

Relazione Strutturale

Indice

RELAZIONE ILLUSTRATIVA2

RELAZIONE GEOTECNICA E SULLE FONDAZIONI.....3

RELAZIONE SUI MATERIALI4

RELAZIONE DI CALCOLO.....6

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

L'allegato progetto riguarda le opere strutturali da realizzare previste nell'intervento per la sistemazione della strada comunale Montericu'.

Per la descrizione dello stato attuale si rimanda alla relazione illustrativa allegata al progetto.

La strada è oggetto di dissesto su un tratto centrale, dissesto verificatosi nella scarpata a valle della strada consistito in un movimento franoso che ha determinato un abbassamento di porzione della sede stradale per un fronte di circa 50 metri. Tale movimento è stato causato presumibilmente dalla elevata pendenza della scarpata, realizzata con materiale talvolta caotico e con scadenti caratteristiche geomeccaniche, unito all'eccessivo imbibimento del terreno durante l'evento piovoso eccezionale.

Dalla stratigrafia rilevata ed in ragione delle morfologie presenti (pendenze considerevoli a valle della scarpata), nonché dalla presenza di terreno con scarse caratteristiche geomeccaniche, si ritiene non opportuno eseguire un intervento con di consolidamento mediante tecniche di ingegneria naturalistica (es. muri a gabbioni).

L'intervento strutturale previsto è la realizzazione di una paratia sul ciglio della carreggiata per un fronte di circa 50 metri; la paratia verrà realizzata con pali trivellati del diametro di mm. 600 che avranno lunghezza di 12.00 ml .

I pali verranno collegati in testa con una trave in c.c.a., con sezione cm. 70x50, opportunamente armata, da realizzare sul ciglio della sede stradale.

Il calcolo e le verifiche sono stati eseguiti con l'ausilio di elaboratore elettronico utilizzando il programma PAC 12.0 prodotto e distribuito dalla Aztec Informatica®. L'illustrazione delle verifiche utilizzate vengono illustrate all'inizio della relazione di calcolo.

In fase di calcolo sono state dimensionate opportunamente le sezioni dei componenti strutturali ed è stata definita la quantità di armatura necessaria.

Sant'Elpidio a Mare, li 25/09/2015.

Il Progettista

Ing. Luca Corazza

RELAZIONE GEOTECNICA E SULLE FONDAZIONI

Il dimensionamento delle strutture di fondazione è stato svolto sulla base dei dati forniti nella relazione geologica allegata, redatta dal Dott. Geol. Vincenzo Otera di Sant'Elpidio a Mare.

La strada comunale Montericu' si trova sul versante sud della collina posta a nord della cittadina di Torre San Patrizio, lungo la provinciale per Monte San Pietrangeli; il versante ha una pendenza che in taluni punti raggiunge il 40%.

Nell'area oggetto di intervento sono stati effettuati un sondaggio geognostico a carotaggio continuo sul ciglio a valle della sede stradale e due sondaggi meccanici a valle della scarpata; si è rilevata la seguente stratigrafia:

- a) Terreno di riporto a principale componente limoso sabbiosa, lo spessore è variabile fino a circa 1.8 ml sul ciglio strada;
- b) Limi sabbiosi per uno spessore di circa 1,80 ml sul ciglio strada;
- c) Argille grigio avana e sabbie del substrato alterato per uno spessore di circa 5,0 ml sul ciglio strada;
- d) Argille marnose (substrato) con intercalazioni di sabbie con spessore rilevato fino alla profondità del sondaggio.

Per quanto riguarda il dimensionamento e le verifiche delle strutture di contenimento, è stato fatto riferimento ai parametri del terreno assunti in accordo alle indicazioni riportate nella relazione geologica; i parametri più significativi ai fini della verifica delle fondazioni esistenti sono sotto riportati:

Parametri	Litotipo "a"	Litotipo "b"	Litotipo "c"	Litotipo "d"
Peso di volume (g/cm ³)	1,80	1,90	1,90	2,00
Coesione non drenata(kg/cmq)	0	0	0	2.50
Coesione drenata(kg/cmq)	0,00	0,10	0,00	0,40
Angolo di attrito interno(gradi)	25°	27°	30°	25°

Le condizioni e combinazioni di carico nonché le verifiche eseguite per l'opera di contenimento sono descritte nell'allegata relazione di calcolo.

Sant'Elpidio a Mare, li 25/09/2015.

Il Progettista

Ing. Luca Corazza

RELAZIONE SUI MATERIALI

I materiali impiegati per la costruzione sono:

- cemento armato
- acciaio

CEMENTO ARMATO

- **LEGANTI:** I leganti impiegati nell'opera in progetto, sono quelli previsti dalle disposizioni vigenti in materia (Legge 26-05-1965 e norme armonizzate della serie EN 197), dotati di attestato di conformità ai sensi delle norme EN 197-1 ed EN 197-2. In presenza di ambienti chimicamente aggressivi si fa riferimento ai cementi previsti dalle norme UNI 9156 (cementi resistenti ai solfati) e UNI 9606 (cementi resistenti al dilavamento della calce).
- **AGGREGATI:** La sabbia deve essere viva, con grani assortiti in grossezza da 0 a 3 mm, non proveniente da rocce in decomposizione, scricchiolante alla mano, pulita, priva di materie organiche, melmose, terrose e di salsedine. La ghiaia deve contenere elementi assortiti, di dimensioni fino a 15 mm, resistenti e non gelivi, non friabili, scevri di sostanze estranee, terra e salsedine. Le ghiaie sporche vanno accuratamente lavate. Anche il pietrisco proveniente da rocce compatte, non gessose né gelive, dovrà essere privo di impurità od elementi in decomposizione.
- **AGGIUNTE**
- **ADDITIVI**
- **ACQUA DI IMPASTO:** L'acqua da utilizzare per gli impasti dovrà essere limpida, priva di sali in percentuale dannosa e non aggressiva.

- **CARATTERISTICHE RESISTENTI DEL CONGLOMERATO CEMENTIZIO**

I parametri relativi alle caratteristiche resistenti sono riportati di seguito, secondo la notazione in tabella.

Parametro	Descrizione	simbolo	Correlazioni
Resistenza caratteristica cubica a compressione	valore frattile 5% della distribuzione di resistenza determinata su provini cubici confezionati e conservati secondo la norma EN12390-2, e sottoposti a prova di compressione uniassiale dopo 28 giorni, secondo la norma EN12390-3.	R_{ck}	
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione	valore frattile 5% della distribuzione di resistenza determinata su provini cilindrici, di diametro 150mm ed altezza 300mm.	f_{ck}	f_{ck}=0.83 R_{ck}
Resistenza di calcolo cilindrica a compressione		f_{cd}	f_{ck}/γ_c
Resistenza a trazione	Resistenza media a trazione semplice (assiale)	f_{ctm}	
Resistenza caratteristica		f_{ctk}	f_{ctk} = 0.7 f_{ctm}
Resistenza a trazione per flessione		f_{cfk}	f_{cfk} = 1,2 f_{ctk}
T.A. in esercizio combinazione rara			
T.A. in esercizio combinazione frequente			
T.A. in esercizio			

Relazione Strutturale

Parametro	Descrizione	simbolo	Correlazioni
combinazione quasi perm.			
Modulo elastico	Viene come funzione della resistenza a rottura media su provino cubico (Rcm)	E_c	... con $f_{cm}=f_{ck}+8$ (N/mm ²)
Coefficiente di Poisson	viene adottato un valore maggiore di zero (calcestruzzo fessurato) e minore di 0.2 (non fessurato)	ν_c	$0 < \nu_c \leq 0.2$
Coefficiente di dilatazione termica	In fase di progettazione viene assunto il valore riportato nella presente tabella	α_{ct}	

Parti in calcestruzzo armato		
Classe calcestruzzo		Classe C25/30
Resistenza cubica R_{ck}	kg/cm ²	300
Resistenza cilindrica f_{ck}	kg/cm ²	249
Resistenza di calcolo f_{cd}	kg/cm ²	141
Resistenza a trazione media f_{ctm}	kg/cm ²	26
Resistenza a trazione di calcolo f_{ctd}	kg/cm ²	12
Classe acciaio		
Resistenza allo snervamento f_{yk}	kg/cm ²	≥ 4500
Resistenza alla rottura f_{tk}	kg/cm ²	≥ 5400

1. Dosature dei materiali

La dosatura dei materiali è orientativamente la seguente per m³ d'impasto, salvo la preparazione dei provini:

sabbia	0.4 m ³
ghiaia	0.8 m ³
acqua	120 litri
cemento tipo 425	3.5 q/m ³

2. ACCIAI

Le armature metalliche saranno costituite da acciaio saldabile e qualificato secondo le procedure di cui ai punti 11.3.1.2 11.3.2 del D.M. 2008:

Tipo acciaio B450C

$f_{v\ nom}$	= 450 N/mm ²	– Tensione nominale di snervamento
$f_{t\ nom}$	= 540 N/mm ²	– Tensione nominale di rottura
f_{yk}	=450 N/mm ²	– Tensione caratteristica di snervamento
f_{tk}	=540 N/mm ²	– Tensione caratteristica di rottura
t	aderenza 2.6 N/mm ²	

All'atto della posa in opera gli acciai devono presentarsi privi di ossidazione, corrosione, difetti superficiali visibili e pieghe. E' tollerata una ossidazione che scompaia totalmente mediante sfregamento con un panno asciutto. Non è ammessa in cantiere alcuna operazione di raddrizzamento.

Sant'Elpidio a Mare, li 25/09/2015.

Il Progettista

Ing. Luca Corazza

RELAZIONE DI CALCOLO

Relazione Strutturale

Progetto: RIPRISTINO STRADA MONTERICU'
Ditta: COMUNE DI TORRE SAN PATRIZIO
Comune: TORRE SAN PATRIZIO
Progettista: ING. LUCA CORAZZA
Direttore dei Lavori: ING. LUCA CORAZZA
Impresa:

Normative di riferimento

- Legge nr. 1086 del 05/11/1971.

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

- Legge nr. 64 del 02/02/1974.

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

- 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.

- 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.

- 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.

- D.M. 16 Gennaio 1996

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

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche.

- 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.

- 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.

- Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 (D.M. 14 Gennaio 2008)

- 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.

Richiami teorici

Metodo di analisi

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 controspinta 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 controspinta 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, controspinta, tiro dei tiranti ed eventuali carichi esterni).

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

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

Nella costruzione dei diagrammi risultanti si adotterà la seguente notazione:

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

Calcolati i diagrammi suddetti si costruiscono i diagrammi risultanti

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

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

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

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

Calcolo della spinte

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.

Spinta in presenza di sisma

Per tenere conto dell'incremento di spinta dovuta al sisma si fa riferimento al metodo di **Mononobe-Okabe** (cui fa riferimento la Normativa Italiana).

Il metodo di Mononobe-Okabe 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).

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_r 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_r , 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).

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). Indicando con E_m il modulo elastico del materiale costituente la paratia (in Kg/cm^2), l'equivalenza, in termini di rigidità, si esprime come

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

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).

