

REGIONE SICILIANA

ISOLA DI SALINA

(MESSINA)



COMUNE DI MALFA

REGIONE SICILIANA
Assessorato del Territorio e dell'Ambiente

IL PRESIDENTE DEL COMITATO COSTITUISCE ALLEGATO
AL D. D. N. 439 DEL 23 APR. 2004

IL DIRIGENTE COORDINATORE

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



PROGETTO DEFINITIVO

Aggiornato ai sensi della L.R. del 02 agosto 2002

ALL. 11.7 VERIFICA DI STABILITA' MANTELLATA

Aggiornato 28 MAR. 2003

Palermo,

MAG. 2001

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 SINDACO:



IL PROGETTISTA:
Ing. Francesco Giordano

FRANCESCO GIORDANO
Via L. 801/70 Tel. 091/6254745 - Fax 091/244912
90143 PALERMO



1 PREMESSE

L'opera prevista in progetto è costituita da una diga foranea a gettata formata con un nucleo in scogli di 1^a cat. e materiali provenienti dai salpamenti fino a quota +0.80 m avente scarpa foranea 4/3, mantellato con uno strato di rivestimento in scogli di 3^a e 2^a categoria dello spessore di 3,00m e mantellata foranea in massi artificiali tipo "Accropodi" del volume di 16.00 mc e dello spessore di 3,25m, con berma a quota +6.50 m della larghezza di 10.00 m e con scarpa foranea di 4/3; la mantellata formata da un singolo strato di massi accropodi dello spessore di 3,25 m, sarà incassata sul fondale in uno scanno della profondità di 2,60 m, ottenuto con l'escavo di una trincea di ammorsamento della mantellata stessa.

Il massiccio di sovraccarico sarà realizzato in conglomerato cementizio avente resistenza caratteristica R'_{bk} non inferiore a 200 Kg/cm², della larghezza di 10.00 m, posto a quota +0.60 m, di altezza pari a 3,40 m, sormontato da un muro paraonde che si eleva fino a quota +7.50 m sul l.m.m. avente coronamento di larghezza pari a 2.00 m e larghezza di base pari a 2,70 m.

L'opera foranea dalla progr. 50.00 m alla progr. 142.10 m sarà formata da un muro di sponda in massi cellulari antiriflettenti mantellato, imbasato a quota -5.50 m

Dalla progr. 50.00 m alla progr. 95.75 m lo scanno sarà formato da uno strato in pietrame dello spessore di 0.50 m previa escavazione e salpamento fino a quota -6.00 m; dalla progr. 95.75 m alla progr. 129.95 m lo

scanno sarà formato da due unghie in scogli di 3^a cat., avente, quella lato foraneo, una berma della larghezza di 4.00 m (a quota -5.50 m) con scarpa interna di 1/1 e foranea di 4/3, mentre l'unghia interna avrà larghezza della berma di 4.00 m, scarpa foranea di 1/1 e lato terra di 2/1; il riempimento per la formazione del piano di imbasamento dei massi cellulari posti a quota -5.50 m sarà realizzato con scogli di 1^a cat. e pietrame.

Il muro di sponda sarà costituito da tre ordini sovrapposti di massi cellulari delle dimensioni di 2.10 m x 6.00 m x 10.00 m in conglomerato cementizio armato avente resistenza caratteristica R'_{bk} non inferiore a 250 Kg/cmq, formati da 6 celle delimitate da 4 pareti esterne dello spessore di 35 cm, da 2 pareti interne longitudinali dello spessore di 35 cm, da 1 parete trasversale dello spessore di 35 cm; le celle lato terra saranno opportunamente forate, quelle interne saranno integralmente riempite con getti subacquei di calcestruzzo dosato con non meno di 300 kg di cemento pozzolanico per metro cubo di impasto. La connessione fra i massi sarà garantita da n. 4 profilati HE 140 per ogni cella non forata.

L'opera a gettata a protezione dei massi cellulari sarà formata da un nucleo in scogli di 1^a cat. e materiali provenienti dai salpamenti fino a quota +0.80 m sul l.m.m. ed avente scarpa 4/3; strato di transizione in scogli naturali di 2^a e 3^a categoria, dello spessore di 3.00 m e scarpa 4/3; mantellata in massi artificiali Accropodi dello spessore di 3,25 m, sarà incassata sul fondale in uno scanno della profondità di 2,60 m, ottenuto con l'escavo di una trincea di ammorsamento della mantellata stessa.

