

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.

**PA67- Paratia di pali in opera 33.50 m - da 0+043.800 TR52 a 0+074.990 TR52
Relazione di calcolo**

Codice Unico Progetto (CUP) : F91B09000070001

Codice Elaborato:

PA12_09 - E 0 0 0 | I N 2 5 2 | P A 6 7 | 6 C L 0 1 7 | 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

1	GENERALITÀ	1
1.1	PREMESSA	1
1.2	DESCRIZIONE DELL'OPERA	1
2	NORMATIVE DI RIFERIMENTO	3
3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	4
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
4	PARAMETRI E COEFFICIENTI SISMICI	9
4.1	GENERALITÀ.....	9
5	CRITERI DI PROGETTAZIONE E DI CALCOLO	12
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
6	TABULATI DI CALCOLO DELL'OPERA	18
6.1	TABULATI PARATIA DI PALI TIPO "E11"	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 PA.67 posta tra le progressive 0+043.800km e 0+074.990km del Tronco 52.

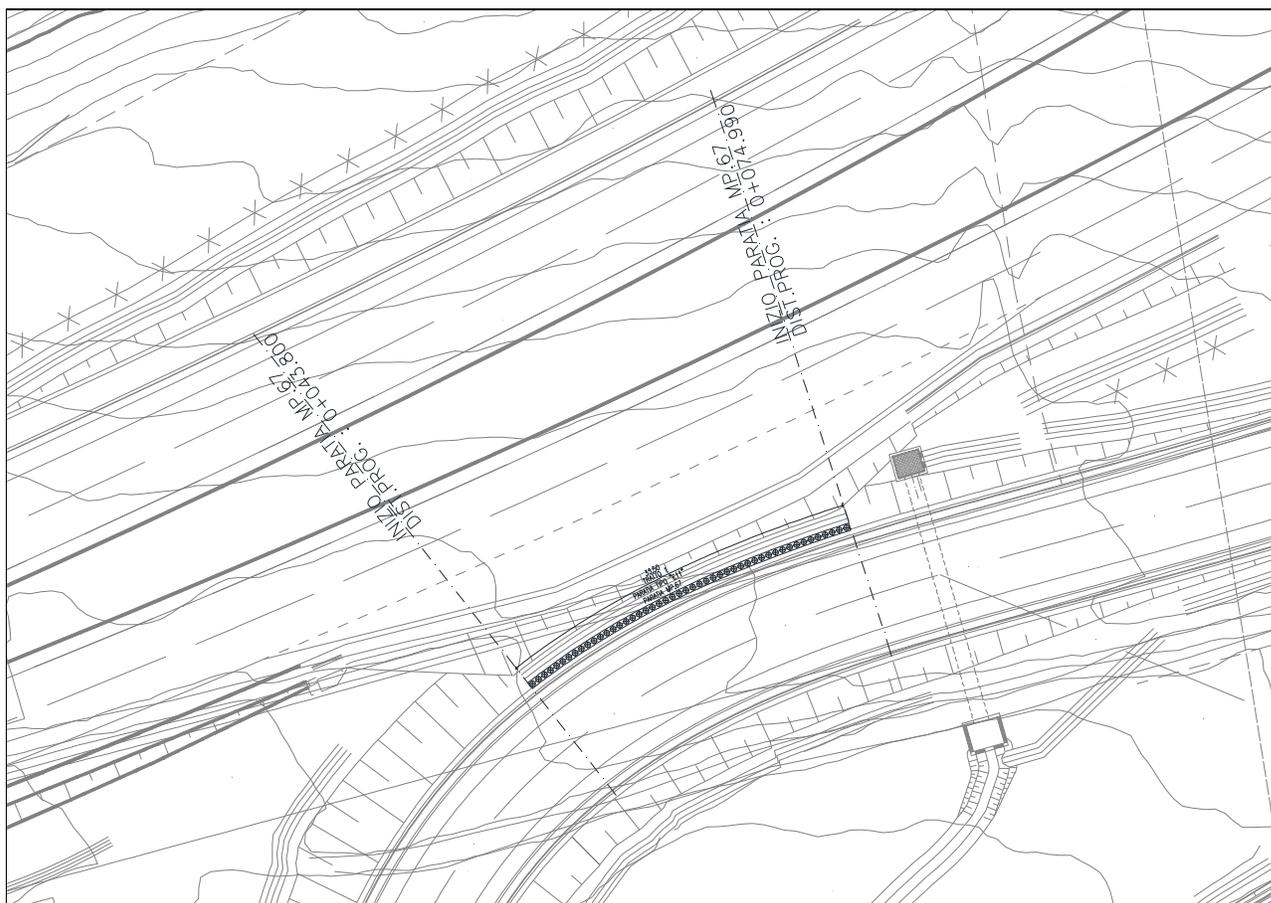


Figura 1.1. Stralcio Planimetrico

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 Trattii

TRATTO	-	1
∅ - DIAMETRO PERFORAZIONE PALI	[mm]	540
i - INTERASSE PALI	[m]	0.70
H _p - PROFONDITA' PERFORAZIONE PALI	[m]	8.30
H _{inf} - PROFONDITA' D'INFISSIONE MINIMA	[m]	5.00
N° - NUMERO PALI PER TRATTO	-	48
BxH - SEZIONE TRAVE DI COLLEGAMENTO	[cmxcm]	70x70

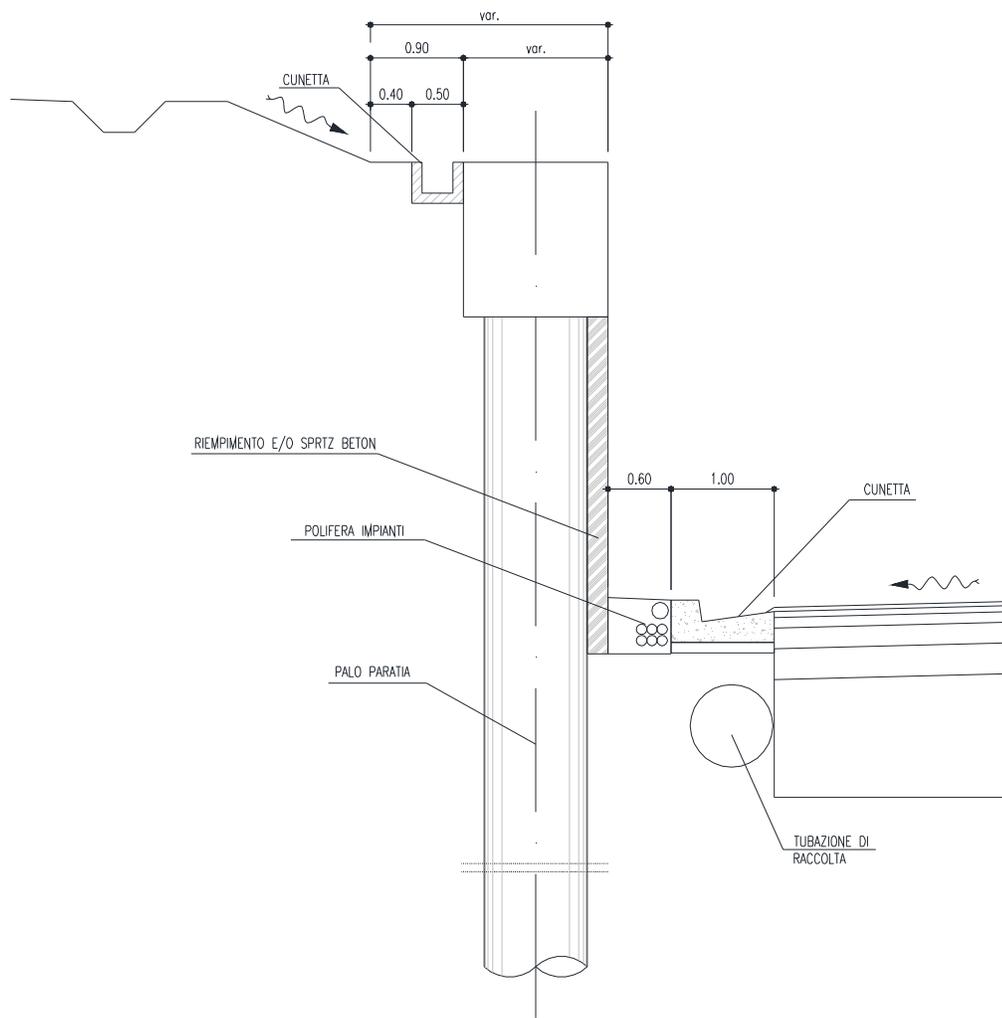


Figura 1.2. Sezione Tipologica

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

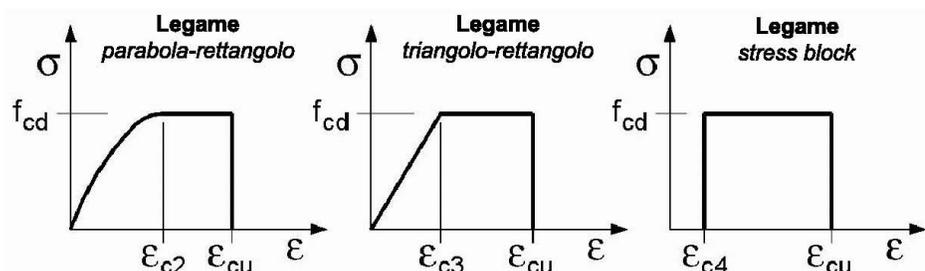
Per classi di resistenza pari o inferiori a C50/60

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

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

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

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



3.1.1 Magrone di Fondazione

Caratteristiche Generali

cl-res =	C12\15	Classe di Resistenza
cl-esp =	XA2	Classe di Esposizione
Cons =	S1 - Umida	Consistenza

3.1.2 Pali di Fondazione

Caratteristiche Generali

cl-res =	C28\35	Classe di Resistenza
cl-esp =	XA2	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%
$f_{cfk,5\%}$ =	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
$f_{cfd} =$	1.59	MPa	Resistenza di Calcolo a trazione pre flessione
$f_{cfd.sp<50} =$	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 ³	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 =	XA2		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

γ_c =	1.5		Coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo
α_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

γ_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/m³ 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

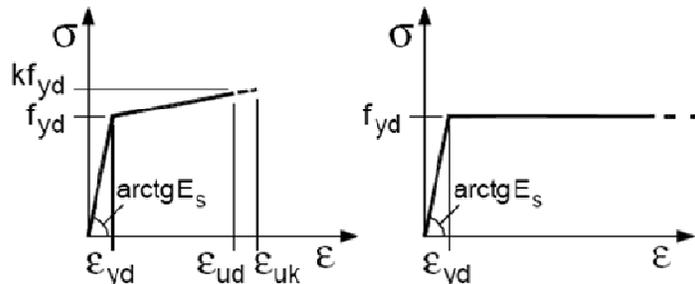
3.2.1 Acciaio d'armatura

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
$(f_t / f_y)_{k,10\%} \geq 1.25$ < 1.35		Valore caratteristico con frattile del 10% del rapporto tra la tensione di rottura effettiva e la tensione di snervamento
$(A_{gt})_{k,10\%} \geq 7.5\%$		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

Tipo = Feb44k		
$E_s = 206000$	MPa	Modulo Elastico
$\gamma_c = 78.50$	kN/m ³	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 contempi 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 $T_R > 2475$ anni si assume $T_R = 2475$ 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 rigidezza 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

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

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 ρ 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 γ_{sat} è il peso di volume saturo del terreno (dipendente dall'indice dei pori) e γ_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
- α 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
- β 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.