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 rigidezza, u vettore degli spostamenti nodali, p vettore dei carichi nodali)

$$Ku=p$$

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 riasssemblata 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 rigidezza è particolarmente onerosa). Si ricorre pertanto a soluzioni più sofisticate che escludono il riasssemblaggio 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.

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 rigidezza della 'struttura' la relazione sforzi-deformazione è esprimibile nella forma

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

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.

Verifica alla stabilità globale

La verifica alla stabilità globale del complesso paratia+terreno deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a 1,10.

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 10x10 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:

Relazione Strutturale

$$\eta = \frac{\sum_i \left(\frac{c_i b_i}{\cos \alpha_i} + [W_i \cos \alpha_i - u_i l_i] \tan \phi_i \right)}{\sum_i W_i \sin \alpha_i}$$

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.

Relazione Strutturale

Dati

Geometria paratia

Tipo paratia: **Paratia di pali**

Altezza fuori terra	2,00	[m]
Profondità di infissione	10,00	[m]
Altezza totale della paratia	12,00	[m]
Lunghezza paratia	50,00	[m]

Numero di file di pali	1	
Interasse fra i pali della fila	1,50	[m]
Diametro dei pali	60,00	[cm]
Numero totale di pali	33	
Numero di pali per metro lineare	0.66	

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
	[m]		[cm]	[cm]	[cmq]	[cm ³]
1	0,00	Calcestruzzo	70,00	40,00	--	--

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
	[m]	[m]	[°]
2	4,40	0,10	1.30
3	10,00	3,98	34.72
4	14,81	4,80	9.67
5	18,00	5,50	12.38

Profilo di valle

N°	X	Y	A
	[m]	[m]	[°]
1	-13,78	-8,95	0.00
2	-11,78	-7,86	1.30
3	-9,00	-6,13	34.72

Relazione Strutturale

N°	X	Y	A
	[m]	[m]	[°]
4	-6,20	-6,00	9.67
5	-2,07	-2,00	12.38
6	0,00	-2,00	-163.01

Descrizione terreni

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine
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/cm ²]

N°	Descrizione	γ	γ_{sat}	ϕ	δ	c
		[kg/mc]	[kg/mc]	[°]	[°]	[kg/cm ²]
1	RIPORTO	1800,0	2000,0	25.00	16.00	0,000
2	LIMO SABBIOSO	1900,0	1950,0	27.00	18.00	0,100
3	SABBIE GIALLE	1900,0	2000,0	30.00	20.00	0,000
4	ARGILLE GRIGIE	2000,0	2000,0	25.00	16.00	0,400

Descrizione stratigrafia

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia
sp	spessore dello strato in corrispondenza dell'asse della paratia espresso in [m]
kw	costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm ² /cm
α	inclinazione dello strato espressa in GRADI(°) (M: strato di monte V:strato di valle)
Terreno	Terreno associato allo strato (M: strato di monte V:strato di valle)

N°	sp	α_M	α_V	K _{wM}	K _{wV}	Terreno M	Terreno V
	[m]	[°]	[°]	kg/cm ² /cm	kg/cm ² /cm		
1	1,80	22.00	22.00	0.22	0.56	RIPORTO	LIMO SABBIOSO
2	1,80	22.00	24.00	1.05	1.08	LIMO SABBIOSO	LIMO SABBIOSO
3	5,20	22.00	18.00	2.06	2.09	SABBIE GIALLE	SABBIE GIALLE
4	10,00	20.00	20.00	4.82	4.84	ARGILLE GRIGIE	ARGILLE GRIGIE

Caratteristiche materiali utilizzati

Calcestruzzo

Peso specifico	2500	[kg/mc]
Classe di Resistenza	C25/30	
Resistenza caratteristica a compressione R _{ck}	306	[kg/cm ²]
Tensione di progetto a compressione σ_c	99	[kg/cm ²]

Acciaio

Tipo	B450C	
Tensione di snervamento f _{yk}	4589	[kg/cm ²]

Caratteristiche acciaio cordoli in c.a.

Tipo	B450C	
Tensione di snervamento f _{yk}	4589	[kg/cm ²]

Condizioni di carico

Relazione Strutturale

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	$X_i = 0,80$	$X_f = 4,00$	$Q_i = 900$	$Q_f = 900$	

Relazione Strutturale

Combinazioni di carico

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

Combinazione n° 1 [A1-M1]

Nome condizione	γ	Coeff. part.
Spinta terreno	1.30	
Condizione 1 (CARICO STRADALE)	1.35	1.00

Combinazione n° 2 [A1-M1]

Nome condizione	γ	Coeff. part.
Spinta terreno	1.00	

Combinazione n° 3 [A2-M2]

Nome condizione	γ	Coeff. part.
Spinta terreno	1.00	
Condizione 1 (CARICO STRADALE)	1.15	1.00

Combinazione n° 4 [A2-M2]

Nome condizione	γ	Coeff. part.
Spinta terreno	1.00	

Combinazione n° 5 [SLER]

Nome condizione	γ	Coeff. part.
Spinta terreno	1.00	
Condizione 1 (CARICO STRADALE)	1.00	1.00

Combinazione n° 6 [SLEF]

Nome condizione	γ	Coeff. part.
Spinta terreno	1.00	
Condizione 1 (CARICO STRADALE)	1.00	0.75

Combinazione n° 7 [SLEQ]

Nome condizione	γ	Coeff. part.
Spinta terreno	1.00	

Impostazioni di progetto

Spinte e verifiche secondo :
Norme Tecniche sulle Costruzioni 14/01/2008

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

			Statici	Sismici
--	--	--	---------	---------

Relazione Strutturale

Carichi	Effetto		A1	A2	A1	A2
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.30	1.00	1.00	1.00
Permanenti ns	Favorevole	γ_{Gfav}	0.00	0.00	0.00	0.00
Permanenti ns	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.50	1.30	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.50	1.30	1.00	1.00
Variabili da traffico	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili da traffico	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.35	1.15	1.00	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

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

TIRANTI DI ANCORAGGIO

Coefficienti parziali γ_R per le verifiche dei tiranti

Resistenza

Laterale

γ_{st}

Tiranti

1,20

Coefficienti di riduzione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica dei tiranti.

Numero di verticali indagate

1

$\xi_3=1,80$

$\xi_4=1,80$

Verifica materiali : Stato Limite Ultimo

Impostazioni verifiche SLE

Coefficienti parziali per resistenze di calcolo dei materiali

Coefficiente di sicurezza calcestruzzo	1.50
Coefficiente di sicurezza acciaio	1.15
Fattore riduzione da resistenza cubica a cilindrica	0.83
Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo	0.85
Coefficiente di sicurezza per la sezione	1.00

Verifica Taglio - Metodo dell'inclinazione variabile del traliccio

$$V_{Rd}=[0.18 \cdot k \cdot (100.0 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d > (v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

$$V_{Rsd}=0.9 \cdot d \cdot A_{sw} / s \cdot f_{yd} \cdot (\cot \alpha + \cot \theta) \cdot \sin \alpha$$

$$V_{Rcd}=0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f_{cd} \cdot (\cot(\theta) + \cot(\alpha)) / (1.0 + \cot \theta^2)$$

con:

d	altezza utile sezione [mm]
b_w	larghezza minima sezione [mm]
σ_{cp}	tensione media di compressione [N/mm ²]
ρ_l	rapporto geometrico di armatura
A_{sw}	area armatura trasversale [mm ²]
s	interasse tra due armature trasversali consecutive [mm]
α_c	coefficiente maggiorativo, funzione di fcd e σ_{cp}

$$f_{cd}'=0.5 \cdot f_{cd}$$

$$k=1+(200/d)^{1/2}$$

$$v_{min}=0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$$

Impostazioni verifiche SLE

Relazione Strutturale

Condizioni ambientali Ordinarie
Armatura ad aderenza migliorata
Sensibilità delle armature Poco sensibile

Valori limite delle aperture delle fessure $w_1 = 0.20$
 $w_2 = 0.30$
 $w_3 = 0.40$
Metodo di calcolo aperture delle fessure NTC 2008 - I° Formulazione
Verifica delle tensioni
Combinazione di carico Rara $\sigma_c < 0.60 f_{ck}$ - $\sigma_f < 0.70 f_{yk}$
 Quasi permanente $\sigma_c < 0.45 f_{ck}$

Impostazioni di analisi

Analisi per Combinazioni di Carico.

Rottura del terreno: Pressione passiva

Influenza δ (angolo di attrito terreno-paratia): Nel calcolo del coefficiente di spinta attiva K_a e nell'inclinazione della spinta attiva (non viene considerato per la spinta passiva)

Stabilità globale: Metodo di Fellenius

Impostazioni analisi sismica

Identificazione del sito

Latitudine 43.188238
Longitudine 13.603168
Comune Torre San Patrizio
Provincia Ascoli Piceno
Regione Marche

Punti di interpolazione del reticolo 22757 - 22535 - 22534 - 22756

Tipo di opera

Tipo di costruzione Opera ordinaria
Vita nominale 50 anni
Classe d'uso II - Normali affollamenti e industrie non pericolose
Vita di riferimento

50 anni

Combinazioni/Fase

	SLU	SLE
Accelerazione al suolo $[m/s^2]$	1.762	0.652
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale F_0	2.448	2.428
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante T_c^*	0.328	0.294
Coefficiente di amplificazione topografica (S_t)	1.200	1.200
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S_s)	1.200	1.200
Coefficiente di riduzione per tipo di sottosuolo (α)	1.000	1.000
Spostamento massimo senza riduzione di resistenza U_s [m]	0.050	0.050
Coefficiente di riduzione per spostamento massimo (β)	0.480	0.480
Coefficiente di intensità sismica (percento)	12.414	4.593
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale (kv)	0.00	

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

Relazione Strutturale

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 40 elementi fuori terra e 200 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	2,00	[m]
Profondità di infissione	10,00	[m]
Altezza totale della paratia	12,00	[m]

Forze agenti sulla paratia

Tutte le forze si intendono positive se dirette da monte verso valle. Esse sono riferite ad un metro di larghezza della paratia. Le Y hanno come origine la testa della paratia, e sono espresse in [m]

Simbologia adottata

n°	Indice della Combinazione/Fase
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Pa	Spinta attiva, espressa in [kg]
Is	Incremento sismico della spinta, espressa in [kg]
Pw	Spinta della falda, espressa in [kg]
Pp	Resistenza passiva, espressa in [kg]
Pc	Controspinta, espressa in [kg]

n°	Tipo	Pa	Y _{Pa}	Is	Y _{Is}	Pw	Y _{Pw}	Pp	Y _{Pp}	Pc	Y _{Pc}
		[kg]	[m]	[kg]	[m]	[kg]	[m]	[kg]	[m]	[kg]	[m]
1	[A1-M1]	1739	1,23	--	--	--	--	-2446	3,30	707	8,38
2	[A1-M1 S]	1018	1,20	299	1,33	--	--	-1830	3,26	513	8,46
3	[A2-M2]	1709	1,22	--	--	--	--	-2055	2,71	346	10,05
4	[A2-M2 S]	1176	1,19	3045	1,33	--	--	-7185	5,40	2964	11,24
5	[SLER]	1305	1,22	--	--	--	--	-1811	3,25	507	8,47
6	[SLEF]	1232	1,22	--	--	--	--	-1713	3,25	480	8,47
7	[SLEQ]	1031	1,20	--	--	--	--	-1439	3,26	408	8,45