La testata dell'opera foranea dalla progr. 129.95 m alla progr. 142.10 m sarà formata con due pile di massi cellulari affiancati, con riccio in massi artificiali Accropodi con scarpa da 4/3.

Le sezioni tipo della diga foranea sono riportate negli **allegati da 1.1 e 1.4**.

2 STABILITA' IDRAULICA DELLA MANTELLATA IN MASSI ARTIFICIALI DELL'OPERA FORANEA.

1

Le verifiche di stabilità della mantellata foranea di una diga a gettata sono state messe a punto con una serie di modelli di verifica delle caratteristiche dei blocchi (lapidei o artificiali), ricavati con ricerche sperimentali su modelli idraulici in canali di prova.

La più nota relazione matematica che permette la determinazione delle dimensioni delle unità costituenti le mantellate è quella di Hudson.

La relazione si presenta nel seguente modo:

$$M = \frac{\gamma_c H^3}{K_d \delta^3 \cot g \alpha} \quad (1.1)$$

dove:

M = peso del singolo blocco di mantellata (kg);

γ_c = peso specifico del blocco (kg/m^3);

H = altezza dell'onda di progetto (m);

K_d = coefficiente di stabilità;

$\delta = (\gamma_c / \gamma_w - 1)$; γ_c = peso specifico del blocco; γ_w = peso specifico dell'acqua.

Il coefficiente K_d è scelto in funzione del grado di danneggiamento (movimento degli elementi).

Tale coefficiente fu ricavato per condizioni di moto ondoso regolare e per la condizione di danno variabile da 0% a 5%.

La percentuale che quantifica il danno è data dal rapporto tra il volume complessivo dei massi spostati ed il volume totale della mantellata.

La formula di Hudson presenta degli indubbi vantaggi quali la semplicità, la vasta gamma unità di mantellate e configurazioni a cui può essere applicata, ma presenta anche molte limitazioni che possono essere così riassunte:

- ridotta potenzialità della scala di applicazione del modello, in relazione alle piccole scale con le quali sono stati condotti la maggior parte dei test;
- l'utilizzo di sole onde regolari;
- non si tiene conto della formula del periodo dell'onda e della durata della tempesta;
- non si tiene conto del livello del danno S ;
- la formula è applicabile soltanto a strutture non tracimabili e permeabili.

Sulla base di queste limitazioni, alcuni lavori condotti da Thompson e Shutter (1975), affiancati ad alcuni tests condotti dalla Delft Hydraulics (Van der Meer 1988), hanno permesso di modificare la relazione di Hudson scrivendola in funzione del parametro strutturale $H_s/\delta D_{n50}$, con H_s = altezza d'onda significativa, δ = densità relativa di galleggiamento, D_{n50} = diametro nominale del masso.

Per mantellate costituite da massi naturali sono state messe a punto due formule rispettivamente per onde *plunging* e per onde *surgng*.

Per onde *plunging* ($\xi_m \leq 2.5$):

$$\frac{H_s}{\delta D_{n50}} = 6,2 \cdot P^{0,18} \left(\frac{S}{\sqrt{N}} \right)^{0,2} \cdot \xi_m^{-0,5} \quad (1.2)$$

Per onde *surgng* ($\xi_m \geq 3.5$):

$$\frac{H_s}{\delta D_{n50}} = 1,0 \cdot P^{0,13} \cdot \left(\frac{S}{\sqrt{N}} \right)^{0,2} \cdot \sqrt{\cot \alpha \cdot \xi_m^P} \quad (1.3)$$

dove:

α e δ hanno lo stesso significato espresso nella formula di Hudson;

H_s = altezza d'onda significativa;

P = fattore teorico di permeabilità (variabile fra 0.1 e 0.6);

S = livello del danno;

ξ_m = parametro di similarità del frangente

N = numero di onde = durata dell'evento/ T_1 (periodo dell'onda);

Il livello di danneggiamento "S" è espresso come rapporto A_e/D_{n50}^2 , con A_e area della sezione trasversale erosa dalla mareggiata rispetto al profilo originale.