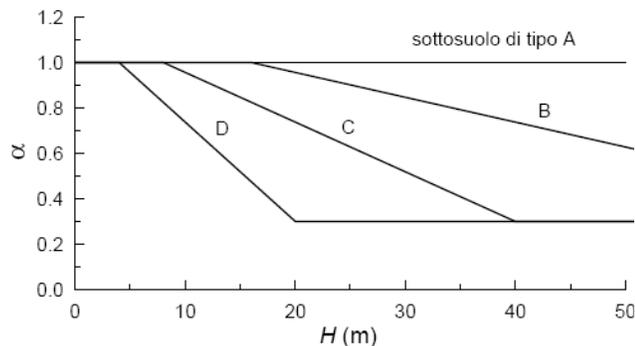


Figura 5.1. Diagramma per la valutazione del coefficiente di deformabilità α (Fig. 7.11.2 NTC08)

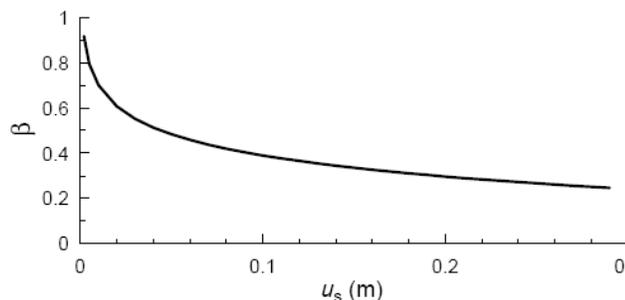


Figura 5.2. Diagramma per la valutazione del coefficiente di deformabilità α (Fig. 7.11.2 NTC08)

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 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 riassembleta 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 riassembleggio 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 α_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 ϕ_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 η . 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 "E11"

Geometria paratia

Tipo paratia: **Paratia di pali**

Altezza fuori terra	4.00	[m]
Profondità di infissione	5.00	[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 [cm³]

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	5.13	2.25	34.05
4	14.95	1.92	-1.92
5	19.09	3.20	17.18

PROGETTO ESECUTIVO

Profilo di valle

N	X	Y	A
1	-10.00	-4.00	0.00
2	0.00	-4.00	0.00

Descrizione terreni

Simbologia adottata

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

Descrizione Descrizione del terreno

γ peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]

γ_s peso di volume saturo del terreno espresso [kg/mc]

ϕ angolo d'attrito interno del terreno espresso in [°]

δ angolo d'attrito terreno/paratia espresso in [°]

c coesione del terreno espressa in [kg/cm²]

n°	Descrizione	γ	γ_s	ϕ	δ	c
1	1_C-Arg Sommtali	2010.00	2110.00	24.40	16.27	0.100
2	1_C-Arg Intermedie	2020.00	2120.00	27.10	18.07	0.290

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/cm²/cm

α inclinazione dello strato espressa in GRADI(°)

Terreno Terreno associato allo strato

n°	sp	α	kw	Terreno
1	5.75	0.00	1.06	1_C-Arg Sommtali
2	30.00	0.00	7.29	1_C-Arg Intermedie

Caratteristiche materiali utilizzati

Calcestruzzo

Peso specifico	2500	[kg/mc]
Classe di Resistenza	C28/35	
Resistenza caratteristica a compressione R_{ck}	357	[kg/cm ²]
Tensione ammissibile a compressione σ_c	112	[kg/cm ²]
Tensione tangenziale ammissibile τ_{c0}	6.8	[kg/cm ²]
Tensione tangenziale ammissibile τ_{c1}	19.9	[kg/cm ²]

Acciaio

Tipo	B450C	
Tensione ammissibile σ_{fa}	4589	[kg/cm ²]
Tensione di snervamento f_{yk}	4589	[kg/cm ²]

PROGETTO ESECUTIVO

Caratteristiche acciaio cordoli in c.a.

Tipo	B450C	
Tensione ammissibile σ_{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	$X_i = 5.13$	$X_f = 14.95$	$Q_i = 2000$	$Q_f = 2000$
--------------------------------	--------------	---------------	--------------	--------------

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 0.20

Combinazione n° 6 [DA1- A2M2]

Spinta terreno

Condizione 1 (Condizione 1 / sisma V+) x 0.20

Combinazione n° 7

Spinta terreno

Condizione 1 (Condizione 1) x 0.20

Combinazione n° 8

Spinta terreno

PROGETTO ESECUTIVO

Condizione 1 (Condizione 1) x 0.50

Combinazione n° 9

Spinta terreno

Condizione 1 (Condizione 1) x 1.00

Combinazione n° 10

Spinta terreno

Condizione 1 (Condizione 1 / sisma V+) x 0.20

Combinazione n° 11

Spinta terreno

Condizione 1 (Condizione 1 / sisma V+) x 0.50

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>		A1	A2
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.30	1.00
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.50	1.30

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>			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	γ_{cu}		1.00	1.40
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}		1.00	1.60
Peso dell'unità di volume	γ_{γ}		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>		A1	A2
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.00	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

PROGETTO ESECUTIVO

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

Verifica materiali : Stato Limite Ultimo

Impostazioni di analisi

Analisi per Combinazioni di Carico.

Rottura del terreno Pressione passiva

Influenza δ (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 ²]	0.673
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale F_0	2.601
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante T_c^*	0.429
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.200
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (Ss)	1.500
Coefficiente di riduzione per tipo di sottosuolo (α)	0.978
Spostamento massimo senza riduzione di resistenza U_s [m]	0.045
Coefficiente di riduzione per spostamento massimo (β)	0.495
Coefficiente di intensità sismica (percento)	5.979

Combinazioni SLE

Accelerazione al suolo [m/s ²]	0.313
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale F_0	2.503
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante T_c^*	0.258
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.200
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (Ss)	1.500
Coefficiente di riduzione per tipo di sottosuolo (α)	0.978
Spostamento massimo senza riduzione di resistenza U_s [m]	0.045
Coefficiente di riduzione per spostamento massimo (β)	0.495
Coefficiente di intensità sismica (percento)	2.781
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale (kv)	0.00

Influenza sisma nella spinta attiva da monte

Forma diagramma incremento sismico : Triangolare con vertice in alto.

PROGETTO ESECUTIVO

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]

σ_{am} sigma attiva da monte

σ_{av} sigma attiva da valle

σ_{pm} sigma passiva da monte

σ_{pv} sigma passiva da valle

δ_a inclinazione spinta attiva espressa in [°]

δ_p inclinazione spinta passiva espressa in [°]

Combinazione nr. 1

Nr.	Y(m)	σ_{am}	σ_{av}	σ_{pm}	σ_{pv}	δ_a	δ_p
1	0.00	0	0	5178	0	16.3	16.3
11	1.00	0	0	21143	0	16.3	16.3
21	2.00	770	0	54991	0	16.3	16.3
31	3.00	1527	0	58266	0	16.3	16.3
41	4.00	4385	0	66434	5178	16.3	16.3
51	5.00	5573	0	78985	15476	16.3	16.3
61	5.80	3571	0	129577	40622	18.1	18.1
71	6.80	4519	0	155666	53011	18.1	18.1
81	7.80	5440	151	184239	65613	18.1	18.1
91	8.80	6323	1013	213315	78211	18.1	18.1

Combinazione nr. 2

Nr.	Y(m)	σ_{am}	σ_{av}	σ_{pm}	σ_{pv}	δ_a	δ_p
1	0.00	0	0	3280	0	13.1	13.1
11	1.00	0	0	9852	0	13.1	13.1
21	2.00	752	0	38442	0	13.1	13.1
31	3.00	1301	0	35130	0	13.1	13.1
41	4.00	4202	0	38840	3280	13.1	13.1
51	5.00	5156	0	43661	9104	13.1	13.1
61	5.80	3462	0	62505	22998	14.6	14.6
71	6.80	4334	0	75521	29635	14.6	14.6
81	7.80	5183	293	87821	36386	14.6	14.6
91	8.80	5997	1094	100584	43132	14.6	14.6

Combinazione nr. 3

Nr.	Y(m)	σ_{am}	σ_{av}	σ_{pm}	σ_{pv}	δ_a	δ_p
1	0.00	0	0	5178	0	16.3	16.3
11	1.00	0	0	21143	0	16.3	16.3
21	2.00	770	0	110316	0	16.3	16.3
31	3.00	1527	0	72870	0	16.3	16.3
41	4.00	5189	0	78797	5178	16.3	16.3
51	5.00	6340	0	87683	15476	16.3	16.3
61	5.80	4267	0	135221	40622	18.1	18.1
71	6.80	5284	0	160080	53011	18.1	18.1
81	7.80	6260	151	187647	65613	18.1	18.1

PROGETTO ESECUTIVO

91 8.80 7179 1013 216636 78211 18.1 18.1

Combinazione nr. 4

Nr.	Y(m)	σ_{am}	σ_{av}	σ_{pm}	σ_{pv}	δ_a	δ_p
1	0.00	0	0	3280	0	13.1	13.1
11	1.00	0	0	9852	0	13.1	13.1
21	2.00	752	0	38442	0	13.1	13.1
31	3.00	3252	0	54503	0	13.1	13.1
41	4.00	4951	0	48295	3280	13.1	13.1
51	5.00	5979	0	51776	9104	13.1	13.1
61	5.80	4206	0	70807	22998	14.6	14.6
71	6.80	5145	0	78706	29635	14.6	14.6
81	7.80	6043	293	90433	36386	14.6	14.6
91	8.80	6893	1094	103045	43132	14.6	14.6

Combinazione nr. 5

Nr.	Y(m)	σ_{am}	σ_{av}	σ_{pm}	σ_{pv}	δ_a	δ_p
1	0.00	0	0	5178	0	16.3	16.3
11	1.00	100	0	18011	0	16.3	16.3
21	2.00	529	0	46245	0	16.3	16.3
31	3.00	1248	0	47605	0	16.3	16.3
41	4.00	1574	0	53810	5178	16.3	16.3
51	5.00	4151	0	63190	13117	16.3	16.3
61	5.80	2109	0	105898	35355	18.1	18.1
71	6.80	2855	0	126005	44891	18.1	18.1
81	7.80	3573	0	148018	54590	18.1	18.1
91	8.80	4260	58	170499	64284	18.1	18.1

Combinazione nr. 6

Nr.	Y(m)	σ_{am}	σ_{av}	σ_{pm}	σ_{pv}	δ_a	δ_p
1	0.00	0	0	3280	0	13.1	13.1
11	1.00	189	0	9852	0	13.1	13.1
21	2.00	1130	0	38442	0	13.1	13.1
31	3.00	1869	0	37077	0	13.1	13.1
41	4.00	5073	0	40195	3280	13.1	13.1
51	5.00	5283	0	44875	9104	13.1	13.1
61	5.80	3576	0	63525	22998	14.6	14.6
71	6.80	4459	0	76016	29635	14.6	14.6
81	7.80	5316	293	88219	36386	14.6	14.6
91	8.80	6137	1094	100932	43132	14.6	14.6

Combinazione nr. 7

Nr.	Y(m)	σ_{am}	σ_{av}	σ_{pm}	σ_{pv}	δ_a	δ_p
1	0.00	0	0	5178	0	16.3	16.3
11	1.00	0	0	18011	0	16.3	16.3
21	2.00	329	0	46245	0	16.3	16.3
31	3.00	947	0	47605	0	16.3	16.3
41	4.00	1172	0	53810	5178	16.3	16.3
51	5.00	4151	0	63190	13117	16.3	16.3
61	5.80	2109	0	105898	35355	18.1	18.1
71	6.80	2855	0	126005	44891	18.1	18.1
81	7.80	3573	0	148018	54590	18.1	18.1
91	8.80	4260	58	170499	64284	18.1	18.1

PROGETTO ESECUTIVO

Combinazione nr. 8

Nr.	Y(m)	σ_{am}	σ_{av}	σ_{pm}	σ_{pv}	δ_a	δ_p
1	0.00	0	0	5178	0	16.3	16.3
11	1.00	0	0	18011	0	16.3	16.3
21	2.00	329	0	61012	0	16.3	16.3
31	3.00	947	0	50382	0	16.3	16.3
41	4.00	1245	0	56245	5178	16.3	16.3
51	5.00	4306	0	65002	13117	16.3	16.3
61	5.80	2247	0	107002	35355	18.1	18.1
71	6.80	3007	0	126848	44891	18.1	18.1
81	7.80	3737	0	148657	54590	18.1	18.1
91	8.80	4432	58	171129	64284	18.1	18.1

Combinazione nr. 9

Nr.	Y(m)	σ_{am}	σ_{av}	σ_{pm}	σ_{pv}	δ_a	δ_p
1	0.00	0	0	5178	0	16.3	16.3
11	1.00	0	0	18011	0	16.3	16.3
21	2.00	329	0	81568	0	16.3	16.3
31	3.00	947	0	55192	0	16.3	16.3
41	4.00	3528	0	60358	5178	16.3	16.3
51	5.00	4563	0	68022	13117	16.3	16.3
61	5.80	2473	0	108825	35355	18.1	18.1
71	6.80	3260	0	128269	44891	18.1	18.1
81	7.80	4009	0	149755	54590	18.1	18.1
91	8.80	4716	58	172208	64284	18.1	18.1

Combinazione nr. 10

Nr.	Y(m)	σ_{am}	σ_{av}	σ_{pm}	σ_{pv}	δ_a	δ_p
1	0.00	0	0	5178	0	16.3	16.3
11	1.00	15	0	18011	0	16.3	16.3
21	2.00	359	0	46245	0	16.3	16.3
31	3.00	993	0	47605	0	16.3	16.3
41	4.00	1234	0	53810	5178	16.3	16.3
51	5.00	4151	0	63190	13117	16.3	16.3
61	5.80	2109	0	105898	35355	18.1	18.1
71	6.80	2855	0	126005	44891	18.1	18.1
81	7.80	3573	0	148018	54590	18.1	18.1
91	8.80	4260	58	170499	64284	18.1	18.1

Combinazione nr. 11

Nr.	Y(m)	σ_{am}	σ_{av}	σ_{pm}	σ_{pv}	δ_a	δ_p
1	0.00	0	0	5178	0	16.3	16.3
11	1.00	43	0	18011	0	16.3	16.3
21	2.00	414	0	61012	0	16.3	16.3
31	3.00	1075	0	50382	0	16.3	16.3
41	4.00	1416	0	56245	5178	16.3	16.3
51	5.00	4306	0	65002	13117	16.3	16.3
61	5.80	2247	0	107002	35355	18.1	18.1
71	6.80	3007	0	126848	44891	18.1	18.1
81	7.80	3737	0	148657	54590	18.1	18.1
91	8.80	4432	58	171129	64284	18.1	18.1

PROGETTO ESECUTIVO

Combinazione nr. 12

Nr.	Y(m)	σ_{am}	σ_{av}	σ_{pm}	σ_{pv}	δ_a	δ_p
1	0.00	0	0	5178	0	16.3	16.3
11	1.00	79	0	18011	0	16.3	16.3
21	2.00	488	0	81568	0	16.3	16.3
31	3.00	1185	0	55192	0	16.3	16.3
41	4.00	3846	0	60358	5178	16.3	16.3
51	5.00	4563	0	68022	13117	16.3	16.3
61	5.80	2473	0	108825	35355	18.1	18.1
71	6.80	3260	0	128269	44891	18.1	18.1
81	7.80	4009	0	149755	54590	18.1	18.1
91	8.80	4716	58	172208	64284	18.1	18.1