Simbologia adottata

n°	Indice della Combinazione/Fase
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Rc	Risultante carichi esterni applicati, espressa in [kg]
Rt	Risultante delle reazioni dei tiranti (componente orizzontale), espressa in [kg]
Rv	Risultante delle reazioni dei vincoli, espressa in [kg]
Rp	Risultante delle reazioni dei puntoni, espressa in [kg]

n°	Tipo	Rc	Y _{Rc}	Rt	Y _{Rt}	Rv	Y _{Rv}	Rp	Y _{Rp}
1	[A1-M1]	0	0,00	--	--	--	--	--	--
2	[A1-M1 S]	0	0,00	--	--	--	--	--	--
3	[A2-M2]	0	0,00	--	--	--	--	--	--
4	[A2-M2 S]	0	0,00	--	--	--	--	--	--
5	[SLER]	0	0,00	--	--	--	--	--	--
6	[SLEF]	0	0,00	--	--	--	--	--	--
7	[SLEQ]	0	0,00	--	--	--	--	--	--

Simbologia adottata

n°	Indice della Combinazione/Fase
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
P _{NUL}	Punto di nullo del diagramma, espresso in [m]

Relazione Strutturale

P_{INV} Punto di inversione del diagramma, espresso in [m]
 C_{ROT} Punto Centro di rotazione, espresso in [m]
 MP Percentuale molle plasticizzate, espressa in [%]
 R/R_{MAX} Rapporto tra lo sforzo reale nelle molle e lo sforzo che le molle sarebbero in grado di esplicare, espresso in [%]
 P_p Portanza di punta, espressa in [kg]

n°	Tipo	P _{NUL}	P _{INV}	C _{ROT}	MP	R/R _{MAX}	P _p
1	[A1-M1]	2,00	2,00	5,85	6.47	0.54	99294
2	[A1-M1 S]	2,00	2,00	5,95	8.46	0.49	99294
3	[A2-M2]	2,00	2,05	8,09	41.79	0.79	63891
4	[A2-M2 S]	2,02	2,80	9,90	66.17	4.95	63891
5	[SLER]	2,00	2,00	5,96	8.46	0.49	99294
6	[SLEF]	2,00	2,00	5,96	8.46	0.47	99294
7	[SLEQ]	2,00	2,00	5,93	8.46	0.39	99294

Valori massimi e minimi sollecitazioni per metro di paratia

Simbologia adottata

n° Indice della combinazione/fase
 Tipo Tipo della combinazione/fase
 Y ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
 M momento flettente massimo e minimo espresso in [kgm]
 N sforzo normale massimo e minimo espresso in [kg] (positivo di compressione)
 T taglio massimo e minimo espresso in [kg]

n°	Tipo	M	Y _M	T	Y _T	N	Y _N	
		[kgm]	[m]	[kg]	[m]	[kg]	[m]	
1	[A1-M1]	2402	3,40	1739	2,00	5598	12,00	MAX
--	--	-63	10,10	-658	5,85	0	0,00	MIN
2	[A1-M1 S]	1812	3,40	1317	2,00	5598	12,00	MAX
--	--	-42	10,15	-478	5,95	0	0,00	MIN
3	[A2-M2]	2072	2,90	1709	2,00	5598	12,00	MAX
--	--	0	0,00	-346	8,05	0	0,00	MIN
4	[A2-M2 S]	7324	7,75	4221	2,00	5598	12,00	MAX
--	--	0	0,00	-2964	9,90	0	0,00	MIN
5	[SLER]	1800	3,35	1305	1,80	5598	12,00	MAX
--	--	-41	10,20	-473	5,95	0	0,00	MIN
6	[SLEF]	1703	3,35	1232	1,80	5598	12,00	MAX
--	--	-39	10,20	-448	5,95	0	0,00	MIN
7	[SLEQ]	1442	3,35	1031	1,80	5598	12,00	MAX
--	--	-34	10,15	-380	5,90	0	0,00	MIN

Spostamenti massimi e minimi della paratia

Simbologia adottata

n° Indice della combinazione/fase
 Tipo Tipo della combinazione/fase
 Y ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
 U spostamento orizzontale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso valle
 V spostamento verticale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso il basso

n°	Tipo	U	Y _U	V	Y _V	
		[cm]	[m]	[cm]	[m]	
1	[A1-M1]	0,3123	0,00	0,0056	0,00	MAX
--	--	-0,0083	7,50	0,0000	0,00	MIN
2	[A1-M1 S]	0,2379	0,00	0,0056	0,00	MAX
--	--	-0,0060	7,60	0,0000	0,00	MIN
3	[A2-M2]	0,3554	0,00	0,0056	0,00	MAX
--	--	-0,0029	9,55	0,0000	0,00	MIN
4	[A2-M2 S]	2,6610	0,00	0,0056	0,00	MAX
--	--	-0,0513	12,00	0,0000	0,00	MIN
5	[SLER]	0,2364	0,00	0,0056	0,00	MAX

Relazione Strutturale

n°	Tipo	U	Y _u	V	Y _v	
		[cm]	[m]	[cm]	[m]	
--	--	-0,0059	7,60	0,0000	0,00	MIN
6	[SLEF]	0,2235	0,00	0,0056	0,00	MAX
--	--	-0,0056	7,60	0,0000	0,00	MIN
7	[SLEQ]	0,1882	0,00	0,0056	0,00	MAX
--	--	-0,0048	7,55	0,0000	0,00	MIN

Stabilità globale

Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati 100

Simbologia adottata

n° Indice della combinazione/fase

Tipo Tipo della combinazione/fase

(X_c; Y_c) Coordinate centro cerchio superficie di scorrimento, espresse in [m]

R Raggio cerchio superficie di scorrimento, espresso in [m]

(X_v; Y_v) Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a valle, espresse in [m]

(X_m; Y_m) Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a monte, espresse in [m]

FS Coefficiente di sicurezza

n°	Tipo	(X _c , Y _c)	R	(X _v , Y _v)	(X _m , Y _m)	FS
		[m]	[m]	[m]	[m]	
3	[A2-M2]	(-10,80; 10,80)	25,23	(-20,38; -12,54)	(13,66; 4,60)	1.41
4	[A2-M2 S]	(-10,80; 10,80)	25,23	(-20,38; -12,54)	(13,66; 4,60)	1.14

Combinazione n° 4

Numero di strisce 51

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/cm²]

b larghezza della striscia espressa in [m]

L sviluppo della base della striscia espressa in [m] (L=b/cosα)

u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cm²]

C_{tn}, C_{tt} contributo alla striscia normale e tangenziale del tirante espresse in [kg]

Caratteristiche delle strisce

N°	W	α(°)	Wsinα	L	φ	c	u	(C _{tn} ; C _{tt})
	[kg]					[kg/cm ²]	[kg/cm ²]	[kg]
1	402,75	-21.48	-147,51	0,73	24.79	0,000	0,000	(0; 0)
2	1211,22	-19.84	-410,99	0,72	24.79	0,000	0,000	(0; 0)
3	1991,30	-18.20	-622,06	0,72	24.79	0,000	0,000	(0; 0)
4	2743,83	-16.59	-783,26	0,71	24.79	0,000	0,000	(0; 0)
5	3469,52	-14.98	-896,99	0,70	24.79	0,000	0,000	(0; 0)
6	4169,01	-13.39	-965,56	0,70	24.79	0,000	0,000	(0; 0)
7	4843,55	-11.81	-991,36	0,69	24.79	0,000	0,000	(0; 0)
8	5509,05	-10.24	-979,23	0,69	20.46	0,320	0,000	(0; 0)
9	6155,60	-8.67	-928,39	0,69	20.46	0,320	0,000	(0; 0)
10	6776,41	-7.12	-839,55	0,68	20.46	0,320	0,000	(0; 0)
11	7371,78	-5.56	-714,80	0,68	20.46	0,320	0,000	(0; 0)
12	7941,93	-4.02	-556,23	0,68	20.46	0,320	0,000	(0; 0)

Relazione Strutturale

N°	W	$\alpha(^{\circ})$	$W\sin\alpha$	L	ϕ	c	u	(Ctn; Ctt)
	[kg]					[kg/cmq]	[kg/cmq]	[kg]
13	8491,00	-2.47	-366,04	0,68	20.46	0,320	0,000	(0; 0)
14	9064,27	-0.93	-146,68	0,68	20.46	0,320	0,000	(0; 0)
15	9627,35	0.62	103,45	0,68	20.46	0,320	0,000	(0; 0)
16	10165,57	2.16	382,97	0,68	20.46	0,320	0,000	(0; 0)
17	10663,19	3.70	688,86	0,68	20.46	0,320	0,000	(0; 0)
18	10788,90	5.25	987,50	0,68	20.46	0,320	0,000	(0; 0)
19	10747,14	6.80	1273,07	0,68	20.46	0,320	0,000	(0; 0)
20	10679,98	8.36	1552,71	0,69	20.46	0,320	0,000	(0; 0)
21	10593,70	9.92	1825,43	0,69	20.46	0,320	0,000	(0; 0)
22	10975,39	11.49	2186,74	0,69	20.46	0,320	0,000	(0; 0)
23	11638,55	13.07	2632,27	0,70	20.46	0,320	0,000	(0; 0)
24	12274,81	14.66	3106,71	0,70	20.46	0,320	0,000	(0; 0)
25	12883,60	16.26	3607,73	0,71	20.46	0,320	0,000	(0; 0)
26	13464,30	17.88	4132,91	0,71	20.46	0,320	0,000	(0; 0)
27	14015,19	19.50	4679,42	0,72	20.46	0,320	0,000	(0; 0)
28	14073,56	21.15	5077,89	0,73	20.46	0,320	0,000	(0; 0)
29	13715,94	22.81	5318,22	0,74	20.46	0,320	0,000	(0; 0)
30	13326,56	24.50	5526,11	0,75	20.46	0,320	0,000	(0; 0)
31	14743,54	26.17	6502,30	0,72	20.46	0,320	0,000	(0; 0)
32	14363,57	27.83	6705,22	0,74	20.46	0,320	0,000	(0; 0)
33	13952,00	29.51	6872,97	0,75	20.46	0,320	0,000	(0; 0)
34	13507,24	31.23	7002,29	0,76	20.46	0,320	0,000	(0; 0)
35	13027,52	32.97	7089,65	0,78	20.46	0,320	0,000	(0; 0)
36	12510,75	34.75	7131,15	0,79	20.46	0,320	0,000	(0; 0)
37	11968,94	36.57	7131,07	0,81	20.46	0,320	0,000	(0; 0)
38	11732,68	38.43	7292,98	0,83	20.46	0,320	0,000	(0; 0)
39	11599,33	40.35	7509,34	0,85	20.46	0,320	0,000	(0; 0)
40	11416,50	42.31	7685,52	0,88	20.46	0,320	0,000	(0; 0)
41	11179,49	44.35	7814,41	0,91	20.46	0,320	0,000	(0; 0)
42	10882,51	46.45	7887,63	0,94	20.46	0,320	0,000	(0; 0)
43	10518,41	48.64	7895,17	0,98	20.46	0,320	0,000	(0; 0)
44	10089,01	50.93	7833,25	1,03	24.79	0,000	0,000	(0; 0)
45	9597,41	53.34	7699,32	1,09	24.79	0,000	0,000	(0; 0)
46	8928,92	55.90	7393,60	1,16	24.79	0,000	0,000	(0; 0)
47	7849,29	58.64	6702,38	1,25	24.79	0,000	0,000	(0; 0)
48	6592,35	61.61	5799,53	1,37	24.79	0,000	0,000	(0; 0)
49	5136,41	64.91	4651,64	1,53	24.79	0,000	0,000	(0; 0)
50	3394,03	68.68	3161,81	1,79	23.48	0,040	0,000	(0; 0)
51	1203,29	73.06	1151,11	2,23	21.32	0,040	0,000	(0; 0)

Resistenza a taglio paratia= 0,00 [kg]

$\Sigma W_i = 473968,13$ [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 172645,72$ [kg]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 156909,79$ [kg]

$\Sigma C_{bi} / \cos \alpha_i = 87251,85$ [kg]

Descrizione armatura pali e caratteristiche sezione

Diametro del palo	60,00	[cm]
Area della sezione trasversale	2827,43	[cmq]
Copri ferro	3,00	[cm]

L'armatura del palo è costituita da 10 ϕ 16 ($A_r=20,11$ cmq) longitudinali e staffe ϕ 8/13,0 cm.

Verifica armatura paratia (Sezioni critiche)

Simbologia adottata

n°	Indice della combinazione/fase
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
M	momento flettente espresso in [kgm]
N	sforzo normale espresso in [kg] (positivo di compressione)
Mu	momento ultimo di riferimento espresso in [kgm]

Relazione Strutturale

Nu sforzo normale ultimo di riferimento espresso in [kg]
 FS fattore di sicurezza (rapporto fra la sollecitazione ultima e la sollecitazione di esercizio)
 T taglio espresso in [kg]
 V_{Rd} taglio resistente espresso in [kg]
 FS_T fattore di sicurezza a taglio

N°	Tipo	Y	M	N	Mu	Nu	FS
		[m]	[kgm]	[kg]	[kgm]	[kg]	
1	[A1-M1]	3,30	3632	2333	20674	13276	5.69
2	[A1-M1 S]	3,25	2737	2297	21498	18042	7.85
3	[A2-M2]	2,85	3133	2015	20677	13294	6.60
4	[A2-M2 S]	7,65	11089	5407	20071	9788	1.81

N°	Tipo	Y	T	Tr	FS _T
		[m]	[kgm]	[kg]	
1	[A1-M1]	2,00	2634	26778	10.17
2	[A1-M1 S]	2,00	1996	26778	13.42
3	[A2-M2]	2,00	2590	26778	10.34
4	[A2-M2 S]	2,00	6395	26778	4.19

Simbologia adottata

n° Indice della combinazione/fase
 Tipo Tipo della Combinazione/Fase
 Y ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
 σ_c tensione nel calcestruzzo, espressa in [kg/cm²]
 σ_f tensione nell'armatura longitudinale del palo, espressa in [kg/cm²]

N°	Tipo	σ _c	Y(σ _c)	σ _f	Y(σ _f)	A _r
		[kg/cm ²]	[m]	[kg/cm ²]	[m]	[cm ²]
5	[SLER]	22,66	3,35	695,35	3,25	20,11
6	[SLEF]	21,41	3,35	650,93	3,25	20,11
7	[SLEQ]	18,07	3,35	532,26	3,20	20,11

Verifica armatura paratia (Inviluppo)

Simbologia adottata

n° Indice della combinazione/fase
 Tipo Tipo della Combinazione/Fase
 Y ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
 M momento flettente espresso in [kgm]
 N sforzo normale espresso in [kg] (positivo di compressione)
 Mu momento ultimo di riferimento espresso in [kgm]
 Nu sforzo normale ultimo di riferimento espresso in [kg]
 FS fattore di sicurezza (rapporto fra la sollecitazione ultima e la sollecitazione di esercizio)
 T taglio espresso in [kg]
 V_{Rd} taglio resistente espresso in [kg]
 FS_T fattore di sicurezza a taglio

n°	Tipo	Y	M	N	Mu	Nu	FS	T	V _{Rd}	FS _T
		[m]	[kgm]	[kg]	[kgm]	[kg]		[kg]	[kg]	
1	[A1-M1]	0,00	0	0	0	0	1000.00	0	26778	1000.00
1	[A1-M1]	0,05	0	35	449	405069	1000.00	2	26778	1000.00
1	[A1-M1]	0,10	0	71	1343	403864	1000.00	6	26778	1000.00
1	[A1-M1]	0,15	1	106	2822	401872	1000.00	38	26778	696.28
1	[A1-M1]	0,20	2	141	4868	399115	1000.00	68	26778	391.66
1	[A1-M1]	0,25	3	177	7458	395625	1000.00	107	26778	250.66
1	[A1-M1]	0,30	6	212	10562	391442	1000.00	154	26778	174.07
1	[A1-M1]	0,35	9	247	14147	386611	1000.00	209	26778	127.89
4	[A2-M2 S]	0,40	37	283	33270	255980	905.34	273	26778	97.92
4	[A2-M2 S]	0,45	52	318	35574	216612	680.98	346	26778	77.37
4	[A2-M2 S]	0,50	72	353	36262	179056	506.63	427	26778	62.67

Relazione Strutturale

n°	Tipo	Y [m]	M [kgm]	N [kg]	Mu [kgm]	Nu [kg]	FS	T [kg]	V _{Rdr} [kg]	FS _r
4	[A2-M2 S]	0,55	95	389	35512	145045	373.08	517	26778	51.79
4	[A2-M2 S]	0,60	123	424	33736	115859	273.18	615	26778	43.52
4	[A2-M2 S]	0,65	157	459	31813	93142	202.72	722	26778	37.08
4	[A2-M2 S]	0,70	196	495	30186	76234	154.07	838	26778	31.97
4	[A2-M2 S]	0,75	241	530	28750	63271	119.35	961	26778	27.85
4	[A2-M2 S]	0,80	292	565	27621	53439	94.50	1094	26778	24.48
4	[A2-M2 S]	0,85	351	601	26123	44780	74.53	1235	26778	21.68
4	[A2-M2 S]	0,90	416	636	24987	38213	60.07	1384	26778	19.34
4	[A2-M2 S]	0,95	489	672	24100	33084	49.27	1543	26778	17.36
4	[A2-M2 S]	1,00	570	707	23391	28984	41.00	1709	26778	15.67
4	[A2-M2 S]	1,05	660	742	22813	25643	34.55	1884	26778	14.21
4	[A2-M2 S]	1,10	759	778	22335	22877	29.42	2068	26778	12.95
4	[A2-M2 S]	1,15	867	813	21933	20556	25.29	2260	26778	11.85
4	[A2-M2 S]	1,20	985	848	21593	18587	21.91	2461	26778	10.88
4	[A2-M2 S]	1,25	1114	884	21301	16900	19.13	2671	26778	10.03
4	[A2-M2 S]	1,30	1253	919	21048	15441	16.80	2889	26778	9.27
4	[A2-M2 S]	1,35	1403	954	20828	14169	14.85	3115	26778	8.60
4	[A2-M2 S]	1,40	1564	990	20635	13054	13.19	3350	26778	7.99
4	[A2-M2 S]	1,45	1738	1025	20465	12069	11.78	3594	26778	7.45
4	[A2-M2 S]	1,50	1924	1060	20314	11195	10.56	3846	26778	6.96
4	[A2-M2 S]	1,55	2123	1096	20179	10415	9.51	4106	26778	6.52
4	[A2-M2 S]	1,60	2335	1131	20058	9716	8.59	4376	26778	6.12
4	[A2-M2 S]	1,65	2561	1166	19949	9087	7.79	4653	26778	5.75
4	[A2-M2 S]	1,70	2800	1202	19851	8518	7.09	4939	26778	5.42
4	[A2-M2 S]	1,75	3055	1237	19762	8003	6.47	5234	26778	5.12
4	[A2-M2 S]	1,80	3324	1272	19681	7533	5.92	5536	26778	4.84
4	[A2-M2 S]	1,85	3606	1308	19608	7111	5.44	5740	26778	4.67
4	[A2-M2 S]	1,90	3898	1343	19542	6733	5.01	5951	26778	4.50
4	[A2-M2 S]	1,95	4201	1378	19483	6392	4.64	6169	26778	4.34
4	[A2-M2 S]	2,00	4515	1414	19430	6084	4.30	6395	26778	4.19
4	[A2-M2 S]	2,05	4835	1449	19382	5809	4.01	6623	26778	4.04
4	[A2-M2 S]	2,10	5151	1484	19342	5574	3.75	6866	26778	3.90
4	[A2-M2 S]	2,15	5457	1520	19308	5377	3.54	7115	26778	3.76
4	[A2-M2 S]	2,20	5753	1555	19279	5211	3.35	7369	26778	3.63
4	[A2-M2 S]	2,25	6038	1590	19255	5072	3.19	7628	26778	3.50
4	[A2-M2 S]	2,30	6311	1626	19235	4955	3.05	7891	26778	3.38
4	[A2-M2 S]	2,35	6572	1661	19218	4858	2.92	8158	26778	3.26
4	[A2-M2 S]	2,40	6819	1696	19204	4778	2.82	8429	26778	3.15
4	[A2-M2 S]	2,45	7053	1732	19193	4713	2.72	8704	26778	3.04
4	[A2-M2 S]	2,50	7272	1767	19184	4662	2.64	8983	26778	2.94
4	[A2-M2 S]	2,55	7477	1802	19177	4623	2.56	9266	26778	2.84
4	[A2-M2 S]	2,60	7666	1838	19173	4596	2.50	9553	26778	2.75
4	[A2-M2 S]	2,65	7839	1873	19170	4581	2.45	9844	26778	2.66
4	[A2-M2 S]	2,70	7994	1909	19169	4576	2.40	10139	26778	2.58
4	[A2-M2 S]	2,75	8132	1944	19170	4582	2.36	10438	26778	2.50
4	[A2-M2 S]	2,80	8252	1979	19173	4598	2.32	10741	26778	2.42
4	[A2-M2 S]	2,85	8353	2015	19178	4625	2.30	11048	26778	2.35
4	[A2-M2 S]	2,90	8437	2050	19184	4661	2.27	11359	26778	2.28
4	[A2-M2 S]	2,95	8505	2085	19192	4706	2.26	11674	26778	2.21
4	[A2-M2 S]	3,00	8561	2121	19200	4756	2.24	11993	26778	2.15
4	[A2-M2 S]	3,05	8611	2156	19210	4810	2.23	12316	26778	2.09
4	[A2-M2 S]	3,10	8657	2191	19219	4865	2.22	12643	26778	2.03
4	[A2-M2 S]	3,15	8702	2227	19229	4920	2.21	12974	26778	1.98
4	[A2-M2 S]	3,20	8746	2262	19238	4975	2.20	13309	26778	1.92
4	[A2-M2 S]	3,25	8789	2297	19248	5031	2.19	13648	26778	1.87
4	[A2-M2 S]	3,30	8831	2333	19257	5087	2.18	13991	26778	1.82
4	[A2-M2 S]	3,35	8871	2368	19267	5143	2.17	14338	26778	1.77
4	[A2-M2 S]	3,40	8909	2403	19277	5200	2.16	14689	26778	1.72
4	[A2-M2 S]	3,45	8944	2439	19287	5259	2.16	15044	26778	1.67
4	[A2-M2 S]	3,50	8977	2474	19298	5318	2.15	15403	26778	1.62
4	[A2-M2 S]	3,55	9006	2509	19308	5380	2.14	15766	26778	1.57
4	[A2-M2 S]	3,60	9033	2545	19319	5442	2.14	16133	26778	1.52
4	[A2-M2 S]	3,65	9060	2580	19330	5505	2.13	16504	26778	1.47
4	[A2-M2 S]	3,70	9086	2615	19341	5567	2.13	16879	26778	1.42
4	[A2-M2 S]	3,75	9113	2651	19351	5629	2.12	17258	26778	1.37
4	[A2-M2 S]	3,80	9139	2686	19362	5691	2.12	17641	26778	1.32
4	[A2-M2 S]	3,85	9166	2721	19373	5752	2.11	18028	26778	1.27
4	[A2-M2 S]	3,90	9192	2757	19383	5813	2.11	18419	26778	1.22
4	[A2-M2 S]	3,95	9219	2792	19394	5874	2.10	18814	26778	1.17
4	[A2-M2 S]	4,00	9245	2827	19404	5934	2.10	19213	26778	1.12
4	[A2-M2 S]	4,05	9272	2863	19414	5994	2.09	19616	26778	1.07

