

# REGIONE SICILIANA

## ISOLA DI SALINA

(MESSINA)

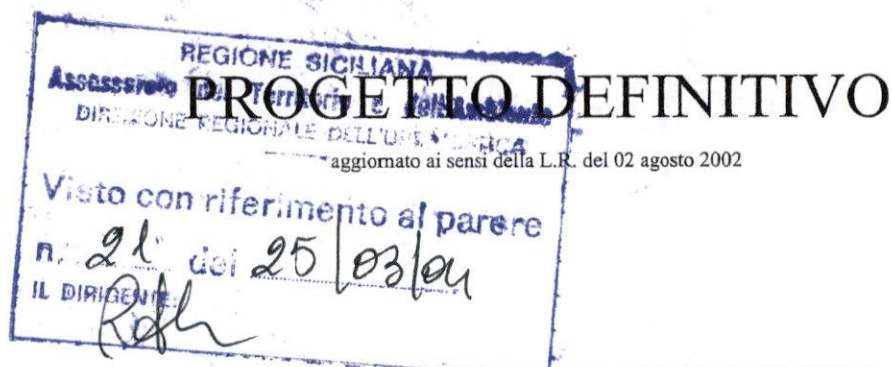


## COMUNE DI MALFA

REGIONE SICILIANA  
Assessorato Territorio e dell'Ambiente

IL PRESENTE PROGETTO COSTITUISCE ALLEGATO  
AL D.P.N. N. 29 DEL 23 APR. 2004 34  
IL D.P.N. N. 29 DEL 23 APR. 2004

LAVORI DI RIQUALIFICA E DI ADEGUAMENTO DELLE  
OPERE FORANEE, DELLE BANCHINE, DELLO SCALO DI  
ALAGGIO E DEI FONDALI DELL' APPRODO DI  
SCALO GALERA - MALFA



ALL. 11.4 RELAZIONE GEOTECNICA

Aggiornato 28 MAR. 2003

Palermo MAG. 2001

IL SINDACO:



PROGETTO REDATTO IN DATA 11.09.1990  
APPROVATO IN LINEA TECNICA  
DAL C.T.A.R. CON VOTO N. 18086  
RESO NELL'ADUNANZA DEL 23.11.1990

IL PROGETTISTA:  
Ing. Francesco Giordano

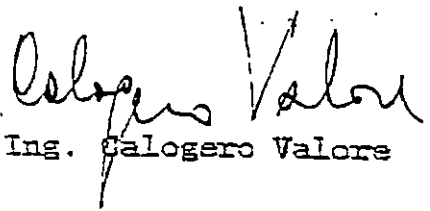


Regione Siciliana

Isola di Salina  
(Prov. di Messina)

COMUNE DI MALFA

RELAZIONE GEOTECNICA

  
Prof. Ing. Calogero Valore

## I N D I C E

1	OGGETTO DELLA RELAZIONE .....	1
2	CARATTERISTICHE DELL'OPERA .....	2
3	TERRENI DI FONDAZIONE .....	3
	3.1 Costituzione del sottosuolo .....	3
	3.2 Proprietà geotecniche delle rocce .....	4
4	PROPRIETA' GEOTECNICHE DEI MATERIALI DELLA SCOGLIERA .	5
5	VERIFICHE GEOTECNICHE .....	6
	5.1 Piano dei calcoli .....	6
	5.2 Verifiche di stabilità generale dell'opera foranea	7
	5.3 Verifiche di stabilità nei riguardi della	
	traslazione orizzontale, del ribaltamento, del	
	galleggiamento e del carico limite del muro di	
	sponda in massi cellulari .....	10
	5.4 Cedimenti .....	14
6	CONTROLLI E INDAGINI IN CORSO D'OPERA .....	15
7	CONCLUSIONI .....	7

APPENDICE [A]: ANALISI DI STABILITA' GENERALE DEL MOLO  
FORANEO - TABELLATI DI CALCOLO

## 1 OGGETTO DELLA RELAZIONE

Il Comune di Malfa nell'isola di Salina, nelle Eolie, ha in programma l'esecuzione dei lavori di adeguamento e riqualificazione del porticciolo esistente in località Galera, in prossimità di capo Scario. Le opere esistenti, infatti, sono in precarie condizioni, il molo è stato anzi in parte divelto dalle azioni del moto ondoso.

L'Amministrazione ha affidato l'incarico della progettazione delle opere all'Ing. F. Giordano, che ha richiesto la collaborazione dello scrivente per le questioni di Ingegneria Geotecnica e in particolare per l'analisi di stabilità delle opere da realizzare.

Nella presente relazione si descrivono la costituzione e i caratteri geotecnici dei terreni interessati dall'opera e si riportano i risultati delle verifiche di stabilità.

I calcoli sono stati eseguiti con la collaborazione dell'Ing. A. De Lio.

## 2 CARATTERISTICHE DELL'OPERA

L'ubicazione del porto risulta dalla corografia di Fig. 1 e dalla planimetria di Fig. 2.

Le opere principali comprendono il molo di sopraflutto che si estende fino alla progressiva 142.10 m e il molo di sottoflutto lungo 40 m circa.

Il molo di sopraflutto sarà costituito di massi artificiali e di scogli di 1° e 3° categoria e pietrame. Il paramento esterno sarà protetto con una mantellata di massi artificiali tipo Antifer da 40 t in conglomerato cementizio semplice. Il molo sarà completato con un muro di sponda in massi cellulari con coronamento a quota +6.50 m sul l.m.m.. La quota del piano di posa del muro è di -5.50m.

Nel primo tratto, in prossimità della radice, ove è prevista l'escavazione dei fondali, il muro poggerà su uno strato di sottofondo di modesto spessore; nei tratti successivi il muro di sponda, poggerà su uno scanno di scogli naturali di 1° categoria e di pietrame.

Nella figura 3 è riportata una sezione tipo del molo di sopraflutto. La testata del molo sarà costituita in massi cellulari affiancati e resi solidali, di lunghezza-in direzione trasversale-pari a 20 m. Per ogni altro dettaglio si rimanda ai disegni predisposti dal Progettista.

### 3 TERRENI DI FONDAZIONE

#### 3.1 Costituzione del sottosuolo

I caratteri del sottosuolo sono stati ricostruiti sulla base delle osservazioni dirette delle pareti della falesia nella zona di interesse e dei fondali, ove le rocce interessate dal manufatto sono affioranti.

Non sono stati eseguiti sondaggi meccanici.

I caratteri geologici dei terreni sono stati studiati dal Dott. Geol. G. Ventura Bordenga che ne riferisce con apposita relazione.

Risulta dai rilievi e dalle osservazioni che i terreni di fondazione del molo, e dell'intera zona portuale, sono costituiti di rocce di origine vulcanica, che costituiscono un "basamento lavico indifferenziato", formato di lave e di rocce piroclastiche debolmente cementate ( tufi, brecce). Lave e rocce piroclastiche si succedono lungo la verticale e lateralmente senza un ordine preciso, come accade per i depositi - come quello in esame - di origine vulcanica ubicati a non grande distanza dal cratere.

Nell'ambito del volume di terreno geotecnicamente significativo per l'opera da realizzare predominano le rocce lapidee.

Il Geologo non segnala faglie e dislocazioni.

### 3.2 Proprietà geotecniche delle rocce

Sulle rocce che formano i fondali non sono state eseguite prove geotecniche. I parametri geotecnici possono stimarsi con riferimento a rocce di analoga natura e composizione. Nei calcoli si potrà fare riferimento, cautelativamente, ai seguenti valori:

peso dell'unità di volume saturo d'acqua	$\gamma = 2.3 \text{ t/m}^3$
coesione intercetta	$c' = 20 \text{ t/m}^2$
angolo di resistenza a taglio	$\phi' = 40^\circ$

Il basso valore indicato per la coesione può ritenersi rappresentativo dei tufi e delle brecce; la coesione delle lave è assai più alta.

Il modulo di Young delle rocce laviche può porsi pari a  $100.000 \text{ t/m}^2$ .

#### 4 PROPRIETA' GEOTECNICHE DEI MATERIALI DELLA SCOGLIERA

I parametri geotecnici dei materiali utilizzati per la costruzione dei moli, sono stati desunti sulla base dei dati della letteratura tecnica specializzata.

Nei calcoli si potrà fare riferimento ai seguenti valori:

Scogli di 1<sup>a</sup> e 3<sup>a</sup> categoria. pietrame

$$\gamma_{\text{sat}} = 2 \text{ t/m}^3$$

$$c' = 0$$

$$\phi' = 42^\circ$$

Massi artificiali tipo Antifer

$$\gamma_{\text{sat}} = 2.2 \text{ t/m}^3$$

$$c' = 0$$

$$\phi' = 45^\circ$$

La risposta a sollecitazioni di taglio dell'interfaccia masso cellulare-scanno, tenuto conto della forte interconnessione tra calcestruzzo e pietrame che si realizzerà con le modalità costruttive prescelte e tenendo conto inoltre del modesto livello delle pressioni efficaci, può caratterizzarsi con un angolo di resistenza a taglio  $\phi' = 42^\circ$  e con una coesione intercetta nulla.



## 5 VERIFICHE GEOTECNICHE

### 5.1 Piano dei calcoli

Sono state eseguite le verifiche di stabilit  del complesso rocce di fondazione - scogliera - muro di sponda in massi cellulari del molo di sopraflutto. In particolare sono stati sviluppati i seguenti calcoli geotecnici:

- verifiche di stabilit  generale del molo di sopraflutto;
- verifiche di stabilit  nei riguardi della traslazione orizzontale, del ribaltamento, del galleggiamento e del carico limite del muro di sponda in massi cellulari.

I simboli utilizzati negli schemi di riferimento per le verifiche sono indicati di seguito.