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 80 elementi fuori terra e 100 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	4.00	[m]
Profondità di infissione	5.00	[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	3312.63	3.05
Risultante carichi esterni applicati	0.00	0.00
Resistenza passiva agente sulla paratia	-6320.57	5.59
Controspinta agente sulla paratia	3007.94	8.39
Spostamento massimo della paratia	0.76	0.00

Punto di nullo del diagramma	4.00	[m]
Punto di inversione del diagramma	5.80	[m]
Centro di rotazione	7.24	[m]
Percentuale molle plasticizzate	3.96	[%]
Portanza di punta	58159.72	[kg]

Combinazione nr. 2

Valore Y_a

PROGETTO ESECUTIVO

Spinta agente sulla paratia	4071.19	3.20
Risultante carichi esterni applicati	0.00	0.00
Resistenza passiva agente sulla paratia	-8269.21	5.84
Controspinta agente sulla paratia	4198.04	8.41
Spostamento massimo della paratia	1.04	0.00

Punto di nullo del diagramma	4.18	[m]
Punto di inversione del diagramma	5.80	[m]
Centro di rotazione	7.30	[m]
Percentuale molle plasticizzate	14.85	[%]
Portanza di punta	36179.04	[kg]

Combinazione nr. 3

	Valore	Y _a
Spinta agente sulla paratia	4583.87	3.23
Risultante carichi esterni applicati	0.00	0.00
Resistenza passiva agente sulla paratia	-8688.42	5.67
Controspinta agente sulla paratia	4104.55	8.40
Spostamento massimo della paratia	1.02	0.00

Punto di nullo del diagramma	4.00	[m]
Punto di inversione del diagramma	5.80	[m]
Centro di rotazione	7.28	[m]
Percentuale molle plasticizzate	6.93	[%]
Portanza di punta	58159.72	[kg]

Combinazione nr. 4

	Valore	Y _a
Spinta agente sulla paratia	6095.49	3.27
Risultante carichi esterni applicati	0.00	0.00
Resistenza passiva agente sulla paratia	-12871.77	5.98
Controspinta agente sulla paratia	6776.30	8.43
Spostamento massimo della paratia	1.66	0.00

Punto di nullo del diagramma	4.34	[m]
Punto di inversione del diagramma	5.80	[m]
Centro di rotazione	7.34	[m]
Percentuale molle plasticizzate	21.78	[%]
Portanza di punta	36179.04	[kg]

Combinazione nr. 5

	Valore	Y _a
Spinta agente sulla paratia	1643.33	3.09
Incremento sismico della spinta	803.21	2.67
Risultante carichi esterni applicati	0.00	0.00
Resistenza passiva agente sulla paratia	-4665.89	5.53
Controspinta agente sulla paratia	2219.35	8.38
Spostamento massimo della paratia	0.57	0.00

PROGETTO ESECUTIVO

Punto di nullo del diagramma	4.00	[m]
Punto di inversione del diagramma	5.80	[m]
Centro di rotazione	7.22	[m]
Percentuale molle plasticizzate	0.00	[%]
Portanza di punta	58159.72	[kg]

Combinazione nr. 6

	Valore	Y _a
Spinta agente sulla paratia	4282.65	3.30
Incremento sismico della spinta	1749.01	2.67
Risultante carichi esterni applicati	0.00	0.00
Resistenza passiva agente sulla paratia	-12832.05	5.93
Controspinta agente sulla paratia	6800.42	8.42
Spostamento massimo della paratia	1.69	0.00

Punto di nullo del diagramma	4.33	[m]
Punto di inversione del diagramma	5.80	[m]
Centro di rotazione	7.31	[m]
Percentuale molle plasticizzate	19.80	[%]
Portanza di punta	36179.04	[kg]

Combinazione nr. 7

	Valore	Y _a
Spinta agente sulla paratia	1675.50	3.08
Risultante carichi esterni applicati	0.00	0.00
Resistenza passiva agente sulla paratia	-3127.86	5.54
Controspinta agente sulla paratia	1452.36	8.39
Spostamento massimo della paratia	0.37	0.00

Punto di nullo del diagramma	4.00	[m]
Punto di inversione del diagramma	5.80	[m]
Centro di rotazione	7.24	[m]
Percentuale molle plasticizzate	0.00	[%]
Portanza di punta	58159.72	[kg]

Combinazione nr. 8

	Valore	Y _a
Spinta agente sulla paratia	1679.00	3.08
Risultante carichi esterni applicati	0.00	0.00
Resistenza passiva agente sulla paratia	-3133.44	5.54
Controspinta agente sulla paratia	1454.44	8.39
Spostamento massimo della paratia	0.37	0.00

Punto di nullo del diagramma	4.00	[m]
Punto di inversione del diagramma	5.80	[m]
Centro di rotazione	7.24	[m]

PROGETTO ESECUTIVO

Percentuale molle plasticizzate	0.00	[%]
Portanza di punta	58159.72	[kg]

Combinazione nr. 9

	Valore	Y _a
Spinta agente sulla paratia	1895.73	3.18
Risultante carichi esterni applicati	0.00	0.00
Resistenza passiva agente sulla paratia	-3480.91	5.55
Controspinta agente sulla paratia	1585.19	8.39
Spostamento massimo della paratia	0.40	0.00

Punto di nullo del diagramma	4.00	[m]
Punto di inversione del diagramma	5.80	[m]
Centro di rotazione	7.25	[m]
Percentuale molle plasticizzate	0.00	[%]
Portanza di punta	58159.72	[kg]

Combinazione nr. 10

	Valore	Y _a
Spinta agente sulla paratia	1670.59	3.08
Incremento sismico della spinta	122.59	2.67
Risultante carichi esterni applicati	0.00	0.00
Resistenza passiva agente sulla paratia	-3362.61	5.54
Controspinta agente sulla paratia	1569.42	8.39
Spostamento massimo della paratia	0.40	0.00

Punto di nullo del diagramma	4.00	[m]
Punto di inversione del diagramma	5.80	[m]
Centro di rotazione	7.24	[m]
Percentuale molle plasticizzate	0.00	[%]
Portanza di punta	58159.72	[kg]

Combinazione nr. 11

	Valore	Y _a
Spinta agente sulla paratia	1665.30	3.08
Incremento sismico della spinta	342.11	2.67
Risultante carichi esterni applicati	0.00	0.00
Resistenza passiva agente sulla paratia	-3788.53	5.54
Controspinta agente sulla paratia	1781.12	8.38
Spostamento massimo della paratia	0.45	0.00

Punto di nullo del diagramma	4.00	[m]
Punto di inversione del diagramma	5.80	[m]
Centro di rotazione	7.23	[m]
Percentuale molle plasticizzate	0.00	[%]
Portanza di punta	58159.72	[kg]

PROGETTO ESECUTIVO

Combinazione nr. 12

	Valore	Y_a
Spinta agente sulla paratia	1870.28	3.19
Incremento sismico della spinta	635.57	2.67
Risultante carichi esterni applicati	0.00	0.00
Resistenza passiva agente sulla paratia	-4712.24	5.55
Controspinta agente sulla paratia	2206.39	8.39
Spostamento massimo della paratia	0.56	0.00
Punto di nullo del diagramma	4.00	[m]
Punto di inversione del diagramma	5.80	[m]
Centro di rotazione	7.24	[m]
Percentuale molle plasticizzate	1.98	[%]
Portanza di punta	58159.72	[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

N°	Y	P
1	0.00	0.00
11	0.50	0.00
21	1.00	0.00
31	1.50	280.28
41	2.00	739.28
51	2.50	1199.77
61	3.00	1466.31
71	3.50	1526.56
1	4.00	-761.61
11	4.50	-2028.59
21	5.00	-1486.06
31	5.50	-1017.01
41	6.00	-4321.92
51	6.50	-2224.27
61	7.00	-627.80
71	7.50	586.37
81	8.00	1552.97
91	8.50	2394.22
101	9.00	3197.15

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	305.78

PROGETTO ESECUTIVO

41	2.00	731.91
51	2.50	1152.63
61	3.00	1267.25
71	3.50	2548.61
81	4.00	4092.43
11	4.50	-1489.13
21	5.00	-2181.50
31	5.50	-1515.46
41	6.00	-6572.34
51	6.50	-3510.04
61	7.00	-1148.16
71	7.50	672.36
81	8.00	2139.03
91	8.50	3425.28
101	9.00	4656.06

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	280.28
41	2.00	739.28
51	2.50	1199.77
61	3.00	1466.31
71	3.50	3073.05
81	4.00	4980.72
11	4.50	-2828.38
21	5.00	-2087.39
31	5.50	-1440.95
41	6.00	-6196.37
51	6.50	-3259.28
61	7.00	-1006.71
71	7.50	719.79
81	8.00	2103.82
91	8.50	3313.77
101	9.00	4470.32

Pressioni terreno - Combinazione nr. 4

N°	Y	P
1	0.00	0.00
11	0.50	0.00
21	1.00	0.00
31	1.50	305.78
41	2.00	731.91
51	2.50	1152.63
61	3.00	3167.12
71	3.50	4296.14
81	4.00	4821.76
11	4.50	-721.00
21	5.00	-3042.85
31	5.50	-2544.14
41	6.00	-11165.19
51	6.50	-6087.40
61	7.00	-2139.29

PROGETTO ESECUTIVO

71	7.50	928.19
81	8.00	3416.64
91	8.50	5608.52
101	9.00	7708.93

Pressioni terreno - Combinazione nr. 5

N°	Y	P
1	0.00	0.00
11	0.50	48.19
21	1.00	96.38
31	1.50	144.57
41	2.00	508.27
51	2.50	909.49
61	3.00	1198.29
71	3.50	1277.78
1	4.00	-1924.56
11	4.50	-1477.34
21	5.00	-1077.50
31	5.50	-733.60
41	6.00	-3095.15
51	6.50	-1571.33
61	7.00	-416.86
71	7.50	457.04
81	8.00	1149.82
91	8.50	1751.11
101	9.00	2324.48

Pressioni terreno - Combinazione nr. 6

N°	Y	P
1	0.00	0.00
11	0.50	92.11
21	1.00	184.23
31	1.50	582.12
41	2.00	1100.37
51	2.50	1613.20
61	3.00	1819.94
71	3.50	4237.33
81	4.00	4940.61
11	4.50	-1371.20
21	5.00	-3563.11
31	5.50	-2481.40
41	6.00	-10797.08
51	6.50	-5799.99
61	7.00	-1937.27
71	7.50	1046.66
81	8.00	3455.26
91	8.50	5570.15
101	9.00	7594.66

Pressioni terreno - Combinazione nr. 7

N°	Y	P
1	0.00	0.00
11	0.50	0.00
21	1.00	0.00

PROGETTO ESECUTIVO

31	1.50	0.00
41	2.00	315.51
51	2.50	668.54
61	3.00	909.15
71	3.50	940.45
1	4.00	-1268.94
11	4.50	-977.41
21	5.00	-715.50
31	5.50	-489.26
41	6.00	-2076.78
51	6.50	-1066.50
61	7.00	-298.17
71	7.50	285.73
81	8.00	750.26
91	8.50	1154.38
101	9.00	1540.03

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	0.00
41	2.00	315.51
51	2.50	668.54
61	3.00	909.15
71	3.50	940.45
1	4.00	-1270.89
11	4.50	-978.96
21	5.00	-716.68
31	5.50	-490.10
41	6.00	-2080.51
51	6.50	-1068.60
61	7.00	-298.97
71	7.50	285.94
81	8.00	751.30
91	8.50	1156.16
101	9.00	1542.51

Pressioni terreno - Combinazione nr. 9

N°	Y	P
1	0.00	0.00
11	0.50	0.00
21	1.00	0.00
31	1.50	0.00
41	2.00	315.51
51	2.50	668.54
61	3.00	909.15
71	3.50	940.45
1	4.00	-1393.39
11	4.50	-1076.27
21	5.00	-790.22
31	5.50	-542.24
41	6.00	-2312.75
51	6.50	-1198.39

PROGETTO ESECUTIVO

61	7.00	-348.29
71	7.50	299.78
81	8.00	816.82
91	8.50	1267.44
101	9.00	1697.72

Pressioni terreno - Combinazione nr. 10

N°	Y	P
1	0.00	0.00
11	0.50	7.36
21	1.00	14.71
31	1.50	22.07
41	2.00	344.93
51	2.50	705.32
61	3.00	953.28
71	3.50	991.93
1	4.00	-1369.00
11	4.50	-1053.71
21	5.00	-770.75
31	5.50	-526.55
41	6.00	-2232.21
51	6.50	-1143.55
61	7.00	-316.28
71	7.50	311.88
81	8.00	811.25
91	8.50	1245.46
101	9.00	1659.76

Pressioni terreno - Combinazione nr. 11

N°	Y	P
1	0.00	0.00
11	0.50	20.53
21	1.00	41.05
31	1.50	61.58
41	2.00	397.61
51	2.50	771.17
61	3.00	1032.30
71	3.50	1084.13
1	4.00	-1550.14
11	4.50	-1191.90
21	5.00	-870.86
31	5.50	-594.17
41	6.00	-2514.27
51	6.50	-1283.62
61	7.00	-349.53
71	7.50	358.91
81	8.00	921.49
91	8.50	1410.32
101	9.00	1876.63

Pressioni terreno - Combinazione nr. 12

N°	Y	P
1	0.00	0.00
11	0.50	38.13

PROGETTO ESECUTIVO

21	1.00	76.26
31	1.50	114.40
41	2.00	468.04
51	2.50	859.21
61	3.00	1137.94
71	3.50	1207.37
1	4.00	-1278.79
11	4.50	-1482.80
21	5.00	-1084.96
31	5.50	-741.49
41	6.00	-3145.07
51	6.50	-1612.81
61	7.00	-448.06
71	7.50	436.67
81	8.00	1140.21
91	8.50	1752.08
101	9.00	2335.93

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]

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

ϕ 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 espresse in [kg]

Combinazione nr. 2

Numero di cerchi analizzati 100

Numero di strisce 50.00

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= 0.00 Y[m]= 0.90

Raggio del cerchio R[m] = 9.90

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -8.61

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 9.83

Coefficiente di sicurezza C= 2.26

Caratteristiche delle strisce

N°	W	$\alpha(^{\circ})$	$W\sin\alpha$	L	ϕ	c	u	(Ctn; Ctt)
----	---	--------------------	---------------	---	--------	---	---	------------

PROGETTO ESECUTIVO

1	218.40	-58.36	-185.93	0.71	19.95	0.080	0.000	(0; 0)
2	643.89	-54.43	-523.74	0.64	19.95	0.080	0.000	(0; 0)
3	1013.83	-50.85	-786.23	0.59	19.95	0.080	0.000	(0; 0)
4	1340.94	-47.53	-989.14	0.55	21.10	0.156	0.000	(0; 0)
5	1634.09	-44.41	-1143.51	0.52	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
6	1897.73	-41.45	-1256.18	0.50	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
7	2135.77	-38.62	-1332.93	0.48	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
8	2351.25	-35.89	-1378.44	0.46	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
9	2546.51	-33.26	-1396.57	0.45	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
10	2723.39	-30.70	-1390.56	0.44	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
11	2883.38	-28.21	-1363.17	0.42	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
12	3027.68	-25.78	-1316.87	0.42	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
13	3157.29	-23.40	-1253.82	0.41	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
14	3273.03	-21.06	-1175.99	0.40	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
15	3375.57	-18.75	-1085.16	0.40	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
16	3465.49	-16.48	-982.99	0.39	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
17	3543.25	-14.23	-871.04	0.39	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
18	3609.25	-12.01	-750.76	0.38	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
19	3663.79	-9.80	-623.54	0.38	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
20	3707.14	-7.61	-490.71	0.38	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
21	3739.48	-5.43	-353.57	0.38	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
22	3760.97	-3.25	-213.36	0.37	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
23	3771.69	-1.08	-71.32	0.37	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
24	6598.82	1.05	121.42	0.36	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
25	6588.95	3.16	363.71	0.36	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
26	6569.16	5.28	604.36	0.37	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
27	6539.37	7.40	842.28	0.37	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
28	6499.77	9.53	1076.37	0.37	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
29	6549.90	11.68	1325.71	0.37	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
30	6669.38	13.84	1595.34	0.38	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
31	6778.09	16.02	1870.78	0.38	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
32	6875.67	18.23	2150.75	0.38	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
33	6961.73	20.46	2433.88	0.39	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
34	7035.78	22.73	2718.71	0.39	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
35	7097.23	25.04	3003.67	0.40	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
36	7145.40	27.39	3287.04	0.41	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
37	7179.45	29.79	3566.96	0.42	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
38	7118.91	32.25	3798.91	0.43	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
39	6932.97	34.78	3954.90	0.44	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
40	6728.50	37.39	4085.96	0.46	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
41	6504.27	40.10	4189.26	0.48	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
42	6257.88	42.91	4261.00	0.50	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
43	5986.20	45.87	4296.48	0.52	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
44	5685.58	48.99	4290.18	0.56	19.95	0.080	0.000	(0; 0)
45	5350.62	52.32	4234.63	0.60	19.95	0.080	0.000	(0; 0)
46	4971.87	55.93	4118.24	0.65	19.95	0.080	0.000	(0; 0)
47	4535.63	59.91	3924.41	0.73	19.95	0.080	0.000	(0; 0)
48	4017.50	64.46	3624.87	0.84	19.95	0.080	0.000	(0; 0)
49	3363.42	69.98	3160.27	1.06	19.95	0.080	0.000	(0; 0)
50	2347.38	78.25	2298.18	1.79	19.95	0.080	0.000	(0; 0)

Resistenza a taglio paratia= 0.00 [kg]

$\Sigma W_i = 226373.20$ [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 54262.75$ [kg]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi = 78089.59$ [kg]

PROGETTO ESECUTIVO

$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 44806.32$ [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]= 2.70
 Raggio del cerchio R[m] = 11.70
 Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -9.60
 Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 11.69
 Coefficiente di sicurezza C= 1.97

Caratteristiche delle strisce

N°	W	$\alpha(^{\circ})$	$W \sin \alpha$	L	ϕ	c	u	(Ctn; Ctt)
1	225.91	-53.42	-181.41	0.70	19.95	0.080	0.000	(0; 0)
2	671.33	-50.11	-515.11	0.65	19.95	0.080	0.000	(0; 0)
3	1068.70	-47.02	-781.84	0.61	19.95	0.080	0.000	(0; 0)
4	1426.35	-44.10	-992.55	0.58	21.10	0.156	0.000	(0; 0)
5	1751.17	-41.31	-1156.06	0.56	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
6	2046.50	-38.64	-1277.97	0.53	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
7	2315.35	-36.07	-1363.21	0.52	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
8	2560.33	-33.58	-1416.07	0.50	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
9	2783.53	-31.16	-1440.17	0.49	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
10	2986.63	-28.80	-1438.68	0.48	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
11	3171.04	-26.49	-1414.34	0.47	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
12	3337.90	-24.23	-1369.66	0.46	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
13	3488.17	-22.00	-1306.85	0.45	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
14	3622.67	-19.81	-1227.97	0.44	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
15	3742.07	-17.66	-1134.92	0.44	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
16	3846.94	-15.52	-1029.46	0.43	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
17	3937.77	-13.41	-913.26	0.43	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
18	4014.93	-11.32	-787.90	0.43	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
19	4078.77	-9.24	-654.89	0.42	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
20	4129.54	-7.17	-515.70	0.42	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
21	4167.45	-5.12	-371.74	0.42	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
22	4192.64	-3.07	-224.39	0.42	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
23	4205.21	-1.02	-75.02	0.42	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
24	7842.87	1.06	145.14	0.43	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
25	7828.84	3.18	434.64	0.43	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
26	7800.71	5.31	721.80	0.43	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
27	7758.38	7.44	1005.03	0.44	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
28	7792.04	9.59	1297.79	0.44	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
29	7972.13	11.75	1622.85	0.44	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
30	8140.43	13.92	1958.41	0.45	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
31	8293.38	16.12	2302.17	0.45	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
32	8430.51	18.34	2652.28	0.46	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
33	8551.23	20.59	3006.78	0.46	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
34	8654.84	22.87	3363.57	0.47	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
35	8907.89	25.19	3791.65	0.48	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
36	9758.84	27.56	4515.11	0.49	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
37	9538.15	29.98	4766.09	0.50	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
38	9295.84	32.46	4989.14	0.51	22.26	0.232	0.000	(0; 0)

PROGETTO ESECUTIVO

39	9030.12	35.01	5180.85	0.53	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
40	8738.80	37.64	5337.27	0.55	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
41	8419.11	40.37	5453.78	0.57	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
42	8067.62	43.22	5524.87	0.59	21.10	0.156	0.000	(0; 0)
43	7680.99	46.21	5544.62	0.63	19.95	0.080	0.000	(0; 0)
44	7252.25	49.37	5503.86	0.66	19.95	0.080	0.000	(0; 0)
45	6772.29	52.75	5390.66	0.72	19.95	0.080	0.000	(0; 0)
46	6228.15	56.42	5188.59	0.78	19.95	0.080	0.000	(0; 0)
47	5598.94	60.49	4872.43	0.88	19.95	0.080	0.000	(0; 0)
48	4846.43	65.16	4398.20	1.03	19.95	0.080	0.000	(0; 0)
49	3881.56	70.94	3668.67	1.33	19.95	0.080	0.000	(0; 0)
50	2227.89	80.25	2195.67	2.56	19.95	0.080	0.000	(0; 0)

Resistenza a taglio paratia= 0.00 [kg]

$\Sigma W_i = 499454.35$ [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 127505.53$ [kg]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi = 171879.12$ [kg]

$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 95074.75$ [kg]

Combinazione nr. 6

Numero di cerchi analizzati 100
 Numero di strisce 50.00

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -0.90 Y[m]= 3.60

Raggio del cerchio R[m]= 12.63

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -11.00

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 11.64

Coefficiente di sicurezza C= 1.96

Caratteristiche delle strisce

N°	W	$\alpha(^{\circ})$	Wsin α	L	ϕ	c	u	(Ctn; Ctt)
1	250.19	-51.44	-195.62	0.74	19.95	0.080	0.000	(0; 0)
2	751.36	-48.21	-560.18	0.69	19.95	0.080	0.000	(0; 0)
3	1200.10	-45.17	-851.14	0.65	19.95	0.080	0.000	(0; 0)
4	1604.92	-42.29	-1079.95	0.62	21.10	0.156	0.000	(0; 0)
5	1972.94	-39.54	-1255.95	0.59	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
6	2307.44	-36.89	-1385.10	0.57	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
7	2611.70	-34.33	-1472.91	0.56	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
8	2888.50	-31.85	-1524.15	0.54	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
9	3140.08	-29.43	-1542.90	0.53	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
10	3368.29	-27.07	-1532.76	0.51	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
11	3574.64	-24.76	-1496.89	0.50	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
12	3760.37	-22.49	-1438.17	0.50	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
13	3926.54	-20.25	-1359.19	0.49	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
14	4074.02	-18.05	-1262.36	0.48	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
15	4203.56	-15.88	-1149.92	0.48	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
16	4315.76	-13.72	-1023.96	0.47	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
17	4411.15	-11.59	-886.48	0.47	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
18	4490.12	-9.48	-739.37	0.46	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
19	4553.03	-7.38	-584.47	0.46	22.26	0.232	0.000	(0; 0)

PROGETTO ESECUTIVO

20	4600.13	-5.28	-423.55	0.46	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
21	4631.62	-3.20	-258.34	0.46	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
22	4647.61	-1.12	-90.54	0.46	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
23	4648.18	0.96	78.16	0.46	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
24	4633.32	3.04	246.08	0.46	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
25	8096.68	5.11	720.48	0.45	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
26	8053.19	7.15	1002.12	0.45	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
27	7994.99	9.20	1278.33	0.45	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
28	7921.85	11.26	1547.49	0.46	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
29	7964.27	13.34	1838.14	0.46	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
30	8132.55	15.44	2165.31	0.46	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
31	8284.83	17.56	2499.59	0.47	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
32	8420.53	19.70	2839.07	0.48	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
33	8538.99	21.88	3181.77	0.48	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
34	8639.46	24.08	3525.53	0.49	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
35	8721.03	26.33	3868.04	0.50	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
36	8837.75	28.62	4233.17	0.51	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
37	8703.83	30.96	4477.66	0.52	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
38	8435.47	33.36	4638.74	0.54	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
39	8142.38	35.83	4766.32	0.55	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
40	7822.26	38.38	4856.36	0.57	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
41	7472.19	41.02	4904.06	0.59	22.26	0.232	0.000	(0; 0)
42	7089.53	43.77	4904.41	0.62	19.95	0.080	0.000	(0; 0)
43	6669.43	46.66	4850.43	0.65	19.95	0.080	0.000	(0; 0)
44	6204.71	49.71	4732.67	0.69	19.95	0.080	0.000	(0; 0)
45	5686.44	52.96	4539.26	0.74	19.95	0.080	0.000	(0; 0)
46	5101.51	56.49	4253.60	0.81	19.95	0.080	0.000	(0; 0)
47	4429.14	60.39	3850.56	0.91	19.95	0.080	0.000	(0; 0)
48	3632.31	64.83	3287.40	1.05	19.95	0.080	0.000	(0; 0)
49	2629.69	70.22	2474.53	1.32	19.95	0.080	0.000	(0; 0)
50	1120.87	77.84	1095.71	2.13	19.95	0.080	0.000	(0; 0)

Resistenza a taglio paratia= 0.00 [kg]

$\Sigma W_i = 762765.78$ [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 192046.59$ [kg]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 263768.26$ [kg]

$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 147421.35$ [kg]

Valori massimi e minimi sollecitazioni per metro di paratia

Simbologia adottata

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

M_{max} , M_{min} momento flettente massimo e minimo espresso in [kgm]

N_{max} , N_{min} sforzo normale massimo e minimo espresso in [kg] (positivo di compressione)

T_{max} , T_{min} taglio massimo e minimo espresso in [kg]