Relazione Strutturale

n°	Tipo	Y [m]	M [kgm]	N [kg]	Mu [kgm]	Nu [kg]	FS	T [kg]	V _{Rdr} [kg]	FS _r
4	[A2-M2 S]	4,10	9299	2898	19425	6054	2.09	531	26778	50.41
4	[A2-M2 S]	4,15	9325	2933	19435	6114	2.08	531	26778	50.41
4	[A2-M2 S]	4,20	9352	2969	19445	6173	2.08	531	26778	50.41
4	[A2-M2 S]	4,25	9378	3004	19456	6232	2.07	531	26778	50.41
4	[A2-M2 S]	4,30	9405	3039	19466	6291	2.07	531	26778	50.41
4	[A2-M2 S]	4,35	9431	3075	19476	6350	2.07	531	26778	50.41
4	[A2-M2 S]	4,40	9458	3110	19486	6408	2.06	531	26778	50.41
4	[A2-M2 S]	4,45	9484	3146	19496	6466	2.06	531	26778	50.41
4	[A2-M2 S]	4,50	9511	3181	19506	6524	2.05	531	26778	50.41
4	[A2-M2 S]	4,55	9538	3216	19516	6581	2.05	-542	26778	49.40
4	[A2-M2 S]	4,60	9564	3252	19526	6638	2.04	-583	26778	45.97
4	[A2-M2 S]	4,65	9591	3287	19536	6695	2.04	-621	26778	43.14
4	[A2-M2 S]	4,70	9617	3322	19545	6752	2.03	-657	26778	40.79
4	[A2-M2 S]	4,75	9644	3358	19555	6808	2.03	-690	26778	38.80
4	[A2-M2 S]	4,80	9670	3393	19565	6864	2.02	-722	26778	37.10
4	[A2-M2 S]	4,85	9697	3428	19575	6920	2.02	-751	26778	35.64
4	[A2-M2 S]	4,90	9724	3464	19584	6976	2.01	-779	26778	34.39
4	[A2-M2 S]	4,95	9750	3499	19594	7032	2.01	-804	26778	33.29
4	[A2-M2 S]	5,00	9777	3534	19603	7087	2.01	-828	26778	32.34
4	[A2-M2 S]	5,05	9803	3570	19613	7142	2.00	-850	26778	31.51
4	[A2-M2 S]	5,10	9830	3605	19622	7196	2.00	-870	26778	30.79
4	[A2-M2 S]	5,15	9856	3640	19632	7251	1.99	-888	26778	30.15
4	[A2-M2 S]	5,20	9883	3676	19641	7305	1.99	-905	26778	29.59
4	[A2-M2 S]	5,25	9909	3711	19650	7359	1.98	-920	26778	29.11
4	[A2-M2 S]	5,30	9936	3746	19660	7413	1.98	-934	26778	28.68
4	[A2-M2 S]	5,35	9963	3782	19669	7466	1.97	-946	26778	28.32
4	[A2-M2 S]	5,40	9989	3817	19678	7519	1.97	-956	26778	28.00
4	[A2-M2 S]	5,45	10016	3852	19687	7572	1.97	-966	26778	27.73
4	[A2-M2 S]	5,50	10042	3888	19697	7625	1.96	-974	26778	27.50
4	[A2-M2 S]	5,55	10069	3923	19706	7678	1.96	-980	26778	27.32
4	[A2-M2 S]	5,60	10095	3958	19715	7730	1.95	-986	26778	27.16
4	[A2-M2 S]	5,65	10122	3994	19724	7782	1.95	-990	26778	27.05
4	[A2-M2 S]	5,70	10148	4029	19733	7834	1.94	-993	26778	26.96
4	[A2-M2 S]	5,75	10175	4064	19742	7886	1.94	-995	26778	26.90
4	[A2-M2 S]	5,80	10202	4100	19751	7937	1.94	-996	26778	26.87
4	[A2-M2 S]	5,85	10228	4135	19759	7988	1.93	-997	26778	26.87
4	[A2-M2 S]	5,90	10255	4170	19768	8039	1.93	-996	26778	26.89
4	[A2-M2 S]	5,95	10281	4206	19777	8090	1.92	-994	26778	26.94
4	[A2-M2 S]	6,00	10308	4241	19786	8141	1.92	-991	26778	27.01
4	[A2-M2 S]	6,05	10334	4276	19794	8191	1.92	-988	26778	27.10
4	[A2-M2 S]	6,10	10361	4312	19803	8241	1.91	-984	26778	27.22
4	[A2-M2 S]	6,15	10388	4347	19812	8291	1.91	-979	26778	27.35
4	[A2-M2 S]	6,20	10414	4383	19820	8341	1.90	-973	26778	27.51
4	[A2-M2 S]	6,25	10441	4418	19829	8390	1.90	-967	26778	27.69
4	[A2-M2 S]	6,30	10467	4453	19837	8440	1.90	-960	26778	27.88
4	[A2-M2 S]	6,35	10494	4489	19846	8489	1.89	-953	26778	28.10
4	[A2-M2 S]	6,40	10520	4524	19854	8538	1.89	-945	26778	28.34
4	[A2-M2 S]	6,45	10547	4559	19863	8586	1.88	-937	26778	28.59
4	[A2-M2 S]	6,50	10573	4595	19871	8635	1.88	-928	26778	28.87
4	[A2-M2 S]	6,55	10600	4630	19880	8683	1.88	-918	26778	29.16
4	[A2-M2 S]	6,60	10627	4665	19888	8731	1.87	-908	26778	29.48
4	[A2-M2 S]	6,65	10653	4701	19896	8779	1.87	-898	26778	29.81
4	[A2-M2 S]	6,70	10680	4736	19904	8827	1.86	-888	26778	30.16
4	[A2-M2 S]	6,75	10706	4771	19913	8874	1.86	-877	26778	30.54
4	[A2-M2 S]	6,80	10733	4807	19921	8921	1.86	-866	26778	30.93
4	[A2-M2 S]	6,85	10759	4842	19929	8968	1.85	-854	26778	31.35
4	[A2-M2 S]	6,90	10786	4877	19937	9015	1.85	-843	26778	31.78
4	[A2-M2 S]	6,95	10813	4913	19945	9062	1.84	-831	26778	32.24
4	[A2-M2 S]	7,00	10839	4948	19953	9109	1.84	-818	26778	32.72
4	[A2-M2 S]	7,05	10865	4983	19961	9155	1.84	-806	26778	33.22
4	[A2-M2 S]	7,10	10891	5019	19969	9202	1.83	-794	26778	33.74
4	[A2-M2 S]	7,15	10916	5054	19978	9250	1.83	-781	26778	34.28
4	[A2-M2 S]	7,20	10940	5089	19986	9298	1.83	-768	26778	34.85
4	[A2-M2 S]	7,25	10963	5125	19994	9346	1.82	-756	26778	35.44
4	[A2-M2 S]	7,30	10985	5160	20003	9396	1.82	-743	26778	36.06
4	[A2-M2 S]	7,35	11005	5195	20012	9447	1.82	-730	26778	36.70
4	[A2-M2 S]	7,40	11024	5231	20021	9499	1.82	-717	26778	37.36
4	[A2-M2 S]	7,45	11041	5266	20030	9553	1.81	-704	26778	38.05
4	[A2-M2 S]	7,50	11057	5301	20040	9609	1.81	-691	26778	38.77
4	[A2-M2 S]	7,55	11070	5337	20050	9666	1.81	-678	26778	39.52
4	[A2-M2 S]	7,60	11080	5372	20060	9726	1.81	-665	26778	40.29

Relazione Strutturale

n°	Tipo	Y [m]	M [kgm]	N [kg]	Mu [kgm]	Nu [kg]	FS	T [kg]	V _{Rdr} [kg]	FS _r
4	[A2-M2 S]	7,65	11089	5407	20071	9788	1.81	-652	26778	41.09
4	[A2-M2 S]	7,70	11094	5443	20082	9852	1.81	-639	26778	41.92
4	[A2-M2 S]	7,75	11097	5478	20093	9919	1.81	-626	26778	42.78
4	[A2-M2 S]	7,80	11097	5513	20106	9990	1.81	-613	26778	43.67
4	[A2-M2 S]	7,85	11093	5549	20118	10063	1.81	-601	26778	44.59
4	[A2-M2 S]	7,90	11086	5584	20132	10141	1.82	-588	26778	45.54
4	[A2-M2 S]	7,95	11075	5620	20146	10222	1.82	-576	26778	46.52
4	[A2-M2 S]	8,00	11060	5655	20160	10308	1.82	-563	26778	47.54
4	[A2-M2 S]	8,05	11042	5690	20176	10397	1.83	-551	26778	48.59
4	[A2-M2 S]	8,10	11019	5726	20192	10492	1.83	-546	26778	49.03
4	[A2-M2 S]	8,15	10992	5761	20210	10592	1.84	-639	26778	41.90
4	[A2-M2 S]	8,20	10960	5796	20228	10698	1.85	-736	26778	36.38
4	[A2-M2 S]	8,25	10923	5832	20247	10810	1.85	-836	26778	32.01
4	[A2-M2 S]	8,30	10881	5867	20268	10928	1.86	-940	26778	28.48
4	[A2-M2 S]	8,35	10834	5902	20290	11054	1.87	-1048	26778	25.54
4	[A2-M2 S]	8,40	10782	5938	20313	11187	1.88	-1161	26778	23.07
4	[A2-M2 S]	8,45	10723	5973	20337	11328	1.90	-1277	26778	20.96
4	[A2-M2 S]	8,50	10660	6008	20363	11478	1.91	-1399	26778	19.14
4	[A2-M2 S]	8,55	10590	6044	20390	11637	1.93	-1524	26778	17.58
4	[A2-M2 S]	8,60	10514	6079	20420	11807	1.94	-1652	26778	16.21
4	[A2-M2 S]	8,65	10431	6114	20451	11988	1.96	-1781	26778	15.03
4	[A2-M2 S]	8,70	10342	6150	20485	12181	1.98	-1903	26778	14.07
4	[A2-M2 S]	8,75	10247	6185	20520	12386	2.00	-2018	26778	13.27
4	[A2-M2 S]	8,80	10146	6220	20558	12604	2.03	-2197	26778	12.19
4	[A2-M2 S]	8,85	10036	6256	20598	12840	2.05	-2431	26778	11.02
4	[A2-M2 S]	8,90	9914	6291	20643	13099	2.08	-2650	26778	10.10
4	[A2-M2 S]	8,95	9782	6326	20692	13383	2.12	-2854	26778	9.38
4	[A2-M2 S]	9,00	9639	6362	20746	13692	2.15	-3045	26778	8.80
4	[A2-M2 S]	9,05	9487	6397	20804	14028	2.19	-3221	26778	8.31
4	[A2-M2 S]	9,10	9326	6432	20867	14393	2.24	-3384	26778	7.91
4	[A2-M2 S]	9,15	9157	6468	20935	14787	2.29	-3534	26778	7.58
4	[A2-M2 S]	9,20	8980	6503	21009	15214	2.34	-3671	26778	7.29
4	[A2-M2 S]	9,25	8796	6538	21089	15675	2.40	-3797	26778	7.05
4	[A2-M2 S]	9,30	8607	6574	21175	16174	2.46	-3910	26778	6.85
4	[A2-M2 S]	9,35	8411	6609	21268	16712	2.53	-4013	26778	6.67
4	[A2-M2 S]	9,40	8210	6644	21369	17293	2.60	-4104	26778	6.52
4	[A2-M2 S]	9,45	8005	6680	21477	17921	2.68	-4185	26778	6.40
4	[A2-M2 S]	9,50	7796	6715	21595	18601	2.77	-4255	26778	6.29
4	[A2-M2 S]	9,55	7583	6750	21722	19337	2.86	-4316	26778	6.20
4	[A2-M2 S]	9,60	7367	6786	21860	20135	2.97	-4367	26778	6.13
4	[A2-M2 S]	9,65	7149	6821	22010	21001	3.08	-4409	26778	6.07
4	[A2-M2 S]	9,70	6929	6857	22173	21942	3.20	-4442	26778	6.03
4	[A2-M2 S]	9,75	6707	6892	22350	22968	3.33	-4466	26778	6.00
4	[A2-M2 S]	9,80	6483	6927	22544	24088	3.48	-4482	26778	5.97
4	[A2-M2 S]	9,85	6259	6963	22756	25314	3.64	-4490	26778	5.96
4	[A2-M2 S]	9,90	6035	6998	22989	26658	3.81	-4491	26778	5.96
4	[A2-M2 S]	9,95	5810	7033	23245	28138	4.00	-4484	26778	5.97
4	[A2-M2 S]	10,00	5586	7069	23527	29773	4.21	-4470	26778	5.99
4	[A2-M2 S]	10,05	5362	7104	23840	31583	4.45	-4449	26778	6.02
4	[A2-M2 S]	10,10	5140	7139	24189	33598	4.71	-4421	26778	6.06
4	[A2-M2 S]	10,15	4919	7175	24578	35850	5.00	-4387	26778	6.10
4	[A2-M2 S]	10,20	4700	7210	25016	38379	5.32	-4347	26778	6.16
4	[A2-M2 S]	10,25	4482	7245	25510	41236	5.69	-4300	26778	6.23
4	[A2-M2 S]	10,30	4267	7281	26072	44484	6.11	-4248	26778	6.30
4	[A2-M2 S]	10,35	4055	7316	26715	48201	6.59	-4191	26778	6.39
4	[A2-M2 S]	10,40	3845	7351	27457	52492	7.14	-4127	26778	6.49
4	[A2-M2 S]	10,45	3639	7387	28049	56937	7.71	-4059	26778	6.60
4	[A2-M2 S]	10,50	3436	7422	28580	61737	8.32	-3986	26778	6.72
4	[A2-M2 S]	10,55	3237	7457	29192	67260	9.02	-3907	26778	6.85
4	[A2-M2 S]	10,60	3041	7493	29902	73668	9.83	-3824	26778	7.00
4	[A2-M2 S]	10,65	2850	7528	30732	81176	10.78	-3736	26778	7.17
4	[A2-M2 S]	10,70	2663	7563	31474	89383	11.82	-3644	26778	7.35
4	[A2-M2 S]	10,75	2481	7599	32349	99078	13.04	-3547	26778	7.55
4	[A2-M2 S]	10,80	2304	7634	33341	110490	14.47	-3446	26778	7.77
4	[A2-M2 S]	10,85	2131	7669	34289	123386	16.09	-3341	26778	8.01
4	[A2-M2 S]	10,90	1964	7705	35271	138351	17.96	-3232	26778	8.29
4	[A2-M2 S]	10,95	1803	7740	35828	153834	19.87	-3119	26778	8.59
4	[A2-M2 S]	11,00	1647	7775	36198	170921	21.98	-3002	26778	8.92
4	[A2-M2 S]	11,05	1497	7811	36333	189620	24.28	-2881	26778	9.30
4	[A2-M2 S]	11,10	1353	7846	35826	207818	26.49	-2756	26778	9.72
4	[A2-M2 S]	11,15	1215	7881	35006	227113	28.82	-2627	26778	10.19

Relazione Strutturale

n°	Tipo	Y [m]	M [kgm]	N [kg]	Mu [kgm]	Nu [kg]	FS	T [kg]	V _{Rdr} [kg]	FS _T
4	[A2-M2 S]	11,20	1083	7917	33855	247380	31.25	-2495	26778	10.73
4	[A2-M2 S]	11,25	959	7952	32402	268765	33.80	-2359	26778	11.35
4	[A2-M2 S]	11,30	841	7987	30591	290628	36.39	-2220	26778	12.06
4	[A2-M2 S]	11,35	730	8023	28450	312782	38.99	-2077	26778	12.89
4	[A2-M2 S]	11,40	626	8058	26001	334750	41.54	-1930	26778	13.87
4	[A2-M2 S]	11,45	529	8094	23294	356131	44.00	-1780	26778	15.04
4	[A2-M2 S]	11,50	440	8129	20390	376399	46.30	-1627	26778	16.46
4	[A2-M2 S]	11,55	359	8164	16841	382982	46.91	-1470	26778	18.21
4	[A2-M2 S]	11,60	285	8200	13491	387495	47.26	-1310	26778	20.44
4	[A2-M2 S]	11,65	220	8235	10460	391579	47.55	-1146	26778	23.36
4	[A2-M2 S]	11,70	163	8270	7773	395201	47.79	-979	26778	27.34
4	[A2-M2 S]	11,75	114	8306	5452	398328	47.96	-809	26778	33.10
4	[A2-M2 S]	11,80	73	8341	3520	400931	48.07	-635	26778	42.15
4	[A2-M2 S]	11,85	41	8376	1995	402986	48.11	-458	26778	58.45
4	[A2-M2 S]	11,90	19	8412	892	404472	48.08	-278	26778	96.48
4	[A2-M2 S]	11,95	5	8447	225	405372	47.99	-94	26778	285.95

Simbologia adottata

n° Indice della combinazione/fase
 Tipo Tipo della Combinazione/Fase
 Y ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
 σ_c tensione nel calcestruzzo, espressa in [kg/cmq]
 σ_f tensione nell'armatura longitudinale del palo, espressa in [kg/cmq]

Y [m]	σ _c [kg/cm ²]	n° - Tipo	σ _f [kg/cm ²]	n° - Tipo
0,00	0,00	5 - [SLER]	0,00	5 - [SLER]
0,05	0,01	7 - [SLEQ]	0,17	7 - [SLEQ]
0,10	0,02	7 - [SLEQ]	0,35	7 - [SLEQ]
0,15	0,04	7 - [SLEQ]	0,54	7 - [SLEQ]
0,20	0,05	7 - [SLEQ]	0,75	7 - [SLEQ]
0,25	0,07	7 - [SLEQ]	0,98	7 - [SLEQ]
0,30	0,09	7 - [SLEQ]	1,25	7 - [SLEQ]
0,35	0,11	7 - [SLEQ]	1,55	7 - [SLEQ]
0,40	0,13	7 - [SLEQ]	1,89	7 - [SLEQ]
0,45	0,16	7 - [SLEQ]	2,29	7 - [SLEQ]
0,50	0,20	7 - [SLEQ]	2,74	7 - [SLEQ]
0,55	0,23	7 - [SLEQ]	3,26	7 - [SLEQ]
0,60	0,28	7 - [SLEQ]	3,84	7 - [SLEQ]
0,65	0,33	5 - [SLER]	4,53	5 - [SLER]
0,70	0,39	5 - [SLER]	5,35	5 - [SLER]
0,75	0,47	5 - [SLER]	6,37	5 - [SLER]
0,80	0,57	5 - [SLER]	7,63	5 - [SLER]
0,85	0,70	5 - [SLER]	9,19	5 - [SLER]
0,90	0,85	5 - [SLER]	11,09	5 - [SLER]
0,95	1,04	5 - [SLER]	13,33	5 - [SLER]
1,00	1,26	5 - [SLER]	17,30	5 - [SLER]
1,05	1,51	5 - [SLER]	23,64	5 - [SLER]
1,10	1,79	5 - [SLER]	31,18	5 - [SLER]
1,15	2,11	5 - [SLER]	39,92	5 - [SLER]
1,20	2,45	5 - [SLER]	49,89	5 - [SLER]
1,25	2,83	5 - [SLER]	61,10	5 - [SLER]
1,30	3,24	5 - [SLER]	73,59	5 - [SLER]
1,35	3,69	5 - [SLER]	87,38	5 - [SLER]
1,40	4,17	5 - [SLER]	102,51	5 - [SLER]
1,45	4,69	5 - [SLER]	119,01	5 - [SLER]
1,50	5,25	5 - [SLER]	136,91	5 - [SLER]
1,55	5,85	5 - [SLER]	156,25	5 - [SLER]
1,60	6,49	5 - [SLER]	177,07	5 - [SLER]
1,65	7,17	5 - [SLER]	199,40	5 - [SLER]
1,70	7,89	5 - [SLER]	223,29	5 - [SLER]
1,75	8,65	5 - [SLER]	248,75	5 - [SLER]
1,80	9,46	5 - [SLER]	275,84	5 - [SLER]
1,85	10,29	5 - [SLER]	303,75	5 - [SLER]
1,90	11,13	5 - [SLER]	331,67	5 - [SLER]
1,95	11,96	5 - [SLER]	359,60	5 - [SLER]
2,00	12,79	5 - [SLER]	387,54	5 - [SLER]

Relazione Strutturale

Y	σ_c	n° - Tipo	σ_f	n° - Tipo
[m]	[kg/cm ²]		[kg/cm ²]	
2,05	13,60	5 - [SLER]	414,72	5 - [SLER]
2,10	14,36	5 - [SLER]	440,43	5 - [SLER]
2,15	15,09	5 - [SLER]	464,70	5 - [SLER]
2,20	15,78	5 - [SLER]	487,55	5 - [SLER]
2,25	16,43	5 - [SLER]	509,02	5 - [SLER]
2,30	17,04	5 - [SLER]	529,13	5 - [SLER]
2,35	17,61	5 - [SLER]	547,93	5 - [SLER]
2,40	18,15	5 - [SLER]	565,45	5 - [SLER]
2,45	18,65	5 - [SLER]	581,71	5 - [SLER]
2,50	19,12	5 - [SLER]	596,74	5 - [SLER]
2,55	19,56	5 - [SLER]	610,58	5 - [SLER]
2,60	19,96	5 - [SLER]	623,25	5 - [SLER]
2,65	20,33	5 - [SLER]	634,80	5 - [SLER]
2,70	20,67	5 - [SLER]	645,23	5 - [SLER]
2,75	20,98	5 - [SLER]	654,60	5 - [SLER]
2,80	21,27	5 - [SLER]	662,92	5 - [SLER]
2,85	21,52	5 - [SLER]	670,22	5 - [SLER]
2,90	21,74	5 - [SLER]	676,53	5 - [SLER]
2,95	21,94	5 - [SLER]	681,89	5 - [SLER]
3,00	22,12	5 - [SLER]	686,31	5 - [SLER]
3,05	22,26	5 - [SLER]	689,82	5 - [SLER]
3,10	22,39	5 - [SLER]	692,46	5 - [SLER]
3,15	22,48	5 - [SLER]	694,24	5 - [SLER]
3,20	22,56	5 - [SLER]	695,20	5 - [SLER]
3,25	22,61	5 - [SLER]	695,35	5 - [SLER]
3,30	22,65	5 - [SLER]	694,73	5 - [SLER]
3,35	22,66	5 - [SLER]	693,36	5 - [SLER]
3,40	22,65	5 - [SLER]	691,26	5 - [SLER]
3,45	22,62	5 - [SLER]	688,46	5 - [SLER]
3,50	22,57	5 - [SLER]	684,98	5 - [SLER]
3,55	22,50	5 - [SLER]	680,85	5 - [SLER]
3,60	22,42	5 - [SLER]	676,08	5 - [SLER]
3,65	22,31	5 - [SLER]	670,41	5 - [SLER]
3,70	22,19	5 - [SLER]	664,74	5 - [SLER]
3,75	22,08	5 - [SLER]	659,08	5 - [SLER]
3,80	21,97	5 - [SLER]	653,42	5 - [SLER]
3,85	21,86	5 - [SLER]	647,76	5 - [SLER]
3,90	21,75	5 - [SLER]	642,11	5 - [SLER]
3,95	21,64	5 - [SLER]	636,46	5 - [SLER]
4,00	21,53	5 - [SLER]	630,81	5 - [SLER]
4,05	21,42	5 - [SLER]	625,16	5 - [SLER]
4,10	21,31	5 - [SLER]	619,52	5 - [SLER]
4,15	21,20	5 - [SLER]	613,88	5 - [SLER]
4,20	21,08	5 - [SLER]	608,25	5 - [SLER]
4,25	20,97	5 - [SLER]	602,61	5 - [SLER]
4,30	20,86	5 - [SLER]	596,98	5 - [SLER]
4,35	20,75	5 - [SLER]	591,36	5 - [SLER]
4,40	20,64	5 - [SLER]	585,73	5 - [SLER]
4,45	20,52	5 - [SLER]	580,12	5 - [SLER]
4,50	20,41	5 - [SLER]	574,42	5 - [SLER]
4,55	20,28	5 - [SLER]	568,18	5 - [SLER]
4,60	20,13	5 - [SLER]	561,42	5 - [SLER]
4,65	19,98	5 - [SLER]	554,17	5 - [SLER]
4,70	19,80	5 - [SLER]	546,46	5 - [SLER]
4,75	19,62	5 - [SLER]	538,32	5 - [SLER]
4,80	19,42	5 - [SLER]	529,77	5 - [SLER]
4,85	19,21	5 - [SLER]	520,83	5 - [SLER]
4,90	18,99	5 - [SLER]	511,54	5 - [SLER]
4,95	18,76	5 - [SLER]	501,91	5 - [SLER]
5,00	18,53	5 - [SLER]	491,97	5 - [SLER]
5,05	18,28	5 - [SLER]	481,74	5 - [SLER]
5,10	18,02	5 - [SLER]	471,25	5 - [SLER]
5,15	17,76	5 - [SLER]	460,51	5 - [SLER]
5,20	17,49	5 - [SLER]	449,55	5 - [SLER]
5,25	17,21	5 - [SLER]	438,39	5 - [SLER]
5,30	16,93	5 - [SLER]	427,05	5 - [SLER]
5,35	16,64	5 - [SLER]	415,54	5 - [SLER]
5,40	16,34	5 - [SLER]	403,89	5 - [SLER]
5,45	16,05	5 - [SLER]	392,11	5 - [SLER]
5,50	15,74	5 - [SLER]	380,22	5 - [SLER]
5,55	15,44	5 - [SLER]	368,25	5 - [SLER]

Relazione Strutturale

Y	σ_c	n° - Tipo	σ_f	n° - Tipo
[m]	[kg/cm ²]		[kg/cm ²]	
5,60	15,13	5 - [SLER]	356,21	5 - [SLER]
5,65	14,81	5 - [SLER]	344,11	5 - [SLER]
5,70	14,50	5 - [SLER]	331,97	5 - [SLER]
5,75	14,18	5 - [SLER]	319,81	5 - [SLER]
5,80	13,86	5 - [SLER]	307,64	5 - [SLER]
5,85	13,54	5 - [SLER]	295,49	5 - [SLER]
5,90	13,21	5 - [SLER]	283,36	5 - [SLER]
5,95	12,89	5 - [SLER]	271,28	5 - [SLER]
6,00	12,56	5 - [SLER]	259,26	5 - [SLER]
6,05	12,24	5 - [SLER]	247,31	5 - [SLER]
6,10	11,91	5 - [SLER]	235,45	5 - [SLER]
6,15	11,59	5 - [SLER]	223,70	5 - [SLER]
6,20	11,26	5 - [SLER]	212,07	5 - [SLER]
6,25	10,94	5 - [SLER]	200,58	5 - [SLER]
6,30	10,62	5 - [SLER]	189,26	5 - [SLER]
6,35	10,29	5 - [SLER]	178,10	5 - [SLER]
6,40	9,98	5 - [SLER]	167,15	5 - [SLER]
6,45	9,66	5 - [SLER]	156,40	5 - [SLER]
6,50	9,34	5 - [SLER]	145,90	5 - [SLER]
6,55	9,03	5 - [SLER]	135,64	5 - [SLER]
6,60	8,73	5 - [SLER]	125,66	5 - [SLER]
6,65	8,42	5 - [SLER]	115,99	5 - [SLER]
6,70	8,12	5 - [SLER]	106,63	5 - [SLER]
6,75	7,83	5 - [SLER]	99,58	5 - [SLER]
6,80	7,54	5 - [SLER]	96,34	5 - [SLER]
6,85	7,26	5 - [SLER]	93,16	5 - [SLER]
6,90	6,99	5 - [SLER]	90,05	5 - [SLER]
6,95	6,72	5 - [SLER]	87,01	5 - [SLER]
7,00	6,46	5 - [SLER]	84,06	5 - [SLER]
7,05	6,22	5 - [SLER]	81,20	5 - [SLER]
7,10	5,98	5 - [SLER]	78,45	5 - [SLER]
7,15	5,75	5 - [SLER]	75,80	5 - [SLER]
7,20	5,54	5 - [SLER]	73,27	5 - [SLER]
7,25	5,33	5 - [SLER]	70,87	5 - [SLER]
7,30	5,14	5 - [SLER]	68,59	5 - [SLER]
7,35	4,96	5 - [SLER]	66,43	5 - [SLER]
7,40	4,79	5 - [SLER]	64,40	5 - [SLER]
7,45	4,63	5 - [SLER]	62,50	5 - [SLER]
7,50	4,49	5 - [SLER]	60,72	5 - [SLER]
7,55	4,35	5 - [SLER]	59,06	5 - [SLER]
7,60	4,22	5 - [SLER]	57,51	5 - [SLER]
7,65	4,11	5 - [SLER]	56,06	5 - [SLER]
7,70	4,00	5 - [SLER]	54,71	5 - [SLER]
7,75	3,89	5 - [SLER]	53,45	5 - [SLER]
7,80	3,80	5 - [SLER]	52,28	5 - [SLER]
7,85	3,71	5 - [SLER]	51,18	5 - [SLER]
7,90	3,62	5 - [SLER]	50,14	5 - [SLER]
7,95	3,54	5 - [SLER]	49,15	5 - [SLER]
8,00	3,47	5 - [SLER]	48,19	5 - [SLER]
8,05	3,39	5 - [SLER]	47,25	5 - [SLER]
8,10	3,32	5 - [SLER]	46,33	5 - [SLER]
8,15	3,24	5 - [SLER]	45,43	5 - [SLER]
8,20	3,17	5 - [SLER]	44,56	5 - [SLER]
8,25	3,10	5 - [SLER]	43,71	5 - [SLER]
8,30	3,04	5 - [SLER]	42,88	5 - [SLER]
8,35	2,97	5 - [SLER]	42,07	5 - [SLER]
8,40	2,91	5 - [SLER]	41,29	5 - [SLER]
8,45	2,85	5 - [SLER]	40,52	5 - [SLER]
8,50	2,78	5 - [SLER]	39,78	5 - [SLER]
8,55	2,73	5 - [SLER]	39,06	5 - [SLER]
8,60	2,67	5 - [SLER]	38,35	5 - [SLER]
8,65	2,61	5 - [SLER]	37,67	5 - [SLER]
8,70	2,56	5 - [SLER]	37,00	5 - [SLER]
8,75	2,50	5 - [SLER]	36,36	5 - [SLER]
8,80	2,45	5 - [SLER]	35,73	5 - [SLER]
8,85	2,40	5 - [SLER]	35,13	5 - [SLER]
8,90	2,36	5 - [SLER]	34,57	5 - [SLER]
8,95	2,32	5 - [SLER]	34,06	5 - [SLER]
9,00	2,28	5 - [SLER]	33,58	5 - [SLER]
9,05	2,24	5 - [SLER]	33,14	5 - [SLER]
9,10	2,21	5 - [SLER]	32,74	5 - [SLER]

Relazione Strutturale

Y	σ_c	n° - Tipo	σ_f	n° - Tipo
[m]	[kg/cmq]		[kg/cmq]	
9,15	2,17	5 - [SLER]	32,37	5 - [SLER]
9,20	2,15	5 - [SLER]	32,04	5 - [SLER]
9,25	2,12	5 - [SLER]	31,74	5 - [SLER]
9,30	2,12	7 - [SLEQ]	31,74	7 - [SLEQ]
9,35	2,15	7 - [SLEQ]	32,23	7 - [SLEQ]
9,40	2,19	7 - [SLEQ]	32,68	7 - [SLEQ]
9,45	2,22	5 - [SLER]	33,16	5 - [SLER]
9,50	2,26	5 - [SLER]	33,64	5 - [SLER]
9,55	2,29	5 - [SLER]	34,09	5 - [SLER]
9,60	2,33	5 - [SLER]	34,52	5 - [SLER]
9,65	2,35	5 - [SLER]	34,91	5 - [SLER]
9,70	2,38	5 - [SLER]	35,29	5 - [SLER]
9,75	2,41	5 - [SLER]	35,63	5 - [SLER]
9,80	2,43	5 - [SLER]	35,96	5 - [SLER]
9,85	2,45	5 - [SLER]	36,26	5 - [SLER]
9,90	2,47	5 - [SLER]	36,54	5 - [SLER]
9,95	2,49	5 - [SLER]	36,80	5 - [SLER]
10,00	2,51	5 - [SLER]	37,04	5 - [SLER]
10,05	2,52	5 - [SLER]	37,26	5 - [SLER]
10,10	2,54	5 - [SLER]	37,47	5 - [SLER]
10,15	2,55	5 - [SLER]	37,65	5 - [SLER]
10,20	2,56	5 - [SLER]	37,82	5 - [SLER]
10,25	2,57	5 - [SLER]	37,98	5 - [SLER]
10,30	2,58	5 - [SLER]	38,12	5 - [SLER]
10,35	2,59	5 - [SLER]	38,25	5 - [SLER]
10,40	2,60	5 - [SLER]	38,37	5 - [SLER]
10,45	2,60	5 - [SLER]	38,47	5 - [SLER]
10,50	2,61	5 - [SLER]	38,57	5 - [SLER]
10,55	2,61	5 - [SLER]	38,66	5 - [SLER]
10,60	2,62	5 - [SLER]	38,73	5 - [SLER]
10,65	2,62	5 - [SLER]	38,80	5 - [SLER]
10,70	2,62	5 - [SLER]	38,86	5 - [SLER]
10,75	2,62	5 - [SLER]	38,92	5 - [SLER]
10,80	2,63	5 - [SLER]	38,97	5 - [SLER]
10,85	2,63	5 - [SLER]	39,01	5 - [SLER]
10,90	2,63	5 - [SLER]	39,06	5 - [SLER]
10,95	2,63	5 - [SLER]	39,10	5 - [SLER]
11,00	2,63	5 - [SLER]	39,13	5 - [SLER]
11,05	2,63	5 - [SLER]	39,17	5 - [SLER]
11,10	2,63	5 - [SLER]	39,20	5 - [SLER]
11,15	2,63	5 - [SLER]	39,24	5 - [SLER]
11,20	2,63	5 - [SLER]	39,28	5 - [SLER]
11,25	2,64	5 - [SLER]	39,31	5 - [SLER]
11,30	2,64	5 - [SLER]	39,36	5 - [SLER]
11,35	2,64	5 - [SLER]	39,40	5 - [SLER]
11,40	2,64	5 - [SLER]	39,45	5 - [SLER]
11,45	2,64	5 - [SLER]	39,50	5 - [SLER]
11,50	2,64	5 - [SLER]	39,56	5 - [SLER]
11,55	2,65	5 - [SLER]	39,63	5 - [SLER]
11,60	2,65	5 - [SLER]	39,71	5 - [SLER]
11,65	2,66	5 - [SLER]	39,79	5 - [SLER]
11,70	2,66	5 - [SLER]	39,88	5 - [SLER]
11,75	2,67	5 - [SLER]	39,98	5 - [SLER]
11,80	2,67	5 - [SLER]	40,09	5 - [SLER]
11,85	2,68	5 - [SLER]	40,22	5 - [SLER]
11,90	2,69	5 - [SLER]	40,35	5 - [SLER]
11,95	2,70	5 - [SLER]	40,50	5 - [SLER]

Relazione Strutturale

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	$R_{bk} = 306 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$
Tensione caratteristica cilindrica del cls ($0.83 \times R_{bk}$)	$R_{ck} = 254 \text{ (Kg/cm}^2\text{)}$
Fattore di riduzione per carico di lunga permanenza	$\psi = 0.85$
Tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio	$f_{yk} = 4589 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$
Coefficiente di sicurezza cls	$\gamma_c = 1.50$
Coefficiente di sicurezza acciaio	$\gamma_s = 1.15$
Resistenza di calcolo del cls ($\psi R_{ck} / \gamma_c$)	$R_c^* = 144 \text{ (Kg/cm}^2\text{)}$
Resistenza di calcolo dell'acciaio (f_{yk} / γ_s)	$R_s^* = 3990 \text{ (Kg/cm}^2\text{)}$
Modulo elastico dell'acciaio	$E_s = 2100000 \text{ (Kg/cm}^2\text{)}$
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

N°	N_u [kg]	M_u [kgm]
1	-80226,33	0,00
2	0,00	18377,62
3	54089,93	27733,37
4	81134,90	30728,59
5	108179,86	33171,43
6	135224,83	35158,67
7	162269,79	36130,69
8	189314,76	36341,65
9	216359,72	35587,54
10	243404,69	34124,94
11	270449,65	32287,19
12	297494,62	30013,16
13	324539,58	27248,06
14	351584,55	23945,25
15	378629,51	20070,85
16	405674,48	0,00
17	405674,48	0,00
18	378629,51	-20070,85
19	351584,55	-23945,25
20	324539,58	-27248,06
21	297494,62	-30013,16

Relazione Strutturale

N°	N _u	M _u
	[kg]	[kgm]
22	270449,65	-32287,19
23	243404,69	-34124,94
24	216359,72	-35587,54
25	189314,76	-36341,65
26	162269,79	-36130,69
27	135224,83	-35158,67
28	108179,86	-33171,43
29	81134,90	-30728,59
30	54089,93	-27733,37
31	0,00	-18377,62
32	-80226,33	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=40,00 [cm]		
A _{fv} =10,05 [cmq]	A _{fh} =6,03 [cmq]	Staffe ϕ 10/14	Nbh=2 - Nbv=2
M _h =9496 [kgm]	M _{uh} =25723 [kgm]	FS=2.71	
T _h =18993 [kg]	T _{rh} =29816 [kg]	FS _T =1.57	
M _v =788 [kgm]	M _{uv} =13983 [kgm]	FS=17.76	
T _v =1050 [kg]	T _R =29816 [kg]	FS _{Tv} =28.40	

Computo delle quantità e dei costi

Numero di pali 33

Quantità per il singolo palo

Perforazione	[m]	12,00
Diametro perforazione	[m]	0,60
Volume calcestruzzo	[mc]	3,39
Quantità acciaio	[kg]	256,06

Quantità acciaio per diametro

Diametro(mm)	Quantità(Kg)
8	66.66
16	189.40

Computo delle quantità per tutta la paratia

Perforazione	(m)	396.00
Volume calcestruzzo	(m ³)	111.97
Quantità acciaio	(Kg)	8449.91

Computo dei cordoli

Volume calcestruzzo	mc	10.27
Acciaio tondini	Kg	1747.09

Analisi dei prezzi

Relazione Strutturale

Prezzo perforazione	(Euro/ml)	23,24
Prezzo calcestruzzo	(Euro/m ³)	72,30
Prezzo acciaio per c.a.	(Euro/Kg)	1,03
Prezzo acciaio profilato	(Euro/Kg)	1,29

Computo metrico

Costo perforazione	Euro	9203,04
Costo calcestruzzo (paratia)	Euro	8095,17
Costo acciaio (paratia)	Euro	8703,40
Costo totale pali della paratia	Euro	26001,61
Costo cordoli	Euro	2541,87
Costo totale dell'opera	Euro	28543,48
Costo per metro lineare	Euro	570,87

Dichiarazioni secondo N.T.C. 2008 (punto 10.2)

Analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo

Il sottoscritto ING. LUCA CORAZZA, in qualità di calcolatore delle opere in progetto, dichiara quanto segue.

Tipo di analisi svolta

L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico. La verifica della sicurezza degli elementi strutturali è stata valutata con i metodi della scienza delle costruzioni. L'analisi strutturale è condotta con l'analisi statica non-lineare, utilizzando il metodo degli spostamenti per la valutazione dello stato limite indotto dai carichi statici. L'analisi strutturale sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente secondo le disposizioni del capitolo 7 del DM 14/01/2008.

L'analisi strutturale viene effettuata con il metodo degli elementi finiti, schematizzando la struttura in elementi lineari e nodi. Le incognite del problema sono le componenti di spostamento in corrispondenza di ogni nodo (2 spostamenti e 1 rotazioni).

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è eseguita con il metodo degli Stati Limite. Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.

Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Titolo	PAC - Analisi e Calcolo Paratie
Versione	12.0
Produttore	Aztec Informatica srl, Casole Bruzio (CS)
Utente	QUATTRO E 40 STUDIO ASSOCIATO
Licenza	AIU1776LP

Affidabilità dei codici di calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. La società produttrice Aztec Informatica srl ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

Modalità di presentazione dei risultati

La relazione di calcolo strutturale presenta i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. La relazione di calcolo illustra in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare.

Informazioni generali sull'elaborazione

Il software prevede una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione, di non rispetto di limitazioni geometriche e di armatura e di presenza di elementi non verificati. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

In base a quanto sopra, io sottoscritto asserisco che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.

Luogo e data

SANT'ELPIDIO A MARE 22/09/2015

Il progettista
(ING. LUCA CORAZZA)

Indice

Normative di riferimento	8
Richiami teorici	9
Metodo di analisi	9
Calcolo della profondità di infissione	9
Calcolo della spinte	9
Metodo di Culmann (metodo del cuneo di tentativo)	9
Spinta in presenza di sisma	10
Analisi ad elementi finiti	10
Schematizzazione del terreno	10
Modalità di analisi e comportamento elasto-plastico del terreno	10
Analisi per fasi di scavo	11
Verifica alla stabilità globale	11
Dati	13
Geometria paratia	13
Geometria cordoli	13
Geometria profilo terreno	13
Descrizione terreni	14
Descrizione stratigrafia	14
Caratteristiche materiali utilizzati	14
Condizioni di carico	14
Combinazioni di carico	16
Impostazioni di progetto	16
Impostazioni di analisi	18
Impostazioni analisi sismica	18
Analisi della paratia	19
Forze agenti sulla paratia	19
Valori massimi e minimi sollecitazioni per metro di paratia	20
Spostamenti massimi e minimi della paratia	20
Stabilità globale	21
Descrizione armatura pali e caratteristiche sezione	22
Verifica armatura paratia (Sezioni critiche)	22
Verifica armatura paratia (Involuppo)	23
Verifica a SLU * Diagrammi M-N delle sezioni	31
Verifica sezione cordoli	32
Computo delle quantità e dei costi	32
Dichiarazioni secondo N.T.C. 2008 (punto 10.2)	34