W	peso totale del muro di sponda;
KW	forza di inerzia per effetto del sisma;
W's	peso immerso in acqua della striscia di terreno agente sull'ala esterna del muro di sponda;
KW's	forza di inerzia per effetto del sisma;
q	sovraccarico ( $3 \text{ t/m}^2$ );
T	tiro alla bitta ( $1 \text{ t/m}$ );
S'a	spinta attiva esercitata dai materiali della scogliera sul paramento esterno del muro di sponda;
S'av	componente verticale della spinta ( $S'a * \sin \delta_1$ );
S'ah	componente orizzontale della spinta ( $S'a * \cos \delta_1$ );
S'*	incremento di spinta dinamica;
Pwe	spinta dell'acqua sul paramento esterno ( $H=11\text{m}$ );
Pwi	spinta dell'acqua sul paramento interno ( $H=5.5\text{m}$ );
Pwc	peso dell'acqua contenuta nelle celle;
Pwae	peso dell'acqua agente sull'ala esterna;
Pwai	pressione dell'acqua agente sull'ala interna;
Sw	sottospinta.

## 5.2 Verifiche di stabilità generale dell'opera foranea

Le verifiche di stabilità generale del complesso rocce di fondazione - scogliera - muro di sponda in massi cellulari, sono state sviluppate in corrispondenza delle sezioni A-A' (Prog. 65.00) e B-B' (Prog. m 142.10) (v. Fig. 2). Gli schemi di riferimento per le verifiche sono riportati nelle Figure 4 e 5.

Nella tabella seguente si riassumono i valori delle caratteristiche fisico - meccaniche dei terreni e dei materiali cui si e' fatto riferimento nei calcoli.

Tab. I Valori dei parametri geotecnici utilizzati nelle verifiche di stabilità

	$\gamma_{\text{sat}}$ [t/m <sup>3</sup> ]	$c'$ [t/m <sup>2</sup> ]	$\phi'$ [°]
Scogli di 1 <sup>a</sup> , 3 <sup>a</sup> cat. e pietrame	2.0	0	42
Massi artificiali tipo Antifer	2.2	0	45
Rocce di fondazione	2.3	20	40

Le rocce ed i materiali della scogliera situati sotto il livello del mare sono stati caratterizzati con il peso dell'unità di volume immerso in acqua.

I calcoli sono stati eseguiti in termini di pressioni effettive con il metodo di Bishop. Il coefficiente sismico e' stato posto pari a  $K_s = 0.20$ , cioè il doppio del valore

corrispondente alle zone sismiche di I categoria - entro le quali ricade il Comune di Malfa - per tenere conto dell'azione del sisma sia sull'acqua interstiziale che sullo scheletro solido.

In considerazione degli elevati valori dei parametri di resistenza a taglio delle rocce di fondazione, sono stati esclusi quei meccanismi di rottura che si sviluppano all'interno di tale formazione.

Nel caso in esame le verifiche di stabilita' del paramento interno non sono significative essendo lo spessore dello scanno estremamente modesto; e' da notare infatti che i margini di sicurezza corrispondenti a meccanismi di rottura che interessano tale paramento risultano elevati.

Le superfici di scivolamento analizzate e che forniscono i coefficienti di sicurezza minimi sono riportate nelle Figg. 6 e 7 per le sezioni A-A' e B-B' rispettivamente. I meccanismi di rottura esaminati si sviluppano essenzialmente nei materiali della scogliera o lungo l'interfaccia con le rocce della formazione di base.

I risultati sono riportati nei tabulati di calcolo dell'Appendice [A], nei quali le unità di misura adottate sono espresse in m e kN. Nelle tabelle II e III sono riportati i valori dei coefficienti di sicurezza minimi con riferimento alle due sezioni esaminate sia per le condizioni statiche che per quelle dinamiche.

Tab. II Sezione A-A' - Coefficienti di sicurezza minimi nei riguardi della stabilita' generale del paramento esterno

Condizioni	Schema MA	
	Statiche	Dinamiche
File	MAES	MAED
Coefficiente di sicurezza	2.45	1.56

Tab. III Sezione B-B' - Coefficienti di sicurezza minimi nei riguardi della stabilita' generale del paramento esterno

Condizioni	Schema MB	
	Statiche	Dinamiche
File	MBES	MBED
Coefficiente di sicurezza	2.42	1.53

I risultati ottenuti indicano che le condizioni di stabilita' generale del molo di sopraflutto risultano adeguate sia in assenza che in presenza di sisma.

5.3 Verifiche di stabilità nei riguardi della traslazione orizzontale, del ribaltamento, del galleggiamento e del carico limite del muro di sponda in massi cellulari

Le verifiche sono state sviluppate con riferimento alla sezione A-A' (Prog. 65.00 m).

La spinta esercitata dalla scogliera sul muro di sponda è stata valutata considerando uno stato di deformazione piano. Lo schema di calcolo è riportato in Fig. 8 in cui sono indicate le caratteristiche geotecniche dei materiali utilizzate nelle verifiche. Il calcolo è stato eseguito, con riferimento allo stato limite attivo, con il metodo di Coulomb. L'estradosso della mantellata è stato considerato, a vantaggio di sicurezza, orizzontale.

La spinta in presenza di sisma è stata valutata mediante il metodo di Mononobe e Okabe. L'incremento di spinta per effetto delle azioni sismiche è stato applicato a  $0.6 H$  rispetto al piano di posa dell'opera.

Le sovrappressioni neutre indotte dal moto ondoso sono state valutate, in via approssimativa, facendo riferimento per il paramento esterno del muro a una distribuzione idrostatica corrispondente a un livello dell'acqua situato a quota  $+5.50m$  sopra il livello medio del mare, e lungo la base del muro considerando una distribuzione delle pressioni neutre trapezoidale.

Nei calcoli si è considerato, inoltre la presenza del tiro alle bitte pari a  $T = 1 \text{ t/m}$ ; le verifiche di stabilità sono state condotte sia in assenza che in presenza di sisma.

### Verifica nei riguardi della traslazione orizzontale

Lo schema di calcolo e' riportato in Fig. 9; I calcoli sono stati eseguiti nell'ipotesi di assenza di sovraccarico.

Il coefficiente di sicurezza  $F_{trasl}$ , definito come il rapporto fra la resistenza a taglio disponibile e le forze orizzontali instabilizzanti, e' dato dall'espressione:

$$F_{trasl} = \frac{R'v \operatorname{tg} \delta_2}{R_h}$$

essendo:

- $R'v$  risultante delle forze verticali efficaci agenti sul piano di posa;
- $\delta_2$  angolo di attrito in corrispondenza del contatto tra la base dell'opera ed i terreni di fondazione ( $\delta_2 = 42^\circ$ );
- $R_h$  risultante delle sollecitazioni orizzontali.

I coefficienti di sicurezza ottenuti, pari a 1.4 e 1.8 rispettivamente in presenza e in assenza di sisma risultano adeguati anche nelle ipotesi più gravose formulate.

### Verifica nei riguardi del ribaltamento

Lo schema di riferimento per i calcoli e' riportato in Fig. 10.

Il coefficiente di sicurezza Frib, definito come il rapporto fra il momento stabilizzante Mstab e quello ribaltante Mrib, e' dato dall'espressione:

$$Frib = \frac{Mstab}{Mrib}$$

I momenti sono stati calcolati rispetto al punto I. I coefficienti di sicurezza ottenuti, pari a 1.5 e 1.7 in presenza e in assenza di sisma rispettivamente risultano anche per questa verifica adeguati.

### Verifica nei riguardi del galleggiamento

Lo schema di calcolo e' riportato in Fig. 11. Il coefficiente di sicurezza Fgal, pari a 2.2 risulta adeguato.

### Verifica nei riguardi della rottura per raggiungimento del carico limite

Lo schema di calcolo e' illustrato in Fig. 12. I terreni di fondazione sono stati assimilati, a vantaggio di sicurezza, ai

materiali che costituiscono lo scanno e sono stati caratterizzati con  $c' = 0$  e  $\phi' = 42^\circ$ .

I calcoli sono stati eseguiti sia in presenza che in assenza del sovraccarico sull'opera.

Il carico limite, per larghezza unitaria dell'opera e' dato dall'espressione seguente:

$$Q_{lim} = (N_\gamma I_\gamma \gamma' \frac{B'}{2}) B'$$

essendo:

$N_\gamma$  coefficiente di carico limite;

$I_\gamma$  coefficiente che tien conto dell'effetto dell'inclinazione della risultante sul piano di posa;

$\gamma'$  peso dell'unita' di volume immerso in acqua;

$B' = B - 2e$  larghezza ridotta della base del muro;

$e$  eccentricità della risultante.

Il coefficiente di sicurezza e' definito dall'espressione:

$$F = \frac{Q_{lim}}{R'v}$$

In presenza del sovraccarico, si ha  $Q_{lim} = 649.9 \text{ t/m}$ ,  $R'v = 147 \text{ t/m}$ ; il coefficiente di sicurezza risulta pertanto pari a 4.7. In assenza del sovraccarico si ha  $Q_{lim} = 361.5 \text{ t/m}$ ,  $R'v = 126 \text{ t/m}$ ,  $F = 2.8$ .

Per quanto concerne le condizioni di stabilità del muro di



sponda in corrispondenza della testata del molo, i margini di sicurezza risultano sempre adeguati. In particolare per la verifica alla traslazione orizzontale in direzione trasversale al molo, si ottiene un coefficiente di sicurezza pari a 3.4.

#### 5.4 Cedimenti

In considerazione dell'elevato valore del modulo di Young delle rocce laviche, i cedimenti interesseranno esclusivamente i materiali della scogliera. Questi cedimenti si verificheranno pressochè interamente in fase di costruzione, dato l'elevato coefficiente di consolidazione dei materiali con i quali sarà formato il molo.

## 6 CONTROLLI E INDAGINI IN CORSO D'OPERA

Nella fase iniziale dei lavori, si eseguiranno 5 sondaggi meccanici sui terreni di fondazione allo scopo di accertare i caratteri di dettaglio della costituzione del sottosuolo.