Combinazione nr. 1

$y_{Mmax} = 5.85$

$M_{max} = 6303$

$y_{Mmin} = 0.40$

$M_{min} = 0$

$y_{Tmax} = 4.00$

$T_{max} = 3313$

$y_{Tmin} = 7.20$

$T_{min} = -3008$

$y_{Nmax} = 9.00$

$N_{max} = 7361$

$y_{Nmin} = 0.00$

$N_{min} = 0$

PROGETTO ESECUTIVO

Combinazione nr. 2

$y_{Mmax} = 5.95$	$M_{max} = 8595$	$y_{Mmin} = 0.60$	$M_{min} = 0$
$y_{Tmax} = 4.15$	$T_{max} = 4071$	$y_{Tmin} = 7.30$	$T_{min} = -4198$
$y_{Nmax} = 9.00$	$N_{max} = 7361$	$y_{Nmin} = 0.00$	$N_{min} = 0$

Combinazione nr. 3

$y_{Mmax} = 5.90$	$M_{max} = 8486$	$y_{Mmin} = 0.70$	$M_{min} = 0$
$y_{Tmax} = 4.00$	$T_{max} = 4584$	$y_{Tmin} = 7.25$	$T_{min} = -4105$
$y_{Nmax} = 9.00$	$N_{max} = 7361$	$y_{Nmin} = 0.00$	$N_{min} = 0$

Combinazione nr. 4

$y_{Mmax} = 6.00$	$M_{max} = 13667$	$y_{Mmin} = 0.85$	$M_{min} = 0$
$y_{Tmax} = 4.30$	$T_{max} = 6095$	$y_{Tmin} = 7.30$	$T_{min} = -6776$
$y_{Nmax} = 9.00$	$N_{max} = 7361$	$y_{Nmin} = 0.00$	$N_{min} = 0$

Combinazione nr. 5

$y_{Mmax} = 5.85$	$M_{max} = 4686$	$y_{Mmin} = 9.00$	$M_{min} = 0$
$y_{Tmax} = 4.00$	$T_{max} = 2447$	$y_{Tmin} = 7.20$	$T_{min} = -2219$
$y_{Nmax} = 9.00$	$N_{max} = 7361$	$y_{Nmin} = 0.00$	$N_{min} = 0$

Combinazione nr. 6

$y_{Mmax} = 5.95$	$M_{max} = 13865$	$y_{Mmin} = 0.00$	$M_{min} = 0$
$y_{Tmax} = 4.30$	$T_{max} = 6032$	$y_{Tmin} = 7.30$	$T_{min} = -6800$
$y_{Nmax} = 9.00$	$N_{max} = 7361$	$y_{Nmin} = 0.00$	$N_{min} = 0$

Combinazione nr. 7

$y_{Mmax} = 5.85$	$M_{max} = 3047$	$y_{Mmin} = 0.35$	$M_{min} = 0$
$y_{Tmax} = 4.00$	$T_{max} = 1676$	$y_{Tmin} = 7.20$	$T_{min} = -1452$
$y_{Nmax} = 9.00$	$N_{max} = 7361$	$y_{Nmin} = 0.00$	$N_{min} = 0$

Combinazione nr. 8

$y_{Mmax} = 5.85$	$M_{max} = 3051$	$y_{Mmin} = 0.80$	$M_{min} = 0$
$y_{Tmax} = 4.00$	$T_{max} = 1679$	$y_{Tmin} = 7.20$	$T_{min} = -1454$
$y_{Nmax} = 9.00$	$N_{max} = 7361$	$y_{Nmin} = 0.00$	$N_{min} = 0$

Combinazione nr. 9

$y_{Mmax} = 5.90$	$M_{max} = 3308$	$y_{Mmin} = 0.80$	$M_{min} = 0$
$y_{Tmax} = 4.00$	$T_{max} = 1896$	$y_{Tmin} = 7.25$	$T_{min} = -1585$
$y_{Nmax} = 9.00$	$N_{max} = 7361$	$y_{Nmin} = 0.00$	$N_{min} = 0$

Combinazione nr. 10

$y_{Mmax} = 5.85$	$M_{max} = 3297$	$y_{Mmin} = 9.00$	$M_{min} = 0$
$y_{Tmax} = 4.00$	$T_{max} = 1793$	$y_{Tmin} = 7.20$	$T_{min} = -1569$
$y_{Nmax} = 9.00$	$N_{max} = 7361$	$y_{Nmin} = 0.00$	$N_{min} = 0$

Combinazione nr. 11

$y_{Mmax} = 5.85$	$M_{max} = 3749$	$y_{Mmin} = 0.00$	$M_{min} = 0$
-------------------	------------------	-------------------	---------------

PROGETTO ESECUTIVO

$y_{Tmax} = 4.00$	$T_{max} = 2007$	$y_{Tmin} = 7.20$	$T_{min} = -1781$
$y_{Nmax} = 9.00$	$N_{max} = 7361$	$y_{Nmin} = 0.00$	$N_{min} = 0$

Combinazione nr. 12

$y_{Mmax} = 5.85$	$M_{max} = 4633$	$y_{Mmin} = 0.00$	$M_{min} = 0$
$y_{Tmax} = 4.00$	$T_{max} = 2506$	$y_{Tmin} = 7.20$	$T_{min} = -2206$
$y_{Nmax} = 9.00$	$N_{max} = 7361$	$y_{Nmin} = 0.00$	$N_{min} = 0$

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	4.36	1226.90	42.61
41	2.00	79.90	1635.87	297.43
51	2.50	340.30	2044.84	782.15
61	3.00	898.06	2453.81	1470.92
71	3.50	1819.39	2862.78	2219.25
81	4.00	3150.60	3271.74	3312.63
91	4.45	4466.10	3639.82	2387.99
101	4.95	5448.71	4048.78	1498.58
111	5.45	6045.53	4457.75	864.31
121	5.95	6285.77	4866.72	-516.53
131	6.45	5608.76	5275.69	-2182.92
141	6.95	4318.70	5684.66	-2917.38
151	7.45	2828.45	6093.62	-2945.10
161	7.95	1452.41	6502.59	-2426.93
171	8.45	439.53	6911.56	-1458.13
181	8.95	4.00	7320.53	-79.93

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	7.03	1226.90	56.05
41	2.00	91.10	1635.87	315.40
51	2.50	358.16	2044.84	787.83
61	3.00	903.05	2453.81	1400.08
71	3.50	1767.43	2862.78	2117.86

PROGETTO ESECUTIVO

81	4.00	3273.48	3271.74	3991.20
91	4.50	5279.69	3680.71	3797.26
101	5.00	6933.53	4089.68	2672.35
111	5.50	8052.79	4498.65	1768.92
121	6.00	8582.82	4907.62	-566.09
131	6.50	7694.56	5316.58	-2978.80
141	7.00	5914.26	5725.55	-4058.29
151	7.50	3835.73	6134.52	-4113.23
161	8.00	1918.01	6543.49	-3362.94
171	8.50	531.38	6952.46	-1935.33
181	9.00	0.00	7361.42	116.40

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	4.36	1226.90	42.61
41	2.00	79.90	1635.87	297.43
51	2.50	340.30	2044.84	782.15
61	3.00	898.06	2453.81	1470.92
71	3.50	1823.14	2862.78	2305.09
81	4.00	3519.25	3271.74	4583.87
91	4.50	5633.83	3680.71	3528.02
101	5.00	7111.09	4089.68	2321.15
111	5.50	8064.55	4498.65	1459.44
121	6.00	8458.64	4907.62	-748.31
131	6.50	7516.26	5316.58	-3008.07
141	7.00	5744.86	5725.55	-3992.92
151	7.50	3710.91	6134.52	-4003.56
161	8.00	1849.85	6543.49	-3252.65
171	8.50	511.22	6952.46	-1863.78
181	9.00	0.00	7361.42	111.76

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	7.03	1226.90	56.05
41	2.00	91.10	1635.87	315.40
51	2.50	358.16	2044.84	787.83
61	3.00	912.97	2453.81	1558.66
71	3.50	2170.58	2862.78	3541.67
81	4.00	4500.64	3271.74	5821.95
91	4.50	7515.05	3680.71	6020.82
101	5.00	10348.64	4089.68	5022.08
111	5.50	12503.08	4498.65	3524.08
121	6.00	13666.63	4907.62	-426.96
131	6.50	12419.13	5316.58	-4562.91
141	7.00	9626.33	5725.55	-6478.71
151	7.50	6280.50	6134.52	-6674.59
161	8.00	3154.79	6543.49	-5508.49
171	8.50	877.21	6952.46	-3190.18
181	9.00	0.00	7361.42	192.72

PROGETTO ESECUTIVO

Combinazione nr. 5

n°	Y	M	N	T
1	0.00	0.00	0.00	0.00
11	0.50	2.02	408.97	12.05
21	1.00	16.08	817.94	48.19
31	1.50	54.24	1226.90	108.43
41	2.00	138.21	1635.87	260.94
51	2.50	349.00	2044.84	615.33
61	3.00	786.27	2453.81	1158.87
71	3.50	1518.80	2862.78	1777.72
81	4.00	2571.04	3271.74	2446.54
91	4.45	3490.88	3639.82	1634.72
101	4.95	4154.46	4048.78	988.18
111	5.45	4538.13	4457.75	529.24
121	5.95	4664.69	4866.72	-462.64
131	6.45	4134.24	5275.69	-1650.66
141	6.95	3169.52	5684.66	-2162.99
151	7.45	2069.28	6093.62	-2165.28
161	7.95	1059.97	6502.59	-1775.40
171	8.45	320.13	6911.56	-1062.99
181	8.95	2.91	7320.53	-58.11

Combinazione nr. 6

n°	Y	M	N	T
1	0.00	0.00	0.00	0.00
11	0.50	3.86	408.97	23.03
21	1.00	30.74	817.94	92.11
31	1.50	110.71	1226.90	263.30
41	2.00	336.82	1635.87	683.86
51	2.50	838.02	2044.84	1363.55
61	3.00	1732.20	2453.81	2229.11
71	3.50	3095.91	2862.78	3397.63
81	4.00	5361.33	3271.74	5717.17
91	4.50	8330.74	3680.71	5847.66
101	5.00	11003.40	4089.68	4523.84
111	5.50	12910.74	4498.65	3046.39
121	6.00	13852.65	4907.62	-785.33
131	6.50	12464.15	5316.58	-4759.00
141	7.00	9602.12	5725.55	-6554.56
151	7.50	6237.60	6134.52	-6672.55
161	8.00	3122.91	6543.49	-5469.33
171	8.50	866.05	6952.46	-3152.97
181	9.00	0.00	7361.42	189.87

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	0.00	1226.90	0.00
41	2.00	9.67	1635.87	68.18
51	2.50	97.96	2044.84	314.15
61	3.00	352.50	2453.81	725.16

PROGETTO ESECUTIVO

71	3.50	830.01	2862.78	1187.40
81	4.00	1542.91	3271.74	1675.50
91	4.45	2177.36	3639.82	1139.41
101	4.95	2645.23	4048.78	711.00
111	5.45	2927.34	4457.75	405.72
121	5.95	3037.91	4866.72	-258.12
131	6.45	2707.71	5275.69	-1058.29
141	6.95	2083.44	5684.66	-1409.75
151	7.45	1363.81	6093.62	-1421.19
161	7.95	700.04	6502.59	-1170.19
171	8.45	211.78	6911.56	-702.67
181	8.95	1.93	7320.53	-38.50

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	0.00	1226.90	0.00
41	2.00	9.67	1635.87	68.18
51	2.50	97.96	2044.84	314.15
61	3.00	352.50	2453.81	725.16
71	3.50	830.01	2862.78	1187.40
81	4.00	1543.04	3271.74	1679.00
91	4.45	2178.88	3639.82	1142.07
101	4.95	2647.92	4048.78	712.97
111	5.45	2930.89	4457.75	407.18
121	5.95	3042.03	4866.72	-257.83
131	6.45	2711.62	5275.69	-1059.48
141	6.95	2086.55	5684.66	-1411.68
151	7.45	1365.90	6093.62	-1423.29
161	7.95	701.13	6502.59	-1171.99
171	8.45	212.11	6911.56	-703.78
181	8.95	1.93	7320.53	-38.56

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	0.00	1226.90	0.00
41	2.00	9.67	1635.87	68.18
51	2.50	97.96	2044.84	314.15
61	3.00	352.50	2453.81	725.16
71	3.50	830.01	2862.78	1187.40
81	4.00	1557.86	3271.74	1895.73
91	4.45	2279.59	3639.82	1306.31
101	4.95	2820.53	4048.78	833.99
111	5.45	3156.40	4457.75	496.35
121	5.95	3302.11	4866.72	-241.43
131	6.45	2957.04	5275.69	-1135.18
141	6.95	2282.10	5684.66	-1533.35
151	7.45	1497.09	6093.62	-1554.81
161	7.95	769.73	6502.59	-1284.61
171	8.45	233.18	6911.56	-773.20

PROGETTO ESECUTIVO

181 8.95 2.12 7320.53 -42.44

Combinazione nr. 10

n°	Y	M	N	T
1	0.00	0.00	0.00	0.00
11	0.50	0.31	408.97	1.84
21	1.00	2.45	817.94	7.36
31	1.50	8.28	1226.90	16.55
41	2.00	29.28	1635.87	97.60
51	2.50	136.28	2044.84	360.11
61	3.00	418.71	2453.81	791.36
71	3.50	935.14	2862.78	1277.50
81	4.00	1699.83	3271.74	1793.18
91	4.45	2377.84	3639.82	1215.01
101	4.95	2875.58	4048.78	753.31
111	5.45	3173.19	4457.75	424.57
121	5.95	3286.20	4866.72	-289.34
131	6.45	2925.44	5275.69	-1148.70
141	6.95	2249.20	5684.66	-1524.72
151	7.45	1471.48	6093.62	-1534.76
161	7.95	754.97	6502.59	-1262.56
171	8.45	228.31	6911.56	-757.67
181	8.95	2.07	7320.53	-41.49

Combinazione nr. 11

n°	Y	M	N	T
1	0.00	0.00	0.00	0.00
11	0.50	0.86	408.97	5.13
21	1.00	6.85	817.94	20.53
31	1.50	23.10	1226.90	46.18
41	2.00	64.42	1635.87	150.28
51	2.50	204.89	2044.84	442.43
61	3.00	537.26	2453.81	909.89
71	3.50	1123.39	2862.78	1438.83
81	4.00	1980.95	3271.74	2007.41
91	4.45	2738.35	3639.82	1353.04
101	4.95	3290.75	4048.78	831.03
111	5.45	3616.98	4457.75	459.79
121	5.95	3734.93	4866.72	-344.94
131	6.45	3319.22	5275.69	-1311.78
141	6.95	2549.15	5684.66	-1732.51
151	7.45	1666.39	6093.62	-1740.22
161	7.95	854.44	6502.59	-1429.76
171	8.45	258.26	6911.56	-857.25
181	8.95	2.35	7320.53	-46.92

Combinazione nr. 12

n°	Y	M	N	T
1	0.00	0.00	0.00	0.00
11	0.50	1.60	408.97	9.53
21	1.00	12.73	817.94	38.13
31	1.50	42.92	1226.90	85.80
41	2.00	111.38	1635.87	220.71
51	2.50	296.61	2044.84	552.47

PROGETTO ESECUTIVO

61	3.00	695.74	2453.81	1068.35
71	3.50	1375.05	2862.78	1654.52
81	4.00	2371.42	3271.74	2505.85
91	4.45	3328.52	3639.82	1717.48
101	4.95	4032.80	4048.78	1067.68
111	5.45	4455.36	4457.75	604.86
121	5.95	4617.97	4866.72	-400.78
131	6.45	4113.06	5275.69	-1611.97
141	6.95	3163.31	5684.66	-2142.77
151	7.45	2070.00	6093.62	-2158.23
161	7.95	1062.24	6502.59	-1776.11
171	8.45	321.28	6911.56	-1066.12
181	8.95	2.92	7320.53	-58.40

Spostamenti massimi e minimi della paratia

Simbologia adottata

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

U_{max}, U_{min} spostamento orizzontale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso valle

V_{max}, V_{min} spostamento verticale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso il basso

Combinazione nr. 1

yU_{max} = 0.00 U_{max}=0.7615 yU_{min}=9.00 U_{min}=-0.0439
yV_{max} = 0.00 V_{max}=0.0030 yV_{min}=0.00 V_{min}=0.0000

Combinazione nr. 2

yU_{max} = 0.00 U_{max}=1.0399 yU_{min}=9.00 U_{min}=-0.0639
yV_{max} = 0.00 V_{max}=0.0030 yV_{min}=0.00 V_{min}=0.0000

Combinazione nr. 3

yU_{max} = 0.00 U_{max}=1.0214 yU_{min}=9.00 U_{min}=-0.0614
yV_{max} = 0.00 V_{max}=0.0030 yV_{min}=0.00 V_{min}=0.0000

Combinazione nr. 4

yU_{max} = 0.00 U_{max}=1.6572 yU_{min}=9.00 U_{min}=-0.1058
yV_{max} = 0.00 V_{max}=0.0030 yV_{min}=0.00 V_{min}=0.0000

Combinazione nr. 5

yU_{max} = 0.00 U_{max}=0.5679 yU_{min}=9.00 U_{min}=-0.0319
yV_{max} = 0.00 V_{max}=0.0030 yV_{min}=0.00 V_{min}=0.0000

Combinazione nr. 6

yU_{max} = 0.00 U_{max}=1.6924 yU_{min}=9.00 U_{min}=-0.1043
yV_{max} = 0.00 V_{max}=0.0030 yV_{min}=0.00 V_{min}=0.0000

Combinazione nr. 7

yU_{max} = 0.00 U_{max}=0.3663 yU_{min}=9.00 U_{min}=-0.0211
yV_{max} = 0.00 V_{max}=0.0030 yV_{min}=0.00 V_{min}=0.0000

Combinazione nr. 8

yU_{max} = 0.00 U_{max}=0.3667 yU_{min}=9.00 U_{min}=-0.0212
yV_{max} = 0.00 V_{max}=0.0030 yV_{min}=0.00 V_{min}=0.0000

Combinazione nr. 9

yU_{max} = 0.00 U_{max}=0.3976 yU_{min}=9.00 U_{min}=-0.0233
yV_{max} = 0.00 V_{max}=0.0030 yV_{min}=0.00 V_{min}=0.0000

Combinazione nr. 10

PROGETTO ESECUTIVO

$y_{Umax} = 0.00$	$U_{max}=0.3970$	$y_{Umin}=9.00$	$U_{min}=-0.0228$
$y_{Vmax} = 0.00$	$V_{max}=0.0030$	$y_{Vmin}=0.00$	$V_{min}=0.0000$

Combinazione nr. 11

$y_{Umax} = 0.00$	$U_{max}=0.4526$	$y_{Umin}=9.00$	$U_{min}=-0.0258$
$y_{Vmax} = 0.00$	$V_{max}=0.0030$	$y_{Vmin}=0.00$	$V_{min}=0.0000$

Combinazione nr. 12

$y_{Umax} = 0.00$	$U_{max}=0.5606$	$y_{Umin}=9.00$	$U_{min}=-0.0321$
$y_{Vmax} = 0.00$	$V_{max}=0.0030$	$y_{Vmin}=0.00$	$V_{min}=0.0000$

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

N°	Y	u	v
1	0.00	0.76153	0.00305
11	0.50	0.69654	0.00304
21	1.00	0.63154	0.00301
31	1.50	0.56655	0.00296
41	2.00	0.50157	0.00290
51	2.50	0.43671	0.00281
61	3.00	0.37231	0.00271
71	3.50	0.30909	0.00259
81	4.00	0.24820	0.00245
91	4.50	0.19130	0.00229
101	5.00	0.14014	0.00211
111	5.50	0.09591	0.00191
121	6.00	0.05933	0.00169
131	6.50	0.03053	0.00146
141	7.00	0.00862	0.00120
151	7.50	-0.00805	0.00093
161	8.00	-0.02132	0.00064
171	8.50	-0.03287	0.00033
181	9.00	-0.04389	0.00000

Combinazione nr. 2

N°	Y	u	v
1	0.00	1.03994	0.00305
11	0.50	0.95353	0.00304
21	1.00	0.86712	0.00301
31	1.50	0.78070	0.00296
41	2.00	0.69431	0.00290

PROGETTO ESECUTIVO

51	2.50	0.60805	0.00281
61	3.00	0.52227	0.00271
71	3.50	0.43766	0.00259
81	4.00	0.35535	0.00245
91	4.50	0.27722	0.00229
101	5.00	0.20572	0.00211
111	5.50	0.14291	0.00191
121	6.00	0.09022	0.00169
131	6.50	0.04818	0.00146
141	7.00	0.01576	0.00120
151	7.50	-0.00923	0.00093
161	8.00	-0.02936	0.00064
171	8.50	-0.04702	0.00033
181	9.00	-0.06391	0.00000

Combinazione nr. 3

N°	Y	u	v
1	0.00	1.02141	0.00305
11	0.50	0.93586	0.00304
21	1.00	0.85030	0.00301
31	1.50	0.76475	0.00296
41	2.00	0.67921	0.00290
51	2.50	0.59379	0.00281
61	3.00	0.50883	0.00271
71	3.50	0.42505	0.00259
81	4.00	0.34364	0.00245
91	4.50	0.26673	0.00229
101	5.00	0.19685	0.00211
111	5.50	0.13589	0.00191
121	6.00	0.08506	0.00169
131	6.50	0.04474	0.00146
141	7.00	0.01382	0.00120
151	7.50	-0.00988	0.00093
161	8.00	-0.02888	0.00064
171	8.50	-0.04549	0.00033
181	9.00	-0.06136	0.00000

Combinazione nr. 4

N°	Y	u	v
1	0.00	1.65717	0.00305
11	0.50	1.52191	0.00304
21	1.00	1.38664	0.00301
31	1.50	1.25137	0.00296
41	2.00	1.11612	0.00290
51	2.50	0.98101	0.00281
61	3.00	0.84637	0.00271
71	3.50	0.71297	0.00259
81	4.00	0.58241	0.00245
91	4.50	0.45761	0.00229
101	5.00	0.34228	0.00211
111	5.50	0.23992	0.00191
121	6.00	0.15326	0.00169
131	6.50	0.08356	0.00146
141	7.00	0.02937	0.00120
151	7.50	-0.01274	0.00093

PROGETTO ESECUTIVO

161	8.00	-0.04690	0.00064
171	8.50	-0.07699	0.00033
181	9.00	-0.10582	0.00000

Combinazione nr. 5

N°	Y	u	v
1	0.00	0.56792	0.00305
11	0.50	0.51879	0.00304
21	1.00	0.46965	0.00301
31	1.50	0.42054	0.00296
41	2.00	0.37150	0.00290
51	2.50	0.32265	0.00281
61	3.00	0.27427	0.00271
71	3.50	0.22691	0.00259
81	4.00	0.18149	0.00245
91	4.50	0.13932	0.00229
101	5.00	0.10161	0.00211
111	5.50	0.06918	0.00191
121	6.00	0.04249	0.00169
131	6.50	0.02157	0.00146
141	7.00	0.00572	0.00120
151	7.50	-0.00627	0.00093
161	8.00	-0.01578	0.00064
171	8.50	-0.02404	0.00033
181	9.00	-0.03191	0.00000

Combinazione nr. 6

N°	Y	u	v
1	0.00	1.69242	0.00305
11	0.50	1.55130	0.00304
21	1.00	1.41018	0.00301
31	1.50	1.26911	0.00296
41	2.00	1.12819	0.00290
51	2.50	0.98772	0.00281
61	3.00	0.84836	0.00271
71	3.50	0.71123	0.00259
81	4.00	0.57810	0.00245
91	4.50	0.45182	0.00229
101	5.00	0.33601	0.00211
111	5.50	0.23400	0.00191
121	6.00	0.14821	0.00169
131	6.50	0.07962	0.00146
141	7.00	0.02659	0.00120
151	7.50	-0.01437	0.00093
161	8.00	-0.04743	0.00064
171	8.50	-0.07646	0.00033
181	9.00	-0.10425	0.00000

Combinazione nr. 7

N°	Y	u	v
1	0.00	0.36626	0.00305
11	0.50	0.33512	0.00304
21	1.00	0.30398	0.00301
31	1.50	0.27284	0.00296

PROGETTO ESECUTIVO

41	2.00	0.24170	0.00290
51	2.50	0.21059	0.00281
61	3.00	0.17961	0.00271
71	3.50	0.14910	0.00259
81	4.00	0.11966	0.00245
91	4.50	0.09217	0.00229
101	5.00	0.06747	0.00211
111	5.50	0.04614	0.00191
121	6.00	0.02851	0.00169
131	6.50	0.01464	0.00146
141	7.00	0.00409	0.00120
151	7.50	-0.00392	0.00093
161	8.00	-0.01030	0.00064
171	8.50	-0.01585	0.00033
181	9.00	-0.02114	0.00000

Combinazione nr. 8

N°	Y	u	v
1	0.00	0.36675	0.00305
11	0.50	0.33557	0.00304
21	1.00	0.30439	0.00301
31	1.50	0.27322	0.00296
41	2.00	0.24204	0.00290
51	2.50	0.21088	0.00281
61	3.00	0.17987	0.00271
71	3.50	0.14932	0.00259
81	4.00	0.11985	0.00245
91	4.50	0.09232	0.00229
101	5.00	0.06759	0.00211
111	5.50	0.04622	0.00191
121	6.00	0.02856	0.00169
131	6.50	0.01467	0.00146
141	7.00	0.00410	0.00120
151	7.50	-0.00393	0.00093
161	8.00	-0.01031	0.00064
171	8.50	-0.01587	0.00033
181	9.00	-0.02117	0.00000

Combinazione nr. 9

N°	Y	u	v
1	0.00	0.39757	0.00305
11	0.50	0.36398	0.00304
21	1.00	0.33040	0.00301
31	1.50	0.29681	0.00296
41	2.00	0.26323	0.00290
51	2.50	0.22966	0.00281
61	3.00	0.19624	0.00271
71	3.50	0.16328	0.00259
81	4.00	0.13140	0.00245
91	4.50	0.10150	0.00229
101	5.00	0.07452	0.00211
111	5.50	0.05113	0.00191
121	6.00	0.03175	0.00169
131	6.50	0.01645	0.00146
141	7.00	0.00478	0.00120

PROGETTO ESECUTIVO

151	7.50	-0.00412	0.00093
161	8.00	-0.01121	0.00064
171	8.50	-0.01740	0.00033
181	9.00	-0.02330	0.00000

Combinazione nr. 10

N°	Y	u	v
1	0.00	0.39704	0.00305
11	0.50	0.36315	0.00304
21	1.00	0.32927	0.00301
31	1.50	0.29538	0.00296
41	2.00	0.26151	0.00290
51	2.50	0.22769	0.00281
61	3.00	0.19406	0.00271
71	3.50	0.16098	0.00259
81	4.00	0.12910	0.00245
91	4.50	0.09937	0.00229
101	5.00	0.07268	0.00211
111	5.50	0.04966	0.00191
121	6.00	0.03064	0.00169
131	6.50	0.01570	0.00146
141	7.00	0.00434	0.00120
151	7.50	-0.00428	0.00093
161	8.00	-0.01114	0.00064
171	8.50	-0.01710	0.00033
181	9.00	-0.02278	0.00000

Combinazione nr. 11

N°	Y	u	v
1	0.00	0.45264	0.00305
11	0.50	0.41380	0.00304
21	1.00	0.37496	0.00301
31	1.50	0.33613	0.00296
41	2.00	0.29733	0.00290
51	2.50	0.25862	0.00281
61	3.00	0.22019	0.00271
71	3.50	0.18246	0.00259
81	4.00	0.14618	0.00245
91	4.50	0.11240	0.00229
101	5.00	0.08213	0.00211
111	5.50	0.05603	0.00191
121	6.00	0.03451	0.00169
131	6.50	0.01762	0.00146
141	7.00	0.00480	0.00120
151	7.50	-0.00493	0.00093
161	8.00	-0.01265	0.00064
171	8.50	-0.01936	0.00033
181	9.00	-0.02576	0.00000

Combinazione nr. 12

N°	Y	u	v
1	0.00	0.56055	0.00305
11	0.50	0.51246	0.00304
21	1.00	0.46437	0.00301

PROGETTO ESECUTIVO

31	1.50	0.41630	0.00296
41	2.00	0.36829	0.00290
51	2.50	0.32043	0.00281
61	3.00	0.27296	0.00271
71	3.50	0.22641	0.00259
81	4.00	0.18162	0.00245
91	4.50	0.13983	0.00229
101	5.00	0.10232	0.00211
111	5.50	0.06993	0.00191
121	6.00	0.04317	0.00169
131	6.50	0.02214	0.00146
141	7.00	0.00615	0.00120
151	7.50	-0.00599	0.00093
161	8.00	-0.01565	0.00064
171	8.50	-0.02405	0.00033
181	9.00	-0.03206	0.00000

Verifica armatura pali

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

Descrizione armatura adottata e caratteristiche sezione

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°	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]
σ_c	tensione nel calcestruzzo espressa in [kg/cm ²]
σ_f	tensione nell'acciaio espressa in [kg/cm ²]
τ_c	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kg/cm ²]
σ_{st}	tensione nelle staffe espressa in [kg/cm ²]
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°	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

PROGETTO ESECUTIVO

21	1.00	18.85	0	573	0	-75212	131.362
31	1.50	18.85	3	859	1352	380637	443.203
41	2.00	18.85	56	1145	17099	350084	305.721
51	2.50	18.85	238	1431	28559	171610	119.891
61	3.00	18.85	629	1718	23203	63398	36.910
71	3.50	18.85	1274	2004	18998	29892	14.917
81	4.00	18.85	2205	2290	17197	17858	7.798
91	4.45	18.85	3126	2548	16542	13481	5.291
101	4.95	18.85	3814	2834	16342	12143	4.285
111	5.45	18.85	4232	3120	16326	12038	3.858
121	5.95	18.85	4400	3407	16428	12719	3.734
131	6.45	18.85	3926	3693	16904	15900	4.305
141	6.95	18.85	3023	3979	18087	23808	5.983
151	7.45	18.85	1980	4266	21435	46179	10.826
161	7.95	18.85	1017	4552	27484	123048	27.033
171	8.45	18.85	308	4838	20395	320704	66.287
181	8.95	18.85	3	5124	209	382433	74.630

Verifica armature a taglio - Combinazione nr. 1

n°	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	30	24145	809.437
41	2.00	208	24145	115.973
51	2.50	548	24145	44.101
61	3.00	1030	24145	23.450
71	3.50	1553	24145	15.543
81	4.00	2319	24145	10.413
91	4.45	1672	24145	14.445
101	4.95	1049	24145	23.017
111	5.45	605	24145	39.909
121	5.95	-362	24145	66.780
131	6.45	-1528	24145	15.802
141	6.95	-2042	24145	11.823
151	7.45	-2062	24145	11.712
161	7.95	-1699	24145	14.213
171	8.45	-1021	24145	23.656
181	8.95	-56	24145	431.553

Verifica armature a presso-flessione - Combinazione nr. 2

n°	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	5	859	2172	379348	441.702
41	2.00	18.85	64	1145	18733	336396	293.767
51	2.50	18.85	251	1431	28648	163560	114.267
61	3.00	18.85	632	1718	23165	62944	36.645
71	3.50	18.85	1237	2004	19171	31052	15.496
81	4.00	18.85	2291	2290	17079	17070	7.453
91	4.50	18.85	3696	2576	16216	11305	4.388
101	5.00	18.85	4853	2863	15931	9397	3.282

PROGETTO ESECUTIVO

111	5.50	18.85	5637	3149	15850	8854	2.812
121	6.00	18.85	6008	3435	15884	9082	2.644
131	6.50	18.85	5386	3722	16199	11193	3.008
141	7.00	18.85	4140	4008	16985	16443	4.103
151	7.50	18.85	2685	4294	19094	30537	7.111
161	8.00	18.85	1343	4580	24970	85188	18.598
171	8.50	18.85	372	4867	22652	296370	60.897
181	9.00	18.85	0	5153	0	-75212	14.596

Verifica armature a taglio - Combinazione nr. 2

n°	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	39	24145	615.459
41	2.00	221	24145	109.363
51	2.50	551	24145	43.783
61	3.00	980	24145	24.637
71	3.50	1482	24145	16.287
81	4.00	2794	24145	8.642
91	4.50	2658	24145	9.084
101	5.00	1871	24145	12.908
111	5.50	1238	24145	19.500
121	6.00	-396	24145	60.933
131	6.50	-2085	24145	11.580
141	7.00	-2841	24145	8.500
151	7.50	-2879	24145	8.386
161	8.00	-2354	24145	10.257
171	8.50	-1355	24145	17.823
181	9.00	81	24145	296.332

Verifica armature a presso-flessione - Combinazione nr. 3

n°	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	3	859	1352	380637	443.203
41	2.00	18.85	56	1145	17099	350084	305.721
51	2.50	18.85	238	1431	28559	171610	119.891
61	3.00	18.85	629	1718	23203	63398	36.910
71	3.50	18.85	1276	2004	18986	29812	14.877
81	4.00	18.85	2463	2290	16872	15685	6.849
91	4.50	18.85	3944	2576	16098	10517	4.082
101	5.00	18.85	4978	2863	15892	9140	3.193
111	5.50	18.85	5645	3149	15847	8840	2.807
121	6.00	18.85	5921	3435	15905	9228	2.686
131	6.50	18.85	5261	3722	16244	11490	3.087
141	7.00	18.85	4021	4008	17070	17013	4.245
151	7.50	18.85	2598	4294	19298	31902	7.429
161	8.00	18.85	1295	4580	25298	89488	19.537
171	8.50	18.85	358	4867	22199	301899	62.033
181	9.00	18.85	0	5153	0	-75212	14.596

PROGETTO ESECUTIVO

Verifica armature a taglio - Combinazione nr. 3

n°	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	30	24145	809.437
41	2.00	208	24145	115.973
51	2.50	548	24145	44.101
61	3.00	1030	24145	23.450
71	3.50	1614	24145	14.964
81	4.00	3209	24145	7.525
91	4.50	2470	24145	9.777
101	5.00	1625	24145	14.861
111	5.50	1022	24145	23.635
121	6.00	-524	24145	46.095
131	6.50	-2106	24145	11.467
141	7.00	-2795	24145	8.639
151	7.50	-2802	24145	8.616
161	8.00	-2277	24145	10.605
171	8.50	-1305	24145	18.507
181	9.00	78	24145	308.645

Verifica armature a presso-flessione - Combinazione nr. 4

n°	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	5	859	2172	379348	441.702
41	2.00	18.85	64	1145	18733	336396	293.767
51	2.50	18.85	251	1431	28648	163560	114.267
61	3.00	18.85	639	1718	23090	62060	36.130
71	3.50	18.85	1519	2004	18096	23867	11.910
81	4.00	18.85	3150	2290	16297	11847	5.173
91	4.50	18.85	5261	2576	15673	7676	2.979
101	5.00	18.85	7244	2863	15437	6101	2.131
111	5.50	18.85	8752	3149	15351	5523	1.754
121	6.00	18.85	9567	3435	15349	5512	1.604
131	6.50	18.85	8693	3722	15519	6643	1.785
141	7.00	18.85	6738	4008	15944	9483	2.366
151	7.50	18.85	4396	4294	17011	16615	3.869
161	8.00	18.85	2208	4580	21061	43684	9.537
171	8.50	18.85	614	4867	27352	216783	44.544
181	9.00	18.85	0	5153	0	-75212	14.596

Verifica armature a taglio - Combinazione nr. 4

n°	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	39	24145	615.459
41	2.00	221	24145	109.363

PROGETTO ESECUTIVO

51	2.50	551	24145	43.783
61	3.00	1091	24145	22.130
71	3.50	2479	24145	9.739
81	4.00	4075	24145	5.925
91	4.50	4215	24145	5.729
101	5.00	3515	24145	6.868
111	5.50	2467	24145	9.788
121	6.00	-299	24145	80.790
131	6.50	-3194	24145	7.560
141	7.00	-4535	24145	5.324
151	7.50	-4672	24145	5.168
161	8.00	-3856	24145	6.262
171	8.50	-2233	24145	10.812
181	9.00	135	24145	178.980

Verifica armature a presso-flessione - Combinazione nr. 5

n°	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	1	286	1874	379817	1326.743
21	1.00	18.85	11	573	7301	371292	648.483
31	1.50	18.85	38	859	15824	357904	416.733
41	2.00	18.85	97	1145	23827	282019	246.281
51	2.50	18.85	244	1431	28604	167591	117.083
61	3.00	18.85	550	1718	24233	75627	44.029
71	3.50	18.85	1063	2004	20231	38133	19.029
81	4.00	18.85	1800	2290	17941	22830	9.969
91	4.45	18.85	2444	2548	17210	17944	7.043
101	4.95	18.85	2908	2834	17004	16572	5.847
111	5.45	18.85	3177	3120	17027	16726	5.360
121	5.95	18.85	3265	3407	17212	17957	5.271
131	6.45	18.85	2894	3693	17953	22909	6.203
141	6.95	18.85	2219	3979	19853	35606	8.948
151	7.45	18.85	1448	4266	23755	69955	16.400
161	7.95	18.85	742	4552	28522	174971	38.440
171	8.45	18.85	224	4838	16462	355419	73.463
181	8.95	18.85	2	5124	152	382522	74.648

Verifica armature a taglio - Combinazione nr. 5

n°	Y	T	T _R	CS _T
1	0.00	0	24145	1000.000
11	0.50	8	24145	2863.131
21	1.00	34	24145	715.783
31	1.50	76	24145	318.126
41	2.00	183	24145	132.189
51	2.50	431	24145	56.057
61	3.00	811	24145	29.765
71	3.50	1244	24145	19.403
81	4.00	1713	24145	14.099
91	4.45	1144	24145	21.101
101	4.95	692	24145	34.906
111	5.45	370	24145	65.176
121	5.95	-324	24145	74.558
131	6.45	-1155	24145	20.897

PROGETTO ESECUTIVO

141	6.95	-1514	24145	15.947
151	7.45	-1516	24145	15.930
161	7.95	-1243	24145	19.429
171	8.45	-744	24145	32.450
181	8.95	-41	24145	593.571

Verifica armature a presso-flessione - Combinazione nr. 6

n°	Y	A _r	M	N	M _u	N _u	CS
1	0.00	18.85	0	0	0	0	1000.000
11	0.50	18.85	3	286	3557	377173	1317.506
21	1.00	18.85	22	573	13585	361422	631.243
31	1.50	18.85	77	859	24520	271727	316.391
41	2.00	18.85	236	1145	28104	136496	119.199
51	2.50	18.85	587	1431	22484	54862	38.328
61	3.00	18.85	1213	1718	18432	26110	15.201
71	3.50	18.85	2167	2004	16857	15588	7.778
81	4.00	18.85	3753	2290	15984	9754	4.259
91	4.50	18.85	5832	2576	15553	6872	2.667
101	5.00	18.85	7702	2863	15380	5716	1.997
111	5.50	18.85	9038	3149	15324	5339	1.696
121	6.00	18.85	9697	3435	15338	5434	1.582
131	6.50	18.85	8725	3722	15515	6618	1.778
141	7.00	18.85	6721	4008	15948	9509	2.373
151	7.50	18.85	4366	4294	17031	16749	3.901
161	8.00	18.85	2186	4580	21159	44334	9.679
171	8.50	18.85	606	4867	27272	218937	44.987
181	9.00	18.85	0	5153	0	-75212	14.596

Verifica armature a taglio - Combinazione nr. 6

n°	Y	T	T _R	CS _T
1	0.00	0	24145	1000.000
11	0.50	16	24145	1497.850
21	1.00	64	24145	374.462
31	1.50	184	24145	131.003
41	2.00	479	24145	50.439
51	2.50	954	24145	25.297
61	3.00	1560	24145	15.474
71	3.50	2378	24145	10.152
81	4.00	4002	24145	6.033
91	4.50	4093	24145	5.899
101	5.00	3167	24145	7.625
111	5.50	2132	24145	11.323
121	6.00	-550	24145	43.922
131	6.50	-3331	24145	7.248
141	7.00	-4588	24145	5.263
151	7.50	-4671	24145	5.169
161	8.00	-3829	24145	6.307
171	8.50	-2207	24145	10.940
181	9.00	133	24145	181.672

Verifica armature a presso-flessione - Combinazione nr. 7

PROGETTO ESECUTIVO

n°	Y	M	N	A _f	σ _c	σ _f
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	7	1145	18.85	0.48	7.09
51	2.50	69	1431	18.85	0.95	12.52
61	3.00	247	1718	18.85	2.41	27.59
71	3.50	581	2004	18.85	6.53	105.93
81	4.00	1080	2290	18.85	12.89	276.02
91	4.45	1524	2548	18.85	18.51	429.96
101	4.95	1852	2834	18.85	22.60	538.06
111	5.45	2049	3120	18.85	25.02	596.41
121	5.95	2127	3407	18.85	25.89	608.79
131	6.45	1895	3693	18.85	22.78	503.52
141	6.95	1458	3979	18.85	16.97	322.20
151	7.45	955	4266	18.85	10.21	127.66
161	7.95	490	4552	18.85	4.80	58.10
171	8.45	148	4838	18.85	2.73	37.22
181	8.95	1	5124	18.85	2.00	29.96

Verifica armature a taglio - Combinazione nr. 7

n°	Y	T	τ _c	σ _{st}
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	0	0.00	0.00
41	2.00	48	0.03	16.03
51	2.50	220	0.13	73.88
61	3.00	508	0.40	228.06
71	3.50	831	0.60	345.44
81	4.00	1173	0.80	455.86
91	4.45	798	0.53	304.90
101	4.95	498	0.33	189.42
111	5.45	284	0.19	108.06
121	5.95	-181	0.12	68.92
131	6.45	-741	0.50	285.98
141	6.95	-987	0.69	394.45
151	7.45	-995	0.76	436.90
161	7.95	-819	0.58	330.49
171	8.45	-492	0.29	165.25
181	8.95	-27	0.02	9.05

Verifica armature a presso-flessione - Combinazione nr. 8

n°	Y	M	N	A _f	σ _c	σ _f
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	7	1145	18.85	0.48	7.09
51	2.50	69	1431	18.85	0.95	12.52
61	3.00	247	1718	18.85	2.41	27.59
71	3.50	581	2004	18.85	6.53	105.93

PROGETTO ESECUTIVO

81	4.00	1080	2290	18.85	12.89	276.05
91	4.45	1525	2548	18.85	18.52	430.37
101	4.95	1854	2834	18.85	22.62	538.78
111	5.45	2052	3120	18.85	25.05	597.36
121	5.95	2129	3407	18.85	25.93	609.89
131	6.45	1898	3693	18.85	22.82	504.56
141	6.95	1461	3979	18.85	16.99	323.01
151	7.45	956	4266	18.85	10.22	128.14
161	7.95	491	4552	18.85	4.81	58.17
171	8.45	148	4838	18.85	2.74	37.24
181	8.95	1	5124	18.85	2.00	29.96

Verifica armature a taglio - Combinazione nr. 8

n°	Y	T	τ_c	σ_{st}
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	0	0.00	0.00
41	2.00	48	0.03	16.03
51	2.50	220	0.13	73.88
61	3.00	508	0.40	228.06
71	3.50	831	0.60	345.44
81	4.00	1175	0.80	456.81
91	4.45	799	0.53	305.61
101	4.95	499	0.33	189.94
111	5.45	285	0.19	108.45
121	5.95	-180	0.12	68.84
131	6.45	-742	0.50	286.27
141	6.95	-988	0.69	394.91
151	7.45	-996	0.76	437.40
161	7.95	-820	0.58	331.24
171	8.45	-493	0.29	165.51
181	8.95	-27	0.02	9.07

Verifica armature a presso-flessione - Combinazione nr. 9

n°	Y	M	N	A _f	σ_c	σ_f
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	7	1145	18.85	0.48	7.09
51	2.50	69	1431	18.85	0.95	12.52
61	3.00	247	1718	18.85	2.41	27.59
71	3.50	581	2004	18.85	6.53	105.93
81	4.00	1091	2290	18.85	13.03	279.99
91	4.45	1596	2548	18.85	19.43	457.33
101	4.95	1974	2834	18.85	24.18	585.08
111	5.45	2209	3120	18.85	27.08	657.86
121	5.95	2311	3407	18.85	28.27	679.61
131	6.45	2070	3693	18.85	25.03	570.03
141	6.95	1597	3979	18.85	18.78	374.22
151	7.45	1048	4266	18.85	11.43	159.02
161	7.95	539	4552	18.85	5.22	62.26

PROGETTO ESECUTIVO

171	8.45	163	4838	18.85	2.82	38.14
181	8.95	1	5124	18.85	2.00	29.96

Verifica armature a taglio - Combinazione nr. 9

n°	Y	T	τ_c	σ_{st}
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	0	0.00	0.00
41	2.00	48	0.03	16.03
51	2.50	220	0.13	73.88
61	3.00	508	0.40	228.06
71	3.50	831	0.60	345.44
81	4.00	1327	0.90	515.35
91	4.45	914	0.61	348.73
101	4.95	584	0.39	221.58
111	5.45	347	0.23	131.79
121	5.95	-169	0.11	64.21
131	6.45	-795	0.53	304.93
141	6.95	-1073	0.74	424.07
151	7.45	-1088	0.82	468.32
161	7.95	-899	0.66	378.65
171	8.45	-541	0.32	181.84
181	8.95	-30	0.02	9.98

Verifica armature a presso-flessione - Combinazione nr. 10

n°	Y	M	N	A _f	σ_c	σ_f
1	0.00	0	0	18.85	0.00	0.00
11	0.50	0	286	18.85	0.11	1.68
21	1.00	2	573	18.85	0.23	3.44
31	1.50	6	859	18.85	0.37	5.36
41	2.00	20	1145	18.85	0.56	7.92
51	2.50	95	1431	18.85	1.11	14.15
61	3.00	293	1718	18.85	2.95	32.35
71	3.50	655	2004	18.85	7.50	132.70
81	4.00	1190	2290	18.85	14.31	317.76
91	4.45	1664	2548	18.85	20.32	483.66
101	4.95	2013	2834	18.85	24.67	599.86
111	5.45	2221	3120	18.85	27.23	662.37
121	5.95	2300	3407	18.85	28.12	675.34
131	6.45	2048	3693	18.85	24.75	561.59
141	6.95	1574	3979	18.85	18.48	365.58
151	7.45	1030	4266	18.85	11.19	152.90
161	7.95	528	4552	18.85	5.13	61.36
171	8.45	160	4838	18.85	2.80	37.93
181	8.95	1	5124	18.85	2.00	29.96

Verifica armature a taglio - Combinazione nr. 10

n°	Y	T	τ_c	σ_{st}
1	0.00	0	0.00	0.00
11	0.50	1	0.00	0.43

PROGETTO ESECUTIVO

21	1.00	5	0.00	1.73
31	1.50	12	0.01	3.89
41	2.00	68	0.04	22.95
51	2.50	252	0.15	84.69
61	3.00	554	0.44	252.97
71	3.50	894	0.63	363.74
81	4.00	1255	0.84	484.14
91	4.45	851	0.56	323.70
101	4.95	527	0.35	199.99
111	5.45	297	0.20	112.70
121	5.95	-203	0.13	76.97
131	6.45	-804	0.54	308.77
141	6.95	-1067	0.74	422.42
151	7.45	-1074	0.81	464.04
161	7.95	-884	0.64	369.05
171	8.45	-530	0.31	178.18
181	8.95	-29	0.02	9.76

Verifica armature a presso-flessione - Combinazione nr. 11

n°	Y	M	N	A _f	σ _c	σ _f
1	0.00	0	0	18.85	0.00	0.00
11	0.50	1	286	18.85	0.11	1.71
21	1.00	5	573	18.85	0.25	3.63
31	1.50	16	859	18.85	0.43	5.99
41	2.00	45	1145	18.85	0.70	9.42
51	2.50	143	1431	18.85	1.42	17.42
61	3.00	376	1718	18.85	4.00	48.68
71	3.50	786	2004	18.85	9.22	181.66
81	4.00	1387	2290	18.85	16.85	392.85
91	4.45	1917	2548	18.85	23.56	580.42
101	4.95	2304	2834	18.85	28.40	711.42
111	5.45	2532	3120	18.85	31.21	781.62
121	5.95	2614	3407	18.85	32.16	795.83
131	6.45	2323	3693	18.85	28.30	666.92
141	6.95	1784	3979	18.85	21.21	444.68
151	7.45	1166	4266	18.85	12.98	200.39
161	7.95	598	4552	18.85	5.80	67.69
171	8.45	181	4838	18.85	2.92	39.20
181	8.95	2	5124	18.85	2.00	29.97

Verifica armature a taglio - Combinazione nr. 11

n°	Y	T	τ _c	σ _{st}
1	0.00	0	0.00	0.00
11	0.50	4	0.00	1.21
21	1.00	14	0.01	4.83
31	1.50	32	0.02	10.86
41	2.00	105	0.06	35.34
51	2.50	310	0.21	120.79
61	3.00	637	0.49	281.02
71	3.50	1007	0.70	399.02
81	4.00	1405	0.94	536.83
91	4.45	947	0.63	358.45
101	4.95	582	0.38	219.61

PROGETTO ESECUTIVO

111	5.45	322	0.21	121.51
121	5.95	-241	0.16	91.32
131	6.45	-918	0.61	350.11
141	6.95	-1213	0.83	473.55
151	7.45	-1218	0.89	512.25
161	7.95	-1001	0.77	438.66
171	8.45	-600	0.35	201.60
181	8.95	-33	0.02	11.03

Verifica armature a presso-flessione - Combinazione nr. 12

n°	Y	M	N	A _f	σ _c	σ _f
1	0.00	0	0	18.85	0.00	0.00
11	0.50	1	286	18.85	0.12	1.74
21	1.00	9	573	18.85	0.27	3.88
31	1.50	30	859	18.85	0.51	6.83
41	2.00	78	1145	18.85	0.89	11.42
51	2.50	208	1431	18.85	2.03	23.19
61	3.00	487	1718	18.85	5.46	86.86
71	3.50	963	2004	18.85	11.51	248.15
81	4.00	1660	2290	18.85	20.37	497.55
91	4.45	2330	2548	18.85	28.85	739.16
101	4.95	2823	2834	18.85	35.05	911.16
111	5.45	3119	3120	18.85	38.73	1007.29
121	5.95	3233	3407	18.85	40.08	1033.41
131	6.45	2879	3693	18.85	35.44	879.98
141	6.95	2214	3979	18.85	26.77	608.08
151	7.45	1449	4266	18.85	16.69	302.96
161	7.95	744	4552	18.85	7.41	82.27
171	8.45	225	4838	18.85	3.18	41.89
181	8.95	2	5124	18.85	2.00	30.00

Verifica armature a taglio - Combinazione nr. 12

n°	Y	T	τ _c	σ _{st}
1	0.00	0	0.00	0.00
11	0.50	7	0.00	2.24
21	1.00	27	0.02	8.97
31	1.50	60	0.04	20.18
41	2.00	154	0.09	51.95
51	2.50	387	0.30	174.10
61	3.00	748	0.54	312.18
71	3.50	1158	0.78	449.45
81	4.00	1754	1.16	664.74
91	4.45	1202	0.79	452.47
101	4.95	747	0.49	280.77
111	5.45	423	0.28	159.05
121	5.95	-281	0.18	105.50
131	6.45	-1128	0.74	426.54
141	6.95	-1500	1.01	575.85
151	7.45	-1511	1.07	610.65
161	7.95	-1243	0.99	567.66
171	8.45	-746	0.44	250.72
181	8.95	-41	0.02	13.73

PROGETTO ESECUTIVO

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 ²)
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 ²)
Resistenza di calcolo dell'acciaio (f_{yk} / γ_s)	$R'_s = 3990$ (Kg/cm ²)
Modulo elastico dell'acciaio	$E_s = 2100000$ (Kg/cm ²)
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

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

Tratto parabolico: $0 \leq \epsilon_c \leq \epsilon_{ck}$

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

Tratto rettangolare: $\epsilon_{ck} < \epsilon_c \leq \epsilon_{cu}$

$$\sigma_c = R'_c$$

Legame costitutivo dell'acciaio

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

$$\sigma_s = E_s \epsilon_s \quad \text{per } 0 \leq \epsilon_s \leq \epsilon_{sy}$$

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

Tratto armatura 1

Nr	N_u	M_u
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

PROGETTO ESECUTIVO

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]	$A_v=4.52$ [cmq]	$A_{th}=3.39$ [cmq]	Staffe $\phi 10/25.00$
$M_h=2987$ [kgm]	$T_h=5974$ [kg]	$M_v=300$ [kgm]	$T_v=858$ [kg]	
$\sigma_c = 13.26$ [kg/cmq]		$\sigma_t = 1091$ [kg/cmq]		$\tau_c = 1.57$ [kg/cmq]