283.04
141	6.95	-926	0.65	372.46
151	7.45	-940	0.73	415.79
161	7.95	-789	0.55	314.55
171	8.45	-483	0.28	162.26
181	8.95	-27	0.02	9.04

PROGETTO ESECUTIVO

**Verifica armature a presso-flessione - Combinazione nr. 10**

n°	Y	M	N	A <sub>f</sub>	σ <sub>c</sub>	σ <sub>f</sub>
1	0.00	0	0	18.85	0.00	0.00
11	0.50	0	286	18.85	0.11	1.70
21	1.00	4	573	18.85	0.24	3.55
31	1.50	12	859	18.85	0.40	5.74
41	2.00	49	1145	18.85	0.73	9.65
51	2.50	185	1431	18.85	1.79	20.97
61	3.00	476	1718	18.85	5.31	82.98
71	3.50	816	2004	18.85	9.60	192.61
81	4.00	1174	2290	18.85	14.12	311.89
91	4.50	1601	2576	18.85	19.49	457.74
101	5.00	2194	2863	18.85	26.99	667.63
111	5.45	2594	3120	18.85	32.01	805.55
121	5.95	2588	3407	18.85	31.81	785.52
131	6.45	2256	3693	18.85	27.43	640.98
141	6.95	1735	3979	18.85	20.56	425.96
151	7.45	1145	4266	18.85	12.71	192.93
161	7.95	595	4552	18.85	5.76	67.37
171	8.45	182	4838	18.85	2.93	39.28
181	8.95	2	5124	18.85	2.00	29.98

**Verifica armature a taglio - Combinazione nr. 10**

n°	Y	T	τ <sub>c</sub>	σ <sub>st</sub>
1	0.00	0	0.00	0.00
11	0.50	3	0.00	0.89
21	1.00	11	0.01	3.57
31	1.50	27	0.02	8.92
41	2.00	147	0.09	49.23
51	2.50	422	0.32	184.04
61	3.00	662	0.48	277.56
71	3.50	697	0.48	274.75
81	4.00	751	0.51	290.00
91	4.50	988	0.66	377.08
101	5.00	1413	0.93	534.47
111	5.45	365	0.24	137.74
121	5.95	-419	0.28	158.51
131	6.45	-914	0.61	348.88
141	6.95	-1154	0.79	451.98
151	7.45	-1170	0.86	493.85
161	7.95	-981	0.75	429.26
171	8.45	-601	0.35	201.78
181	8.95	-33	0.02	11.24

**Verifica armature a presso-flessione - Combinazione nr. 11**

n°	Y	M	N	A <sub>f</sub>	σ <sub>c</sub>	σ <sub>f</sub>
1	0.00	0	0	18.85	0.00	0.00
11	0.50	0	286	18.85	0.11	1.70
21	1.00	4	573	18.85	0.24	3.55
31	1.50	12	859	18.85	0.40	5.74
41	2.00	49	1145	18.85	0.73	9.65

PROGETTO ESECUTIVO

51	2.50	185	1431	18.85	1.79	20.97
61	3.00	476	1718	18.85	5.31	82.98
71	3.50	816	2004	18.85	9.60	192.61
81	4.00	1174	2290	18.85	14.12	311.89
91	4.50	1601	2576	18.85	19.49	457.74
101	5.00	2194	2863	18.85	26.99	667.63
111	5.45	2594	3120	18.85	32.01	805.55
121	5.95	2588	3407	18.85	31.81	785.52
131	6.45	2256	3693	18.85	27.43	640.98
141	6.95	1735	3979	18.85	20.56	425.96
151	7.45	1145	4266	18.85	12.71	192.93
161	7.95	595	4552	18.85	5.76	67.37
171	8.45	182	4838	18.85	2.93	39.28
181	8.95	2	5124	18.85	2.00	29.98

Verifica armature a taglio - Combinazione nr. 11

n°	Y	T	$\tau_c$	$\sigma_{st}$
1	0.00	0	0.00	0.00
11	0.50	3	0.00	0.89
21	1.00	11	0.01	3.57
31	1.50	27	0.02	8.92
41	2.00	147	0.09	49.23
51	2.50	422	0.32	184.04
61	3.00	662	0.48	277.56
71	3.50	697	0.48	274.75
81	4.00	751	0.51	290.00
91	4.50	988	0.66	377.08
101	5.00	1413	0.93	534.47
111	5.45	365	0.24	137.74
121	5.95	-419	0.28	158.51
131	6.45	-914	0.61	348.88
141	6.95	-1154	0.79	451.98
151	7.45	-1170	0.86	493.85
161	7.95	-981	0.75	429.26
171	8.45	-601	0.35	201.78
181	8.95	-33	0.02	11.24

Verifica armature a presso-flessione - Combinazione nr. 12

n°	Y	M	N	A <sub>f</sub>	$\sigma_c$	$\sigma_f$
1	0.00	0	0	18.85	0.00	0.00
11	0.50	0	286	18.85	0.11	1.70
21	1.00	4	573	18.85	0.24	3.55
31	1.50	12	859	18.85	0.40	5.74
41	2.00	49	1145	18.85	0.73	9.65
51	2.50	185	1431	18.85	1.79	20.97
61	3.00	476	1718	18.85	5.31	82.98
71	3.50	816	2004	18.85	9.60	192.61
81	4.00	1174	2290	18.85	14.12	311.89
91	4.50	1601	2576	18.85	19.49	457.74
101	5.00	2194	2863	18.85	26.99	667.63
111	5.45	2594	3120	18.85	32.01	805.55
121	5.95	2588	3407	18.85	31.81	785.52
131	6.45	2256	3693	18.85	27.43	640.98



PROGETTO ESECUTIVO

141	6.95	1735	3979	18.85	20.56	425.96
151	7.45	1145	4266	18.85	12.71	192.93
161	7.95	595	4552	18.85	5.76	67.37
171	8.45	182	4838	18.85	2.93	39.28
181	8.95	2	5124	18.85	2.00	29.98

Verifica armature a taglio - Combinazione nr. 12

n°	Y	T	$\tau_c$	$\sigma_{st}$
1	0.00	0	0.00	0.00
11	0.50	3	0.00	0.89
21	1.00	11	0.01	3.57
31	1.50	27	0.02	8.92
41	2.00	147	0.09	49.23
51	2.50	422	0.32	184.04
61	3.00	662	0.48	277.56
71	3.50	697	0.48	274.75
81	4.00	751	0.51	290.00
91	4.50	988	0.66	377.08
101	5.00	1413	0.93	534.47
111	5.45	365	0.24	137.74
121	5.95	-419	0.28	158.51
131	6.45	-914	0.61	348.88
141	6.95	-1154	0.79	451.98
151	7.45	-1170	0.86	493.85
161	7.95	-981	0.75	429.26
171	8.45	-601	0.35	201.78
181	8.95	-33	0.02	11.24

Verifica a SLU \* Diagrammi M-N delle sezioni

Di seguito sono riportati per ogni tratto di armatura i diagrammi di interazione  $M_u-N_u$  della sezione; sono stati calcolati 16 punti per ogni sezione analizzata.

Per la costruzione dei diagrammi limiti si sono assunti i seguenti valori:

Tensione caratteristica cubica del cls	$R_{bk} = 357$ [kg/cmq]
Tensione caratteristica cilindrica del cls ( $0.83 \times R_{bk}$ )	$R_{ck} = 296$ (Kg/cm <sup>2</sup> )
Fattore di riduzione per carico di lunga permanenza	$\psi = 0.85$
Tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio	$f_{yk} = 4589$ [kg/cmq]
Coefficiente di sicurezza cls	$\gamma_c = 1.50$
Coefficiente di sicurezza acciaio	$\gamma_s = 1.15$
Resistenza di calcolo del cls ( $\psi R_{ck} / \gamma_c$ )	$R^*_c = 168$ (Kg/cm <sup>2</sup> )
Resistenza di calcolo dell'acciaio ( $f_{yk} / \gamma_s$ )	$R^*_s = 3990$ (Kg/cm <sup>2</sup> )
Modulo elastico dell'acciaio	$E_s = 2100000$ (Kg/cm <sup>2</sup> )
Deformazione ultima del calcestruzzo	$\epsilon_{cu} = 0.0035$ (0.35%)
Deformazione del calcestruzzo al limite elastoplastico	$\epsilon_{ck} = 0.0020$ (0.20%)
Deformazione ultima dell'acciaio	$\epsilon_{yu} = 0.0100$ (1.00%)
Deformazione dell'acciaio al limite elastico ( $R^*_s / E_s$ )	$\epsilon_{yk} = 0.0015$ (0.19%)

Legame costitutivo del calcestruzzo

PROGETTO ESECUTIVO

Per il legame costitutivo del calcestruzzo si assume il diagramma parabola-rettangolo espresso dalle seguenti relazioni:

Tratto parabolico:  $0 \leq \varepsilon_c \leq \varepsilon_{ck}$

$$\sigma_c = \frac{R'_c (2\varepsilon_c \varepsilon_{ck} - \varepsilon_c^2)}{\varepsilon_{ck}^2}$$

Tratto rettangolare:  $\varepsilon_{ck} < \varepsilon_c \leq \varepsilon_{cu}$

$$\sigma_c = R'_c$$

Legame costitutivo dell'acciaio

Per l'acciaio si assume un comportamento elastico-perfettamente plastico espresso dalle seguenti relazioni:

$$\sigma_s = E_s \varepsilon_s \quad \text{per } 0 \leq \varepsilon_s \leq \varepsilon_{sy}$$

$$\sigma_s = R'_s \quad \text{per } \varepsilon_{sy} < \varepsilon_s \leq \varepsilon_{su}$$

**Tratto armatura 1**

Nr	N <sub>u</sub>	M <sub>u</sub>
1	-75212.19	0.00
2	0.00	14524.59
3	51034.76	22161.27
4	76552.14	24311.12
5	102069.52	26258.49
6	127586.89	27748.94
7	153104.27	28764.75
8	178621.65	28480.91
9	204139.03	27819.14
10	229656.41	26876.42
11	255173.79	25598.39
12	280691.17	23935.94
13	306208.55	21845.83
14	331725.93	19290.95
15	357243.31	16244.45
16	382760.68	0.00
17	382760.68	0.00
18	357243.31	-16244.45
19	331725.93	-19290.95
20	306208.55	-21845.83
21	280691.17	-23935.94
22	255173.79	-25598.39
23	229656.41	-26876.42
24	204139.03	-27819.14
25	178621.65	-28480.91
26	153104.27	-28764.75
27	127586.89	-27748.94
28	102069.52	-26258.49
29	76552.14	-24311.12
30	51034.76	-22161.27
31	0.00	-14524.59
32	-75212.19	0.00

Verifica sezione cordoli

*Simbologia adottata*

$M_h$  momento flettente espresso in [kgm] nel piano orizzontale

$T_h$  taglio espresso in [kg] nel piano orizzontale

$M_v$  momento flettente espresso in [kgm] nel piano verticale

$T_v$  taglio espresso in [kg] nel piano verticale

**Cordolo N° 1 (X=0.00 m) (Cordolo in c.a.)**

$B=70.00$  [cm]

$H=70.00$  [cm]

$A_{iv}=4.52$  [cmq]

$A_{ih}=3.39$  [cmq]

Staffe  $\phi 10/25.00$

$M_h=3073$  [kgm]

$T_h=6146$  [kg]

$M_v=300$  [kgm]

$T_v=858$  [kg]

$\sigma_c = 13.65$  [kg/cmq]

$\sigma_f = 1122$  [kg/cmq]

$\tau_c = 1.61$  [kg/cmq]