Su alcuni campioni rappresentativi che saranno prelevati lungo le verticali esplorate saranno effettuate prove geotecniche di laboratorio volte alla determinazione delle caratteristiche fisiche e meccaniche.

Quando si rinverranno, nel corso delle perforazioni di sondaggio, rocce piroclastiche debolmente cementate si provvederà ad eseguire prove penetrometriche S.P.T..

Si raccomanda di controllare attentamente l'esecuzione della posa in opera del masso cellulare di base e il getto di calcestruzzo allo scopo di garantire un'efficace interconnessione tra calcestruzzo e pietrame dello scanno.

Sui muri di sponda si installeranno mire per il rilievo topografico di cedimenti e spostamenti orizzontali. I rilievi saranno eseguiti in corso d'opera, e successivamente per almeno un anno dal completamento dell'opera.

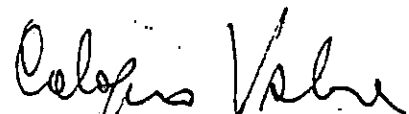
7 CONCLUSIONI

I terreni di fondazione dei moli e delle opere accessorie del porto di Scalo Galera di Malfa sono costituiti essenzialmente di rocce lapidee, appartenenti a un complesso di rocce di origine vulcanica che comprende lave, tufi e brecce. I tre tipi di roccia costituiscono un complesso indifferenziato, i cui dettagli costitutivi potranno essere accertati nella fase iniziale dei lavori.

I calcoli geotecnici confermano la validita' della scelta del tipo e del proporzionamento delle opere. I margini di sicurezza nei riguardi di fenomeni di rottura risultano adeguati anche nelle situazioni piu' gravose. In proposito giova segnalare che i fattori che maggiormente influenzano il margine di sicurezza sono, nel caso in esame, le proprieta' meccaniche del materiale con cui sara' realizzata la scogliera e i parametri che caratterizzano la risposta a sollecitazioni di taglio dell'interfaccia masso cellulare - scanno.

Si raccomanda di eseguire indagini di controllo nella fase iniziale dei lavori e in corso d'opera, e di eseguire periodici rilievi dei cedimenti e degli spostamenti orizzontali dei manufatti.