$\xi_m = \tan \alpha / \sqrt{H/L_0}$ è il parametro di frangimento (numero di Iribarren), con H/L_0 parametro di ripidità dell'onda, dove H è l'altezza dell'onda significativa davanti alla struttura ed L_0 = lunghezza al largo riferita al periodo medio T_m .

La relazione del Van der Meer pone poi in evidenza il grado di danneggiamento ammissibile "S", che, sfruttando la nota "flessibilità" delle dighe a gettata, il progettista può correlare alla rarità dell'evento ondoso considerato nello studio, all'importanza dell'opera, ecc.

Il danno iniziale viene valutato per $S = 2 \div 3$ ed in rapporto al criterio della formula di Hudson, che da 0÷5% di danno. Un livello di danno tollerabile si identifica per S variabile 5÷8; per S variabile 8÷12 si parla invece di danno compatibile, mentre per valori più alti di 12 la deformazione della struttura diventa pregiudizievole per la stabilità della stessa.

Sono disponibili formule analoghe per i più comuni massi artificiali di calcestruzzo, con diversa definizione di danneggiamento, non essendo, per elementi di calcestruzzo, tollerabili spostamenti dei massi anche in assenza di erosione del profilo.

Il danno per unità artificiali in calcestruzzo formanti la mantellata può essere descritto dal numero del danno N_0 che in generale individua il numero delle unità rimosse e oscillanti, relative ad una larghezza pari al diametro nominale D_0 delle unità considerate (lungo l'asse longitudinale del frangionde), nel caso dei massi cubici per diametro nominale si intende un lato del masso stesso.

La descrizione del danno utilizzata è la seguente:

N_{od} = unità rimosse della mantellata

N_{or} = unità oscillanti

N_{omov} = unità mobili

in cui $N_{omov} = N_{od} + N_{or}$.

La descrizione di N_{od} è sostanzialmente comparabile con la definizione di S ; sebbene con S si tiene conto della porosità della mantellata.

In generale si può dire che S è circa due volte N_{od} .

L'influenza del periodo d'onda sarà data dalla ripidità dell'onda S_m . In definitiva le formule finali per la stabilità di unità in calcestruzzo includono il livello del danno N_{od} , il numero d'onde N e la ripidità dell'onda $S_m = H_{s\ crit} / L_0$.

L'influenza riguardante i blocchi artificiali in calcestruzzo si presenta nel seguente modo:

$$H_{s\ crit} / \delta D_n = (3,75 N_{od}^{0.5} / N^{0.25} + 0,85) (H_{s\ crit} t / L_0)^{-0.2} \quad (1.4)$$

dove:

N = numero d'onde

L_0 = lunghezza d'onde su profondità infinita corrispondente
al periodo medio T ($T=0,78 T_p$)

$H_{s \text{ crit}}$ = altezza significativa tale per cui una prefissata percentuale di blocchi
della

mantellata viene spostata

N_{od} = grado di danneggiamento prefissato = $N_{tot} D_n / l$

N_{tot} = numero di blocchi rimossi

D_n = diametro nominale = $\sqrt[3]{P/\gamma_0}$ (P = peso blocco e γ_0 = peso specifico del
blocco)

l = lunghezza diga

Quanto allo spettro, l'espressione (5.3.4), come in generale tutte le espressioni di
questo tipo, è stata ottenuta mediante prove di laboratorio con onde irregolari
cilindriche.

Dunque, non c'è un spettro direzionale, c'è solo uno spettro di frequenza per il
quale si fissa di solito una forma caratteristica degli spettri delle onde di vento (tipo
Jonswap).

Adoperato il criterio di nessun danno $N_{od} = 0$ la relazione diventa:

$$H_s / \delta D_n = 0.85 S_m^{-0.2}$$

dove:

H_s = altezza d'onda significativa

δ = densità relativa al galleggiamento.