Palermo, 11 settembre 1990

  
Prof. Ing. Calogero Valore



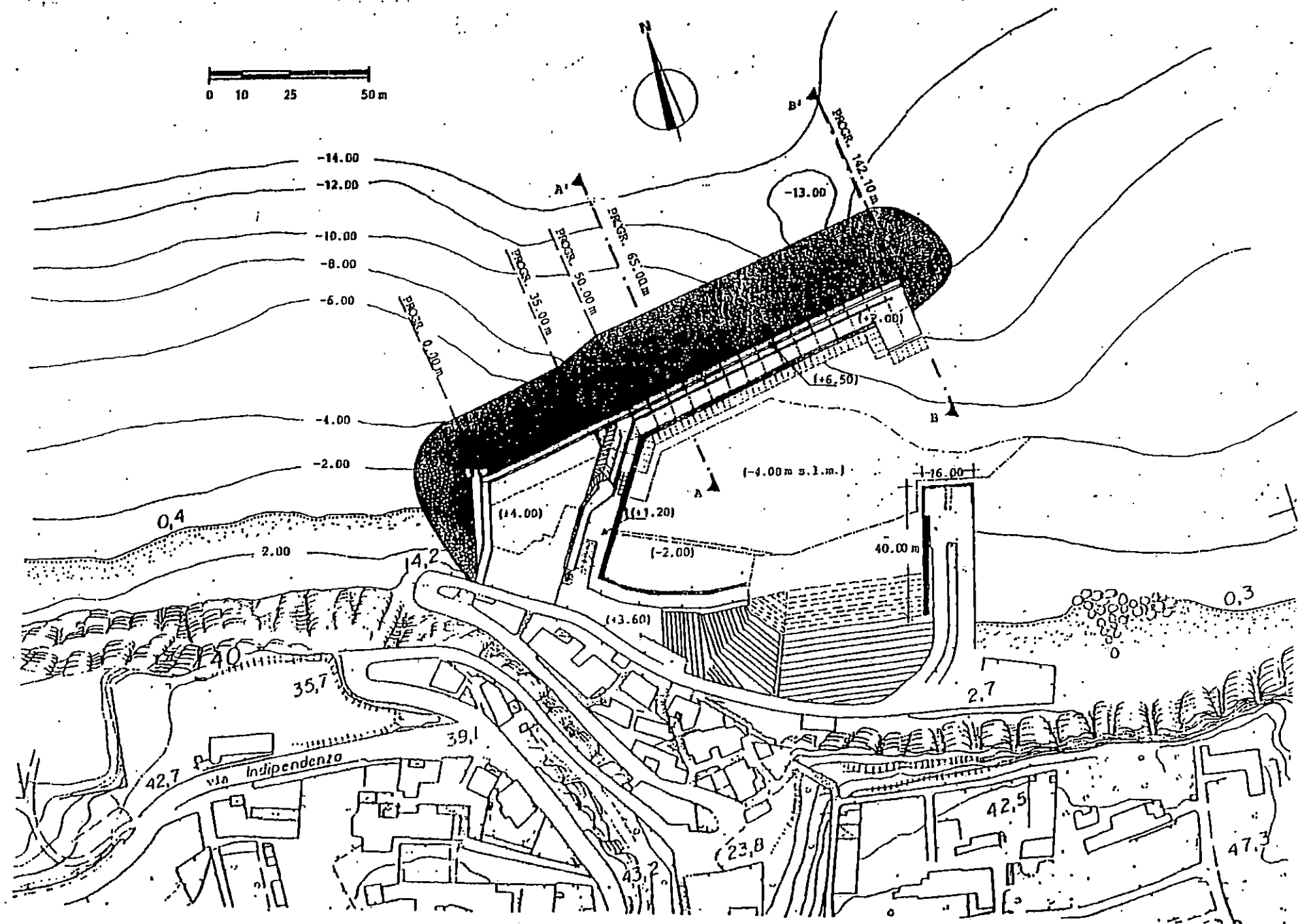


Fig. 2 - PLANIMETRIA DELL'OPERA FORANEA

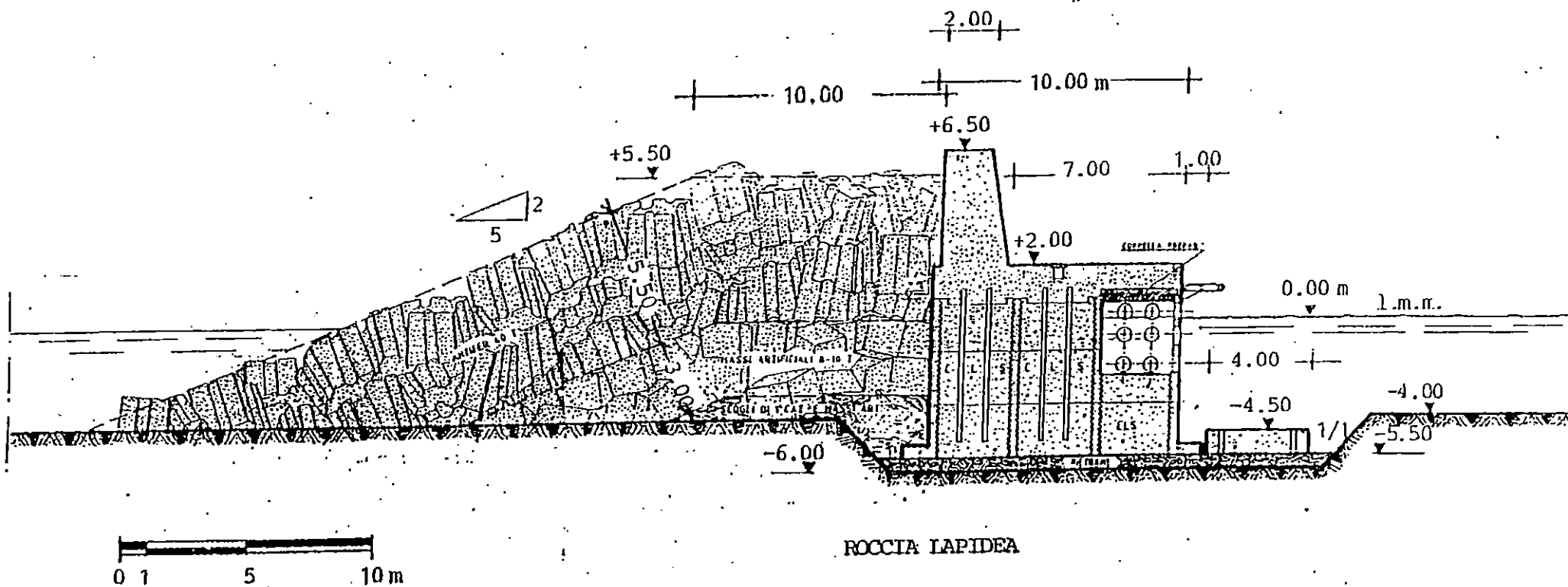


Fig. 3 - SEZIONE TIPO DEL MOLO DI SOPRAFLUTTO

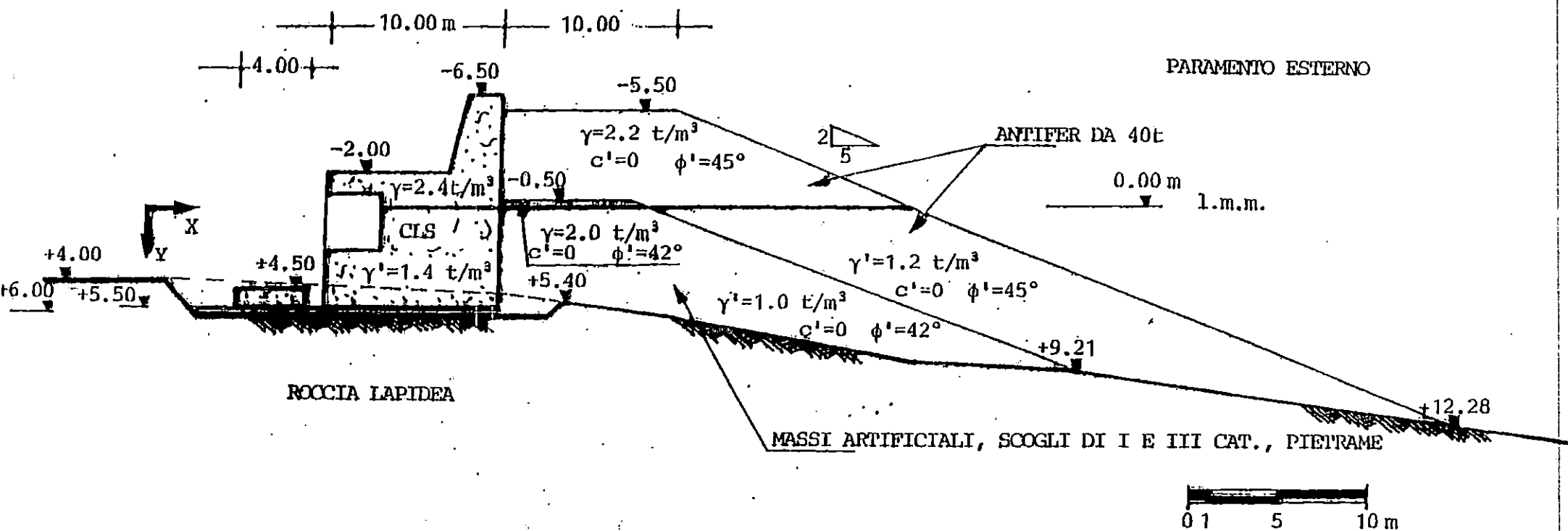


Fig. 4 - SEZIONE A-A' - SCHEMA DI RIFERIMENTO MA PER L'ANALISI DI STABILITA' GENERALE DELL'OPERA FORANEA

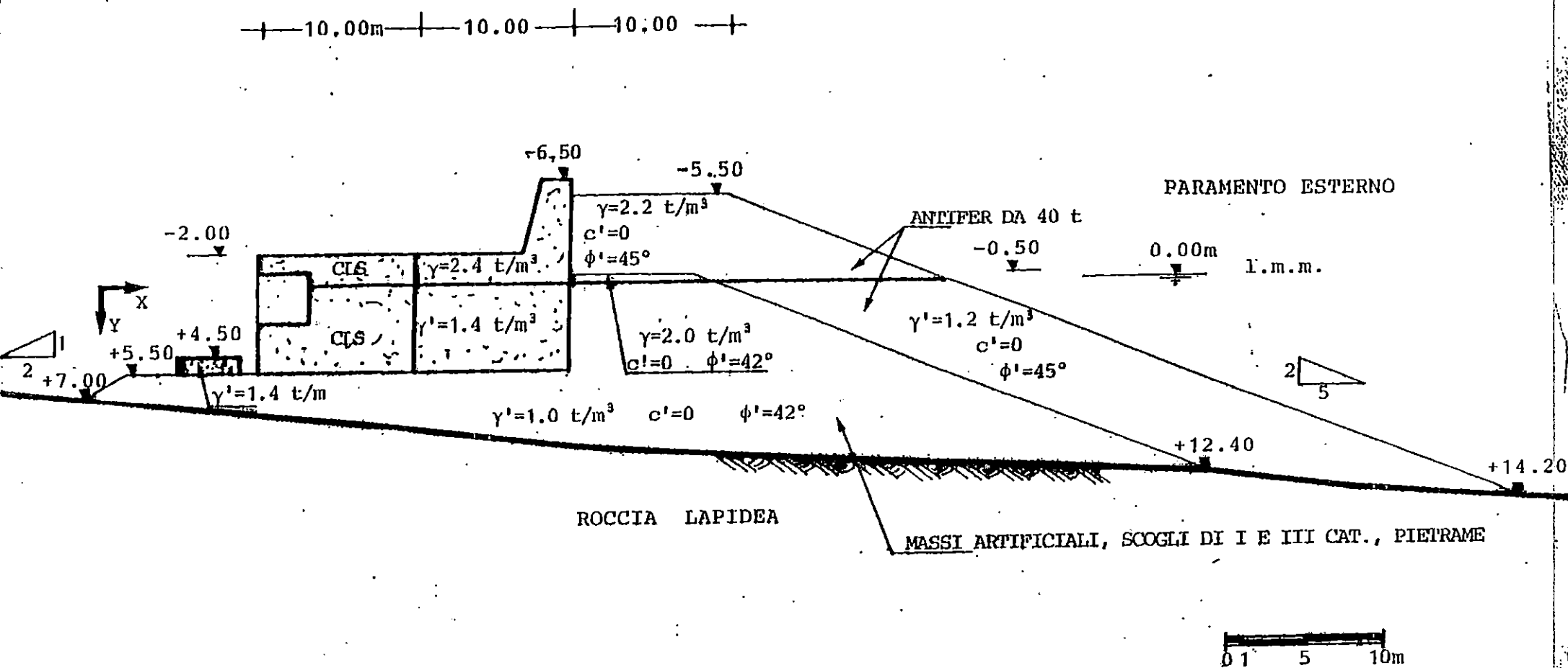


Fig. 5 - SEZIONE B-B' - SCHEMA DI RIFERIMENTO MB PER L'ANALISI DI STABILITA' GENERALE DELL'OPERA FORANEA



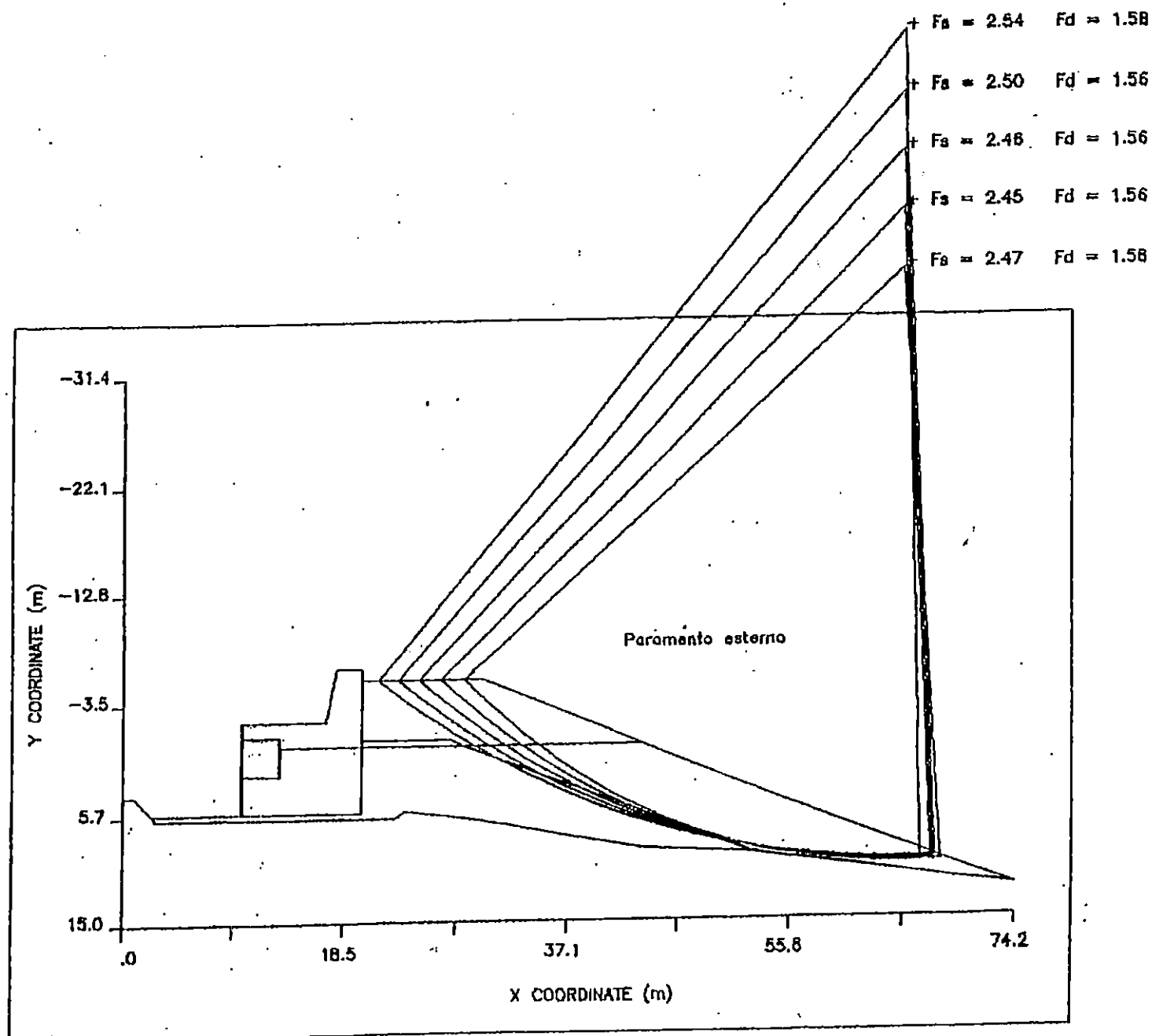


Fig. 6. - File MAE - Malfa - Sez. 'A-A' - Schema MA  
Risultati dell'analisi di stabilit  generale del paramento esterno dell'opera foranea

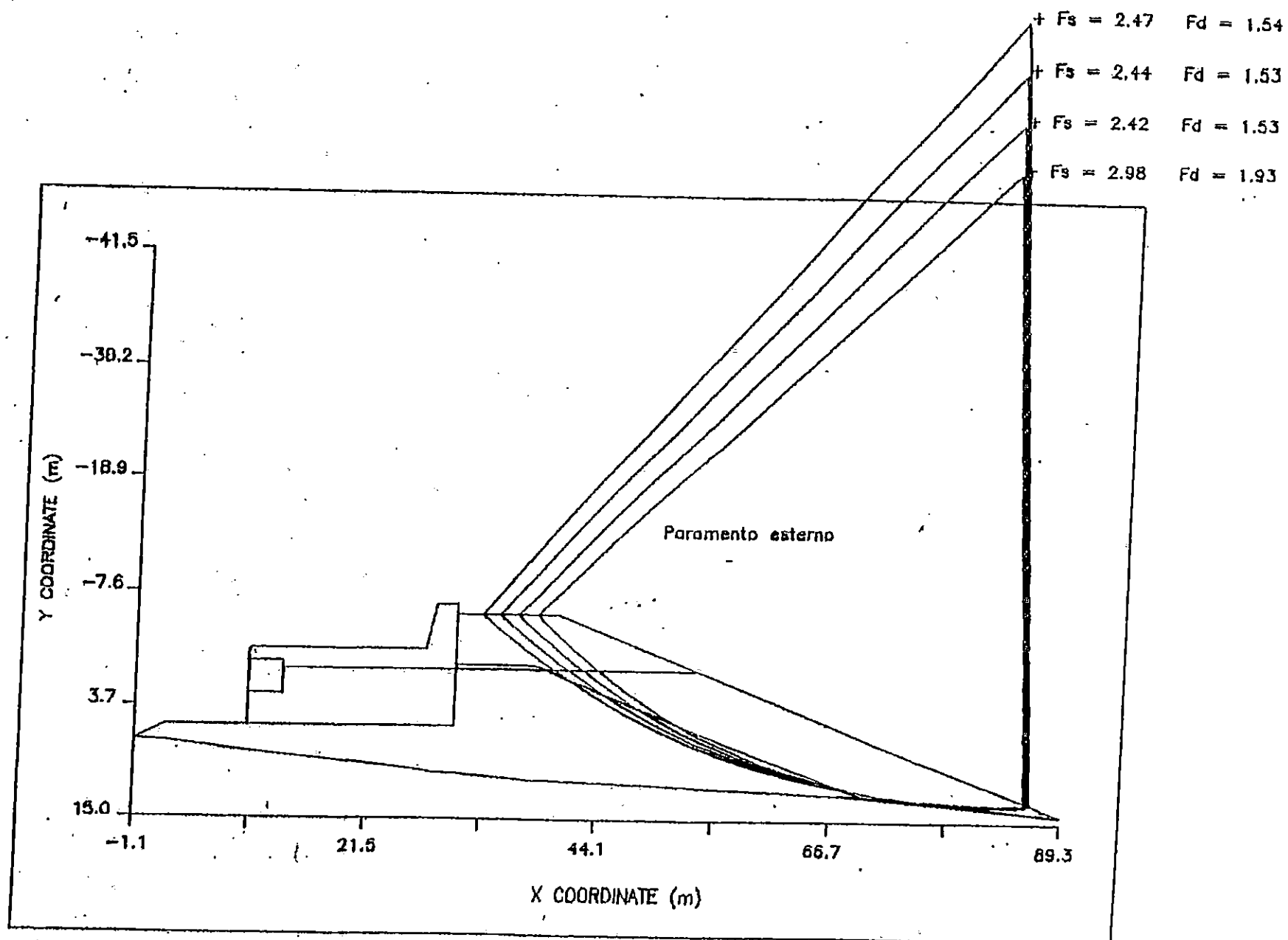
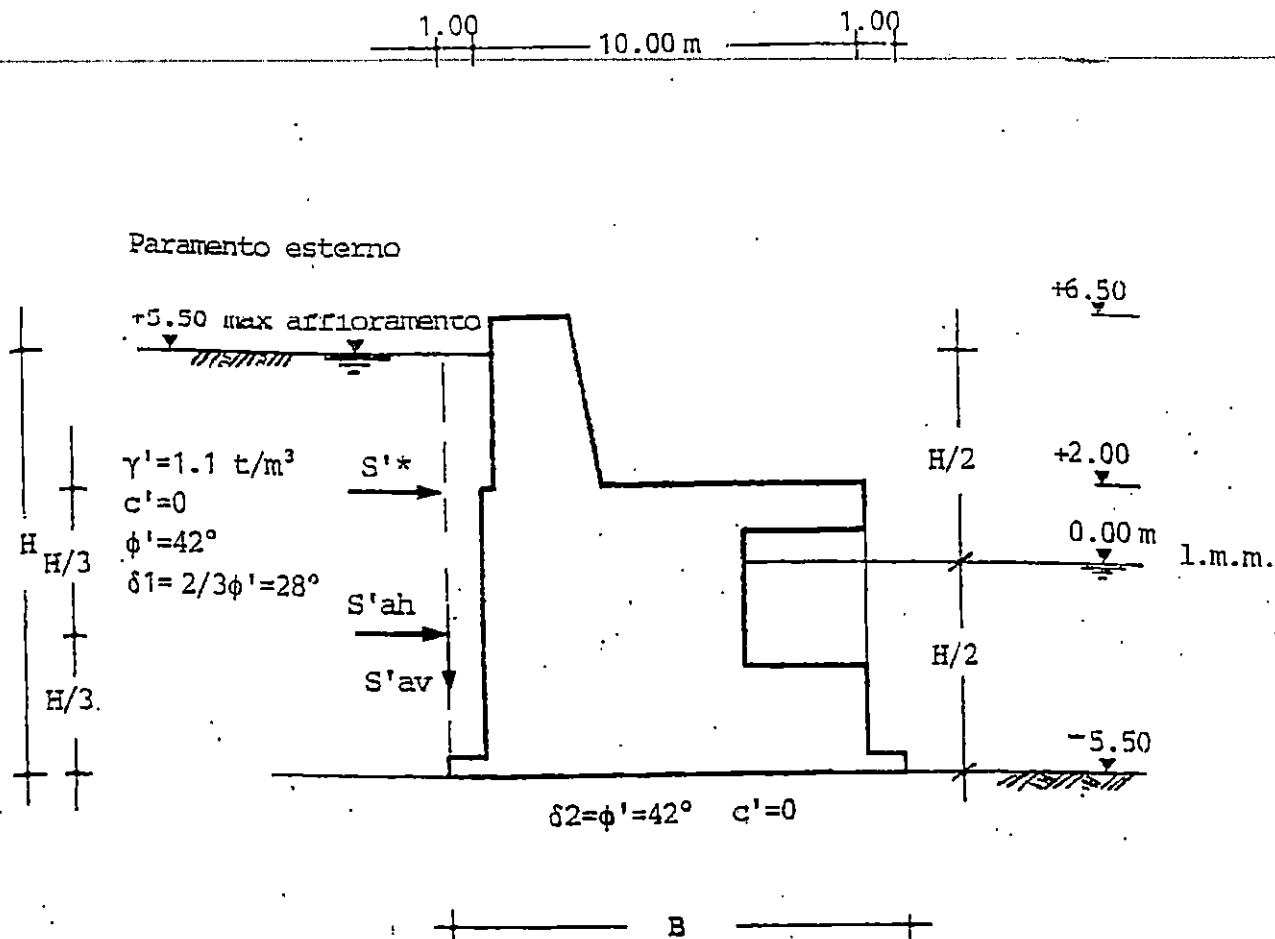


Fig. 7 -File MBE - Malfa - Sez. B-B' - Schema MB

Risultati dell'analisi di stabilità generale del paramento esterno dell'opera foranea  
Superfici di scorrimento analizzate in condizioni statiche ( $F_s$ ) e dinamiche ( $F_d$ )



$$K_a = 0.183$$

$$K_{ad} = 0.237$$

$$H = 11 \text{ m}$$

$$S'_a = \frac{1}{2} H^2 \gamma' K_a = 12.2 \text{ t/m}$$

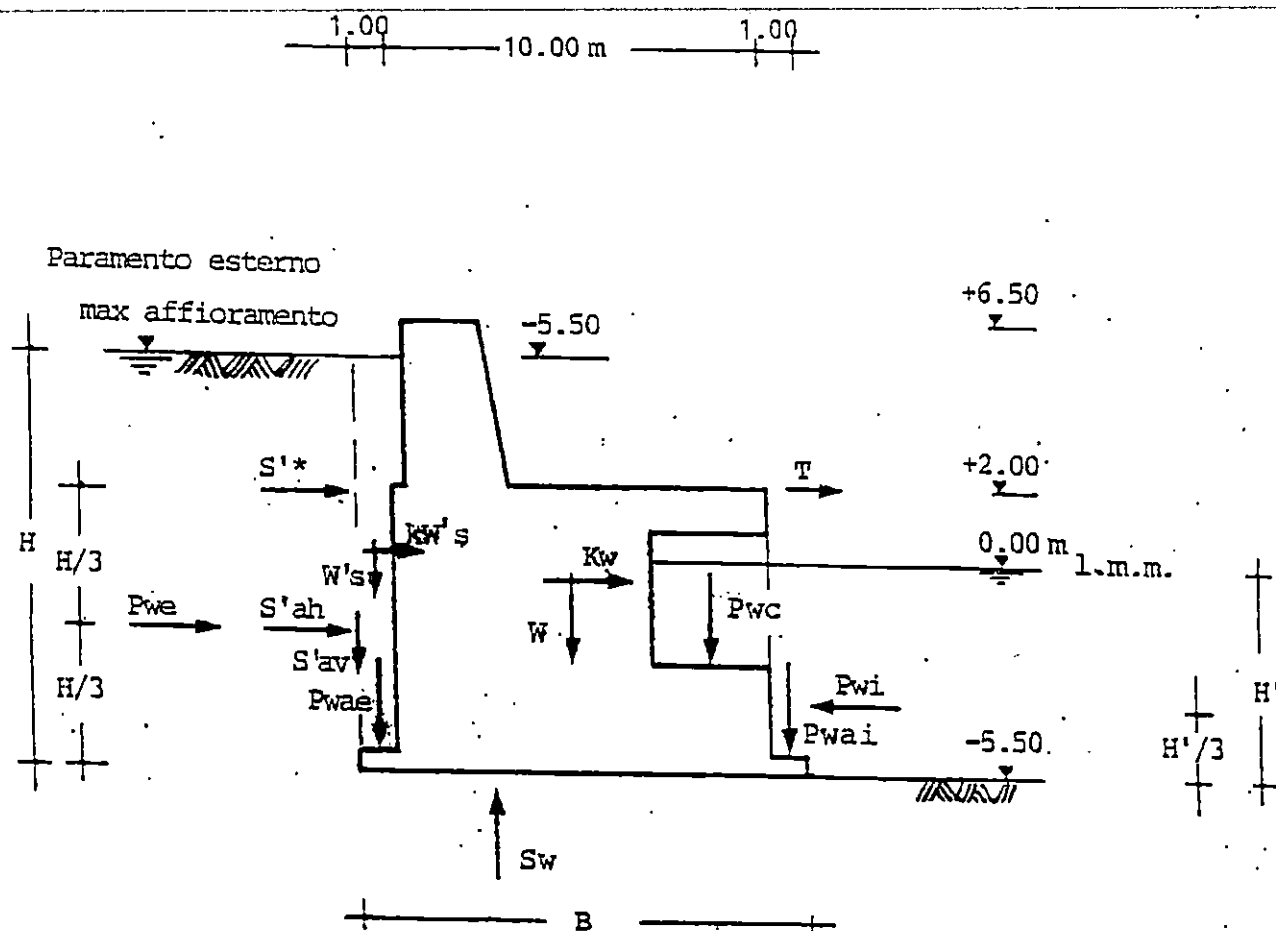
$$S'_{ah} = S'_a \cos(\delta_1) = 10.8 \text{ t/m}$$

$$S'_{av} = S'_a \sin(\delta_1) = 5.7 \text{ t/m}$$

$$S'_{ad} = 15.8 \text{ t/m}$$

$$S'^* \approx S'_{ad} - S'_a = 15.8 - 12.2 = 3.6 \text{ t/m}$$

Fig. 8 - SCHEMA DI RIFERIMENTO PER IL CALCOLO DELLA SPINTA SUL PARAMENTO ESTERNO DEL MURO DI SPONDA.



IN ASSENZA DI SISMA

$$R'v = W + W's + Pwae + Pwai + Pwc + S'av - Sw = 184.2 + 11.5 + 10.5 + 5.0 + 8.1 + 5.7 - 99.0 = 125.9 \text{ t/m}$$

$$Rh = S'ah + Pwe - Pwi + T = 10.8 + 60.5 - 15.1 + 1 = 57.2 \text{ t/m}$$

$$F_{tral} = \frac{R'v \tan(62)}{Rh} = \frac{125.9 \tan(42^\circ)}{57.2} = 2.0$$

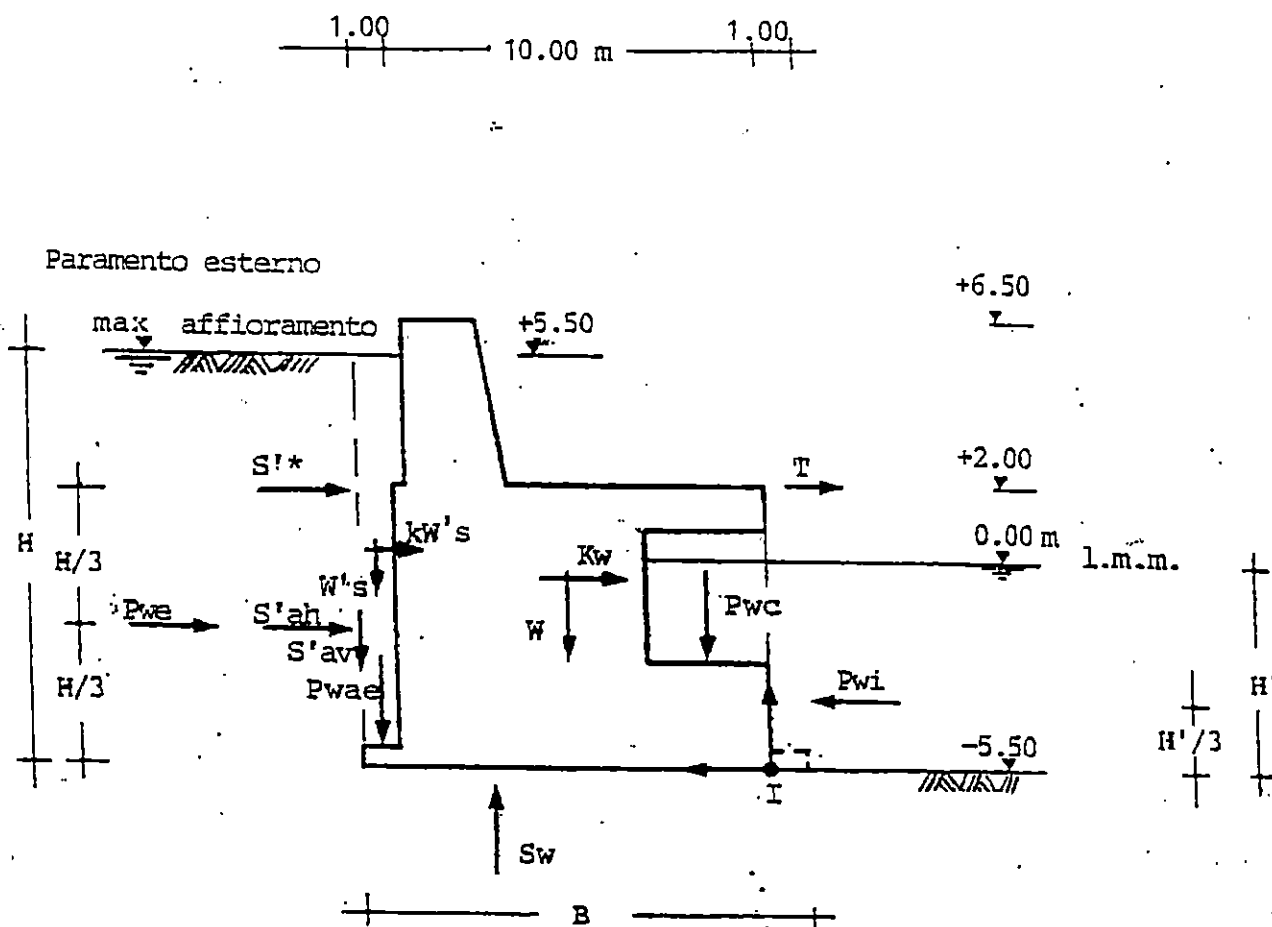
IN PRESENZA DI SISMA

$$R'v = W + W's + Pwae + Pwai + Pwc + S'av - Sw = 184.2 + 11.5 + 10.5 + 5.0 + 8.1 + 5.7 - 99.0 = 125.9 \text{ t/m}$$

$$Rh = kW + kW's + S'ah + S'* + Pwe - Pwi + T = 18.4 + 1.1 + 10.8 + 3.6 + 60.5 - 15.1 + 1 = 80.3 \text{ t/m}$$

$$F_{tral} = \frac{R'v \tan(62)}{Rh} = \frac{125.9 \tan(42^\circ)}{80.3} = 1.4$$

Fig. 9 - SCHEMA DI RIFERIMENTO PER LA VERIFICA NEI RIGUARDI DELLA TRASLAZIONE ORIZZONTALE DEL MURO DI SPONDA.



IN ASSENZA DI SISMA

$$M_{stab} = M_i (W + W's + P_{wae} + P_{wc} + P_{wi} + S'av) =$$

$$= 1110.6 + 120.7 + 110.2 + 12.1 + 27.7 + 57.5 = 1438.8 \text{ (t/m)m}$$

$$M_{rib} = M_i (S'ah + P_{we} + T + S_w) =$$

$$= 39.6 + 222.0 + 7.5 + 554.4 = 823.5 \text{ (t/m)m}$$

$$F_{rib} = \frac{M_{stab}}{M_{rib}} = \frac{1438.8}{823.5} = 1.7$$

IN PRESENZA DI SISMA

$$M_{stab} = M (W + W's + P_{wae} + P_{wc} + P_{wi} + S'av) =$$

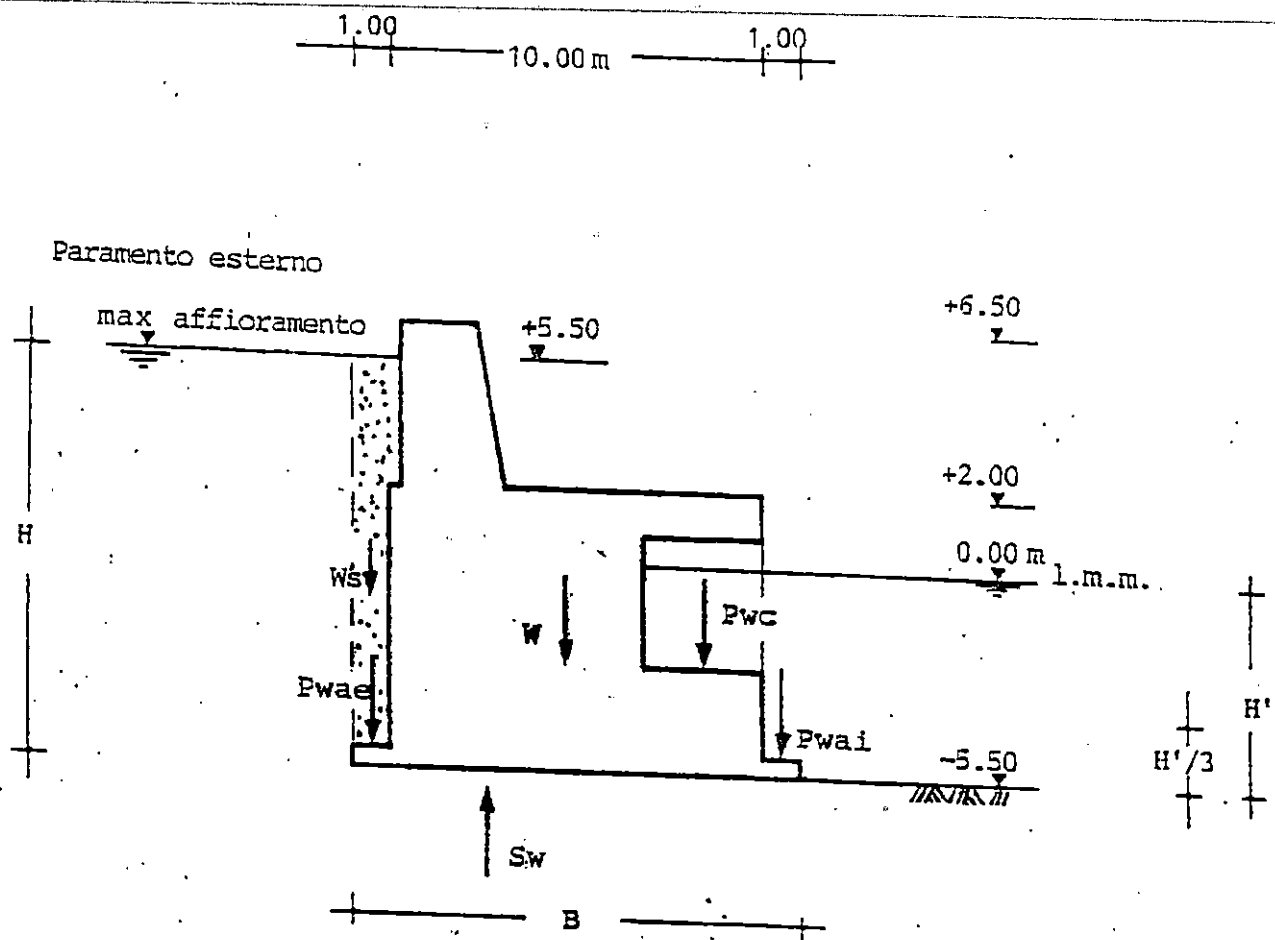
$$= 1110.6 + 120.7 + 110.2 + 12.1 + 27.7 + 57.5 = 1438.8 \text{ (t/m)m}$$

$$M_{rib} = M (k_w + k_w's + S'ah + S'* + P_{we} + T + S_w) =$$

$$= 76.6 + 6.3 + 39.6 + 26.0 + 222.0 + 7.5 + 554.4 = 932.4 \text{ (t/m)m}$$

$$F_{rib} = \frac{M_{stab}}{M_{rib}} = \frac{1438.8}{932.4} = 1.5$$

Fig. 10 - SCHEMA DI RIFERIMENTO PER LA VERIFICA NEI RIGUARDI DEL RIBALTAMENTO INTORNO AL PUNTO I DEL MURO DI SPONDA.



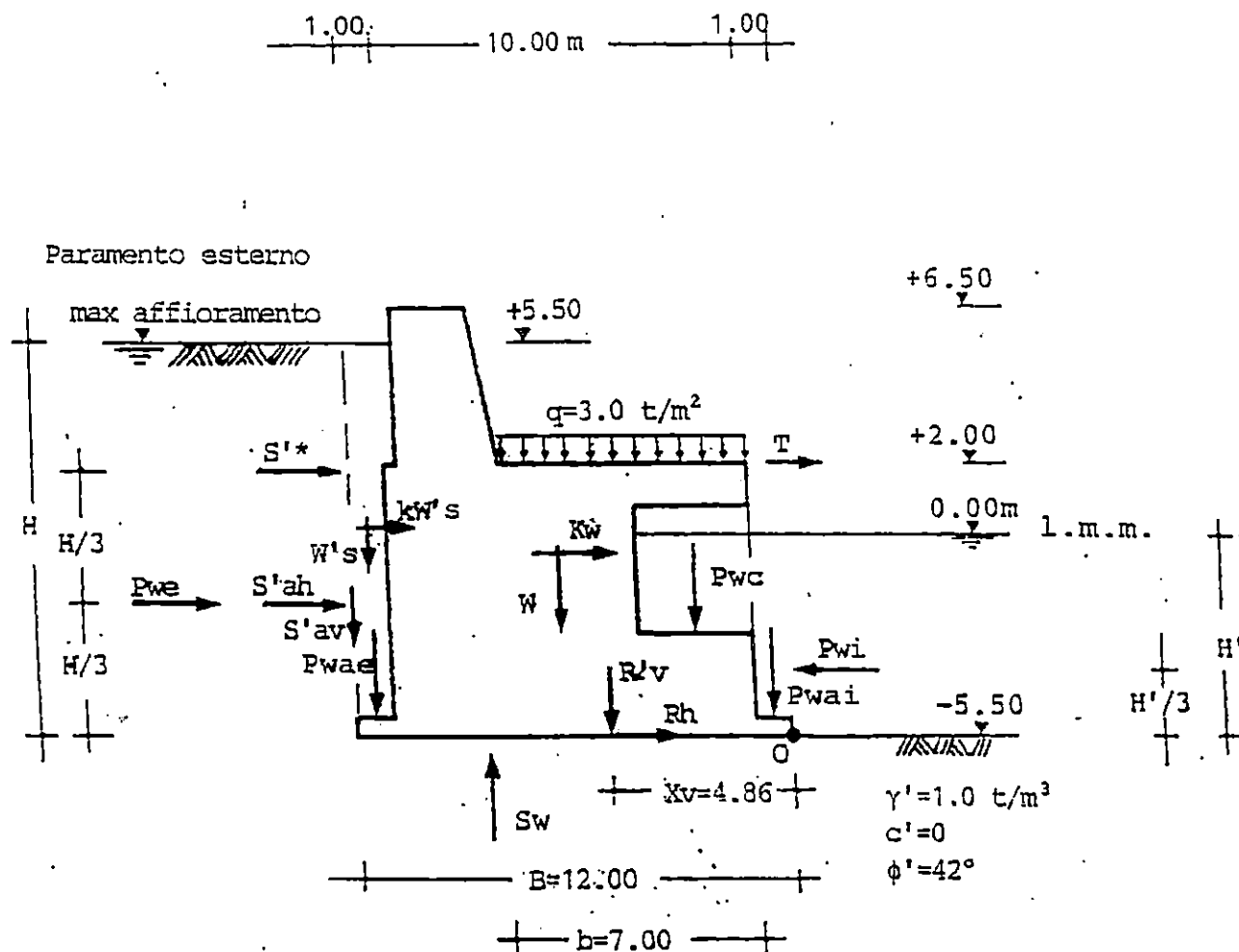
$$F_{stab} = W + W's + P_{wae} + P_{wai} + P_{wc} =$$

$$= 184.2 + 11.5 + 10.5 + 5.0 + 8.1 = 219.3 \text{ t/m}$$

$$F_{inst} = S_w = 99 \text{ t/m}$$

$$F_{gal} = \frac{F_{stab}}{F_{inst}} = \frac{219.3}{99} = 2.2$$

Fig. 11 - SCHEMA DI RIFERIMENTO PER LA VERIFICA NEI RIGUARDI DEL GALLEGGIAMENTO DEL MURO DI SPONDA.



#### PRESENZA DEL SOVRACCARICO

$$R'v = W + W's + Pwae + Pwai + Pwc + S'av + q b - Sw = 147.0 \text{ t/m}$$

$$Rh = kW + kW's + S'ah + S'* + Pwe - Pwi + T = 80.3 \text{ t/m}$$

$$Xv = (Mo(R'v) - Mo(Rh)) / R'v = 4.86 \text{ m} ; e = B/2 - Xv = 1.14 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e = 9.75 \text{ m} \quad N_\gamma = 155.55 \quad I_\gamma = 0.094$$

$$Q_{lim} = (N_\gamma \gamma' I_\gamma B'/2) B' = 694.9 \text{ t/m}$$

$$F = \frac{Q_{lim}}{R'v} = \frac{694.9}{147} = 4.7$$

#### ASSENZA DEL SOVRACCARICO

$$R'v = W + W's + Pwae + Pwai + Pwc + S'av - Sw = 126.0 \text{ t/m}$$

$$Rh = kW + kW's + S'ah + S'* + Pwe - Pwi + T = 80.3 \text{ t/m}$$

$$Xv = (Mo(R'v) - Mo(Rh)) / R'v = 4.92 \text{ m} ; e = B/2 - Xv = 1.08 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e = 9.84 \text{ m} \quad N_\gamma = 155.55 \quad I_\gamma = 0.048$$

$$Q_{lim} = (N_\gamma \gamma' I_\gamma B'/2) B' = 361.5 \text{ t/m}$$

$$F = \frac{Q_{lim}}{R'v} = \frac{361.5}{126} = 2.8$$

Fig. 12 - SCHEMA DI RIFERIMENTO PER LA VERIFICA NEI RIGUARDI DEL CARICO LIMITE

A P P E N D I C E [ A ]

ANALISI DI STABILITA' GENERALE DEL MOLO FORANEO

TABULATI DI CALCOLO



## I N D I C E

### Risultati dell'analisi di stabilita' - Sez- A-A' - Schema MA

MAES	Analisi di stabilita' del paramento esterno in assenza di sisma .....	1
MAED	Analisi di stabilita' del paramento esterno in presenza di sisma .....	3

### Risultati dell'analisi di stabilita' - Sez- B-B' - Schema MB

MBES	Analisi di stabilita' del paramento esterno in assenza di sisma .....	5
MBED	Analisi di stabilita' del paramento esterno in presenza di sisma .....	7

File MAES - Malfa - Sez. A-A' - Schema MA

# CONTROL DATA

NUMBER OF SPECIFIED CENTERS 5  
 NUMBER OF DEPTH LIMITING TANGENTS 0  
 NUMBER OF VERTICAL SECTIONS 20  
 NUMBER OF SOIL LAYER BOUNDARIES 8  
 NUMBER OF PORE PRESSURE LINES 0  
 NUMBER OF POINTS DEFINING COHESION PROFILE 0

SEISMIC COEFFICIENT S1.S2 = .00 .00

# SPECIFIED CENTER (X,Y)

X	Y
65.00	-60.00
65.00	-55.00
65.00	-50.00
65.00	-45.00
65.00	-40.00

ALL CIRCLES PASS THROUGH THE POINT ( 52.7, 8.7)

# GEOMETRY

SECTIONS	.0	.9	2.4	2.8	10.0	10.1	10.1	17.0	18.0	20.0	20.0	20.1	22.8	23.6	27.4	28.4	30.0	43.4	52.7	74	
T. CRACKS	4.0	4.0	5.5	5.5	5.5	.0	-2.0	-2.0	-6.5	-6.5	-5.5	-5.5	-5.5	-5.5	-5.5	-5.5	-5.5	.0	3.7	12	
W IN CRACK	4.0	4.0	5.5	5.5	5.5	.0	-2.0	-2.0	-6.5	-6.5	-5.5	-5.5	-5.5	-5.5	-5.5	-5.5	-5.5	.0	3.7	12	
BOUNDARY 1	4.0	4.0	5.5	5.5	5.5	.0	-2.0	-2.0	-6.5	-6.5	-5.5	-5.5	-5.5	-5.5	-5.5	-5.5	-5.5	.0	3.7	12	
BOUNDARY 2	4.0	4.0	5.5	5.5	5.5	.0	.0	.0	.0	.0	-5.5	-5.5	-5.5	-5.5	-5.5	-5.5	-5.5	.0	3.7	12	
BOUNDARY 3	4.0	4.0	5.5	5.5	5.5	.0	.0	.0	.0	.0	.0	-5.5	-5.5	-5.5	-5.5	-5.5	-5.5	.0	3.7	12	
BOUNDARY 4	4.0	4.0	5.5	5.5	5.5	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	-5.5	-5.5	-5.5	-5.5	.0	.0	.0	3.7	12
BOUNDARY 5	4.0	4.0	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	3.7	12
BOUNDARY 6	4.0	4.0	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	3.7	0
BOUNDARY 7	4.0	4.0	5.5	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.6	5.6	9.2	11	
BOUNDARY 8	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	11

# SOIL PROPERTIES

LAYER	COHESION	FRICTION ANGLE	DENSITY
1	1600.0	45.0	24.0
2	.0	45.0	22.0
3	.0	42.0	20.0
4	1600.0	45.0	14.0
5	.0	45.0	12.0
6	.0	42.0	10.0

7

200.0

40.0

13.0

NUMBER	TANGENT	RADIUS	(X) CENTER	(Y) CENTER	FS(BISHOP)	FS(ONS)
1	9.8	69.8	65.0	-60.0	2.544	2.465
2	9.9	64.9	65.0	-55.0	2.499	2.411
3	10.0	60.0	65.0	-50.0	2.464	2.366
4	10.1	55.1	65.0	-45.0	2.451	2.340
5	10.2	50.2	65.0	-40.0	2.474	2.347

File MAED - Maifa - Sez. A-A' - Schema MA

# CONTROL DATA

NUMBER OF SPECIFIED CENTERS 5  
 NUMBER OF DEPTH LIMITING TANGENTS 0  
 NUMBER OF VERTICAL SECTIONS - 20  
 NUMBER OF SOIL LAYER BOUNDARIES 8  
 NUMBER OF PORE PRESSURE LINES 0  
 NUMBER OF POINTS DEFINING COHESION PROFILE 0

SEISMIC COEFFICIENT S1.S2 = .20 .20

## SPECIFIED CENTER (X,Y)

X	Y
65.00	-40.00
65.00	-35.00
65.00	-50.00
65.00	-45.00
65.00	-40.00

ALL CIRCLES PASS THROUGH THE POINT ( 52.7, 8.7)

## GEOMETRY

SECTIONS	.0	.9	2.4	2.8	10.0	10.1	10.1	17.0	18.0	20.0	20.0	20.1	22.8	23.6	27.4	28.4	30.0	43.4	52.7
T. CRACKS	4.0	4.0	5.5	5.5	5.5	.0	-2.0	-2.0	-6.5	-6.5	-5.5	-5.5	-5.5	-5.5	-5.5	-5.5	-5.5	.0	3.7
W IN CRACK	4.0	4.0	5.5	5.5	5.5	.0	-2.0	-2.0	-6.5	-6.5	-5.5	-5.5	-5.5	-5.5	-5.5	-5.5	-5.5	.0	3.7
BOUNDARY 1	4.0	4.0	5.5	5.5	5.5	.0	-2.0	-2.0	-6.5	-6.5	-5.5	-5.5	-5.5	-5.5	-5.5	-5.5	-5.5	.0	3.7
BOUNDARY 2	4.0	4.0	5.5	5.5	5.5	.0	.0	.0	.0	.0	-5.5	-5.5	-5.5	-5.5	-5.5	-5.5	-5.5	.0	3.7
BOUNDARY 3	4.0	4.0	5.5	5.5	5.5	.0	.0	.0	.0	.0	.0	-5.5	-5.5	-5.5	-5.5	-5.5	-5.5	.0	3.7
BOUNDARY 4	4.0	4.0	5.5	5.5	5.5	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	-5.5	-5.5	-5.5	-5.5	-5.5	.0	3.7
BOUNDARY 5	4.0	4.0	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	3.7
BOUNDARY 6	4.0	4.0	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	3.7
BOUNDARY 7	4.0	4.0	5.5	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.6	5.6	9.2
BOUNDARY 8	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0

## SOIL PROPERTIES

LAYER	COHESION	FRICTION ANGLE	DENSITY
1	1600.0	45.0	24.0
2	.0	45.0	22.0
3	.0	42.0	20.0
4	1600.0	45.0	14.0
5	.0	45.0	12.0
6	.0	42.0	10.0

7            200.0            40.0            13.0

NUMBER	TANGENT	RADIUS	(X) CENTER	(Y) CENTER	FS(BISHOP)	FS(OMS)
1	9.8	69.8	65.0	-60.0	1.578	1.643
2	9.9	64.9	65.0	-55.0	1.565	1.626
3	10.0	60.0	65.0	-50.0	1.556	1.613
4	10.1	55.1	65.0	-45.0	1.557	1.609
5	10.2	50.2	65.0	-40.0	1.581	1.622

CONTROL DATA

NUMBER OF SPECIFIED CENTERS	4
NUMBER OF DEPTH LIMITING TANGENTS	0
NUMBER OF VERTICAL SECTIONS	18
NUMBER OF SOIL LAYER BOUNDARIES	8
NUMBER OF PORE PRESSURE LINES	0
NUMBER OF POINTS DEFINING COHESION PROFILE	0

SEISMIC COEFFICIENT S1.S2 = .00 .00

SPECIFIED CENTER (X,Y)

X	Y
83.00	-65.00
83.00	-60.00
83.00	-55.00
83.00	-50.00

ALL CIRCLES PASS THROUGH THE POINT ( 69.9, 12.0)

GEOMETRY

SECTIONS	-1.1	1.9	9.0	10.0	10.1	10.1	20.0	27.0	28.0	30.0	30.0	30.1	37.7	39.0	40.0	53.8	69.9	89.3
T. CRACKS	7.0	5.5	5.5	5.5	.0	-2.0	-2.0	-2.0	-6.5	-6.5	-5.5	-5.5	-5.5	-5.5	-5.5	.0	6.5	14.2
W IN CRACK	7.0	5.5	5.5	5.5	.0	-2.0	-2.0	-2.0	-6.5	-6.5	-5.5	-5.5	-5.5	-5.5	-5.5	.0	6.5	14.2
BOUNDARY 1	7.0	5.5	5.5	5.5	.0	-2.0	-2.0	-2.0	-6.5	-6.5	-5.5	-5.5	-5.5	-5.5	-5.5	.0	6.5	14.2
BOUNDARY 2	7.0	5.5	5.5	5.5	.0	.0	.0	.0	.0	.0	-5.5	-5.5	-5.5	-5.5	-5.5	.0	6.5	14.2
BOUNDARY 3	7.0	5.5	5.5	5.5	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	-5.5	-5.5	.0	.0	.0	6.5	14.2
BOUNDARY 4	7.0	5.5	5.5	5.5	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	6.5	14.2
BOUNDARY 5	7.0	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	.0	.0	.0	.0	.0	.0	6.5	14.2
BOUNDARY 6	7.0	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	.0	.0	.0	.0	.0	.0	6.5	14.2
BOUNDARY 7	7.0	7.1	8.0	8.1	8.1	8.1	9.1	10.0	10.2	10.3	10.3	10.3	10.9	10.9	11.0	11.6	12.4	14.2
BOUNDARY 8	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0

SOIL PROPERTIES

LAYER	COHESION	FRICTION ANGLE	DENSITY
1	1600.0	45.0	24.0
2	.0	45.0	22.0
3	.0	42.0	20.0
4	1600.0	45.0	14.0
5	.0	45.0	12.0
6	.0	42.0	10.0
7	200.0	40.0	13.0

NUMBER	TANGENT	RADIUS	(X) CENTER	(Y) CENTER	FS(BISHOP)	FS(ONS)
1	13.1	78.1	93.0	-65.0	2.468	2.378
2	13.2	73.2	93.0	-60.0	2.439	2.340
3	13.3	68.3	93.0	-55.0	2.422	2.313
4	13.4	63.4	93.0	-50.0	2.977	2.804

NUMBER	TANGENT	RADIUS	(X) CENTER	(Y) CENTER	FS(BISHOP)	FS(OMS)
1	13.1	78.1	83.0	-65.0	1.542	1.599
2	13.2	73.2	83.0	-60.0	1.534	1.587
3	13.3	68.3	83.0	-55.0	1.531	1.579
4	13.4	63.4	83.0	-50.0	1.933	1.921