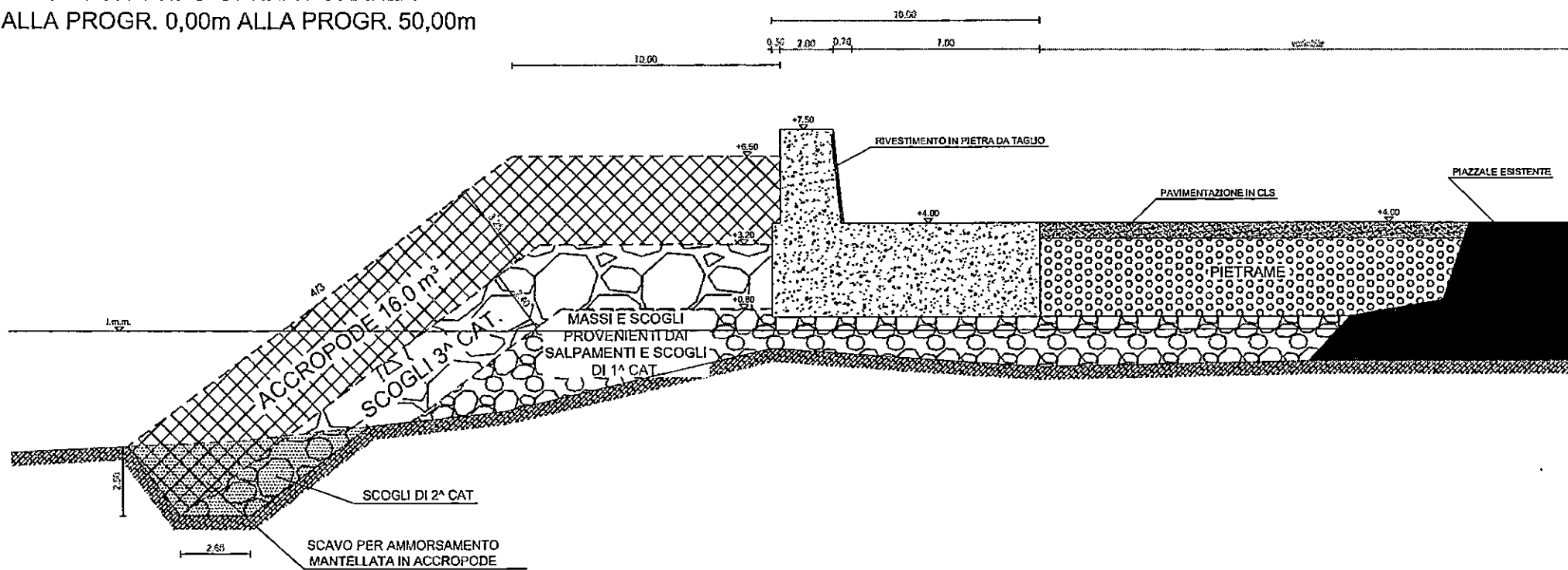
Nel caso in esame, per la verifica della mantellata si è presa in considerazione la sezione della difa foranea descritta nelle premesse.

Dalle risultanze dello studio idraulico-marittimo come onda di progetto si è considerata quella corrispondente ad un tempo di ritorno di 30 anni avente $H_s=8,15\text{m}$ e $T=7,56\text{s}$.

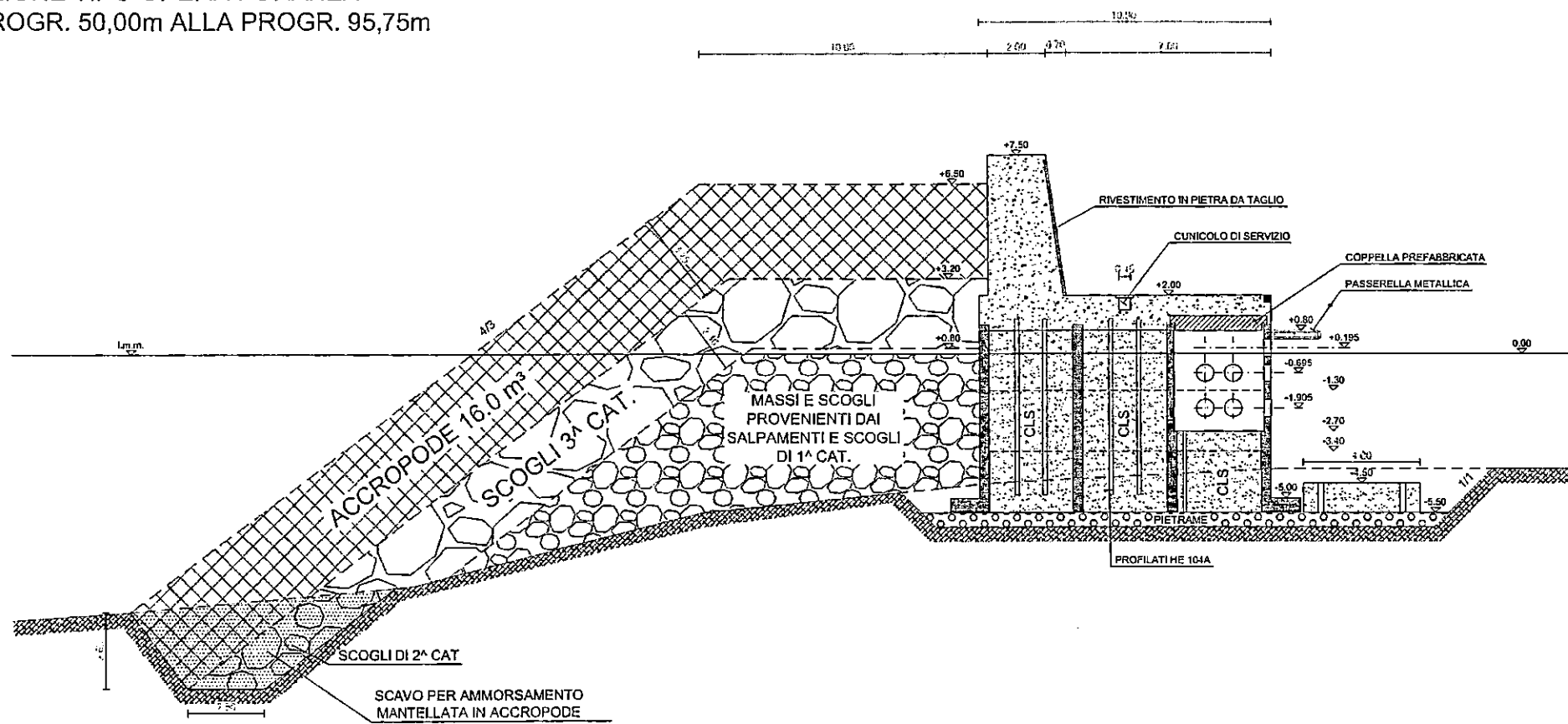
Il modello è stato applicato considerando la mantellata formata con massi artificiali tipo accropodi del volume di 16mc , per tre valori del peso Specifico ($\gamma_b=2.300\text{Kg/mc}$; $\gamma_b=2.400\text{Kg/mc}$; $\gamma_b=2.500\text{Kg/mc}$), per un numero d'onde $N=3.000$, $N=5.000$ e $N=7.500$.

I grafici riportati nelle **Figg. da 2.1 a 2.9** mostrano che i massi accropodi volume di 16mc soddisfano le condizioni di stabilità in relazione agli attacchi ondosi presi in esame.

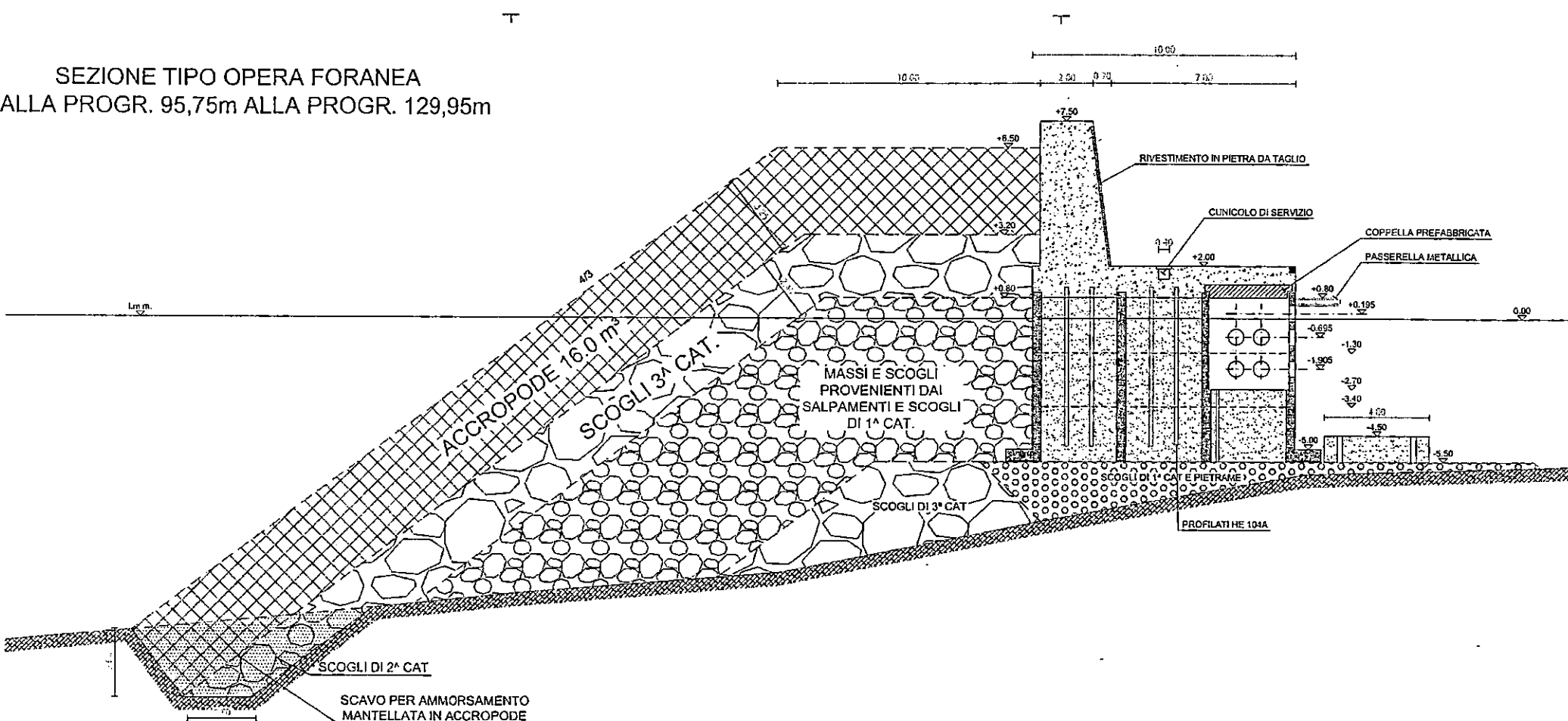
SEZIONE TIPO OPERA FORANEA
DALLA PROGR. 0,00m ALLA PROGR. 50,00m

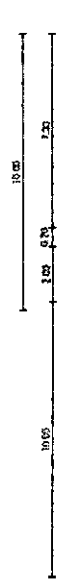


SEZIONE TIPO OPERA FORANEA
DALLA PROGR. 50,00m ALLA PROGR. 95,75m

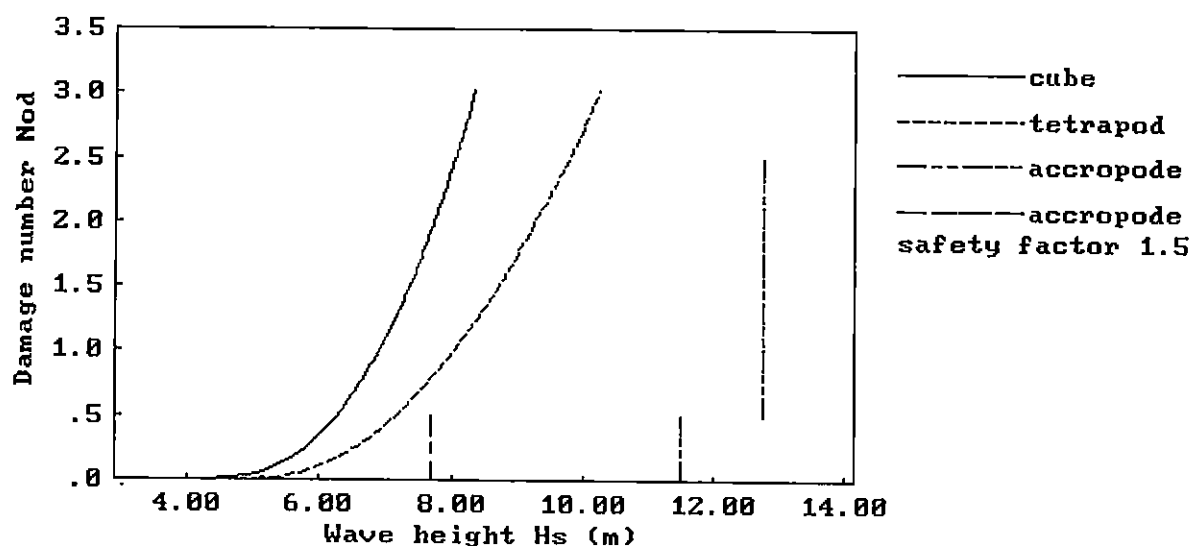


SEZIONE TIPO OPERA FORANEA
DALLA PROGR. 95,75m ALLA PROGR. 129,95m





Damage curves concrete units



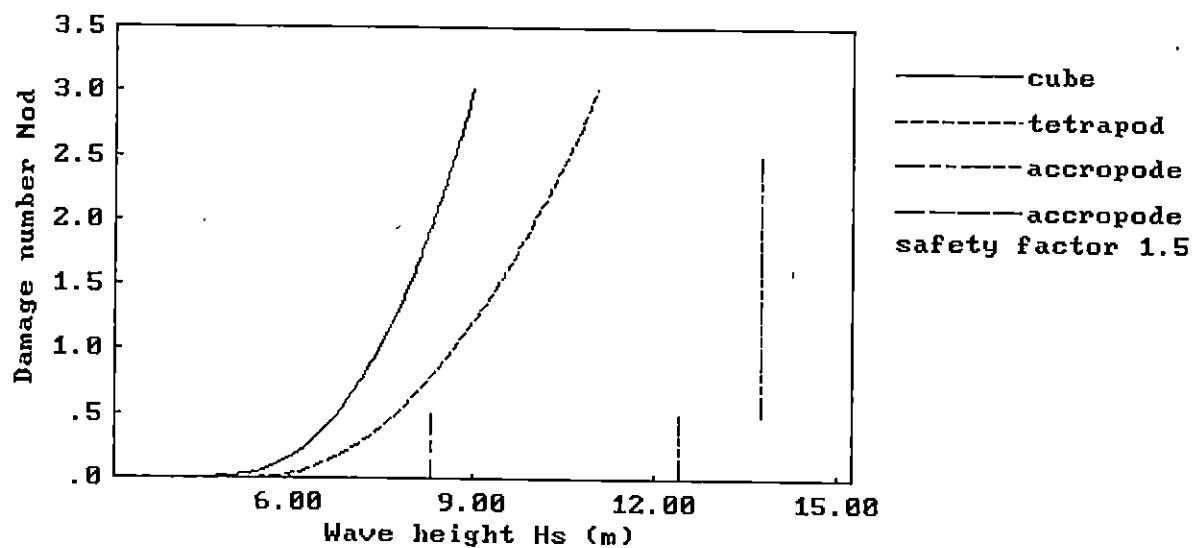
Stability curves concrete units:

Combined graph: Cubes, Tetrapods and Accropode

Input :

mass of unit	: M	= 36800.000 (kg)
mass density of unit	: rho-a	= 2300 (kg/m3)
mass density of water	: rho-w	= 1030 (kg/m3)
wave steepness	: sm	= .040 (-)
number of waves	: N	= 3000 (-)

Damage curves concrete units



Stability curves concrete units:

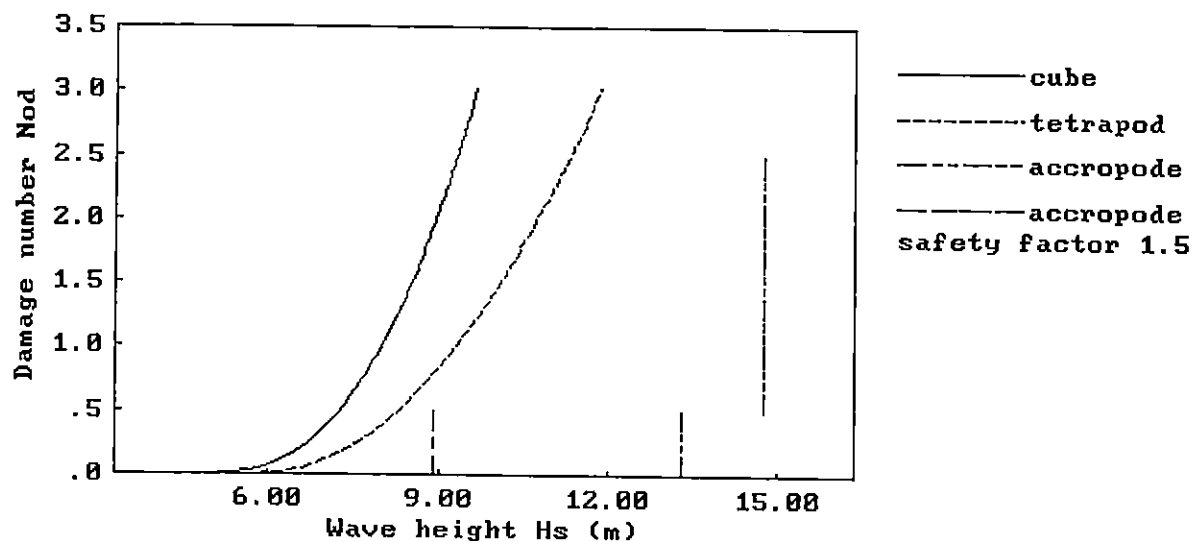
Combined graph: Cubes, Tetrapods and Accropode

Input :

mass of unit	: M	= 38400.000 (kg)
mass density of unit	: rho-a	= 2400 (kg/m3)
mass density of water	: rho-w	= 1030 (kg/m3)
wave steepness	: sm	= .040 (-)
number of waves	: N	= 3000 (-)

Fig. 2.2

Damage curves concrete units



Stability curves concrete units:

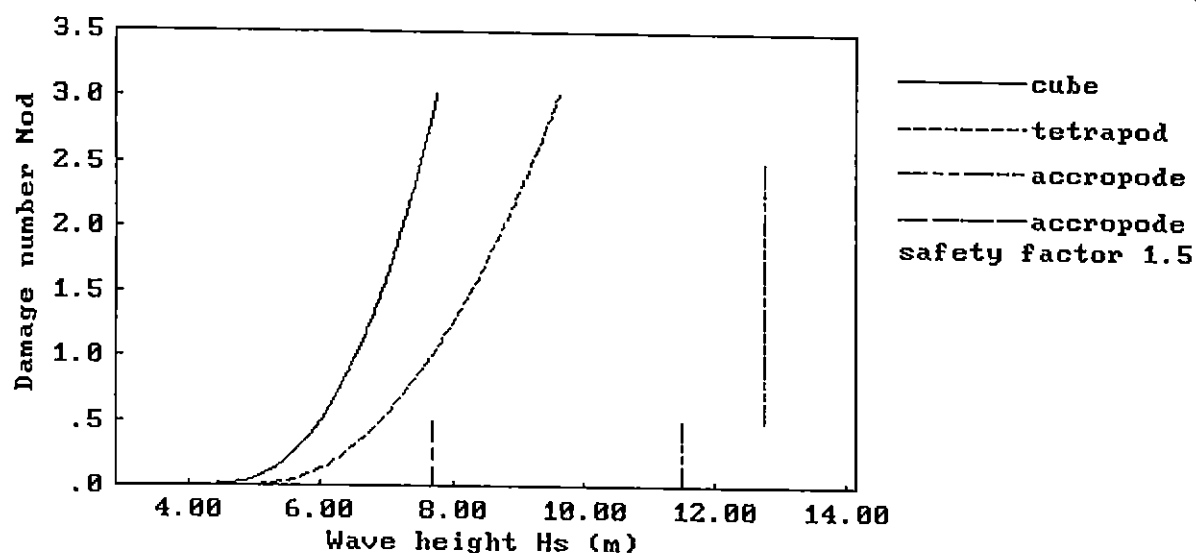
Combined graph: Cubes, Tetrapods and Accropode

Input :

mass of unit	: M	= 40000.000 (kg)
mass density of unit	: rho-a	= 2500 (kg/m3)
mass density of water	: rho-w	= 1030 (kg/m3)
wave steepness	: sm	= .040 (-)
number of waves	: N	= 3000 (-)

Fig. 2.3 :

Damage curves concrete units



Stability curves concrete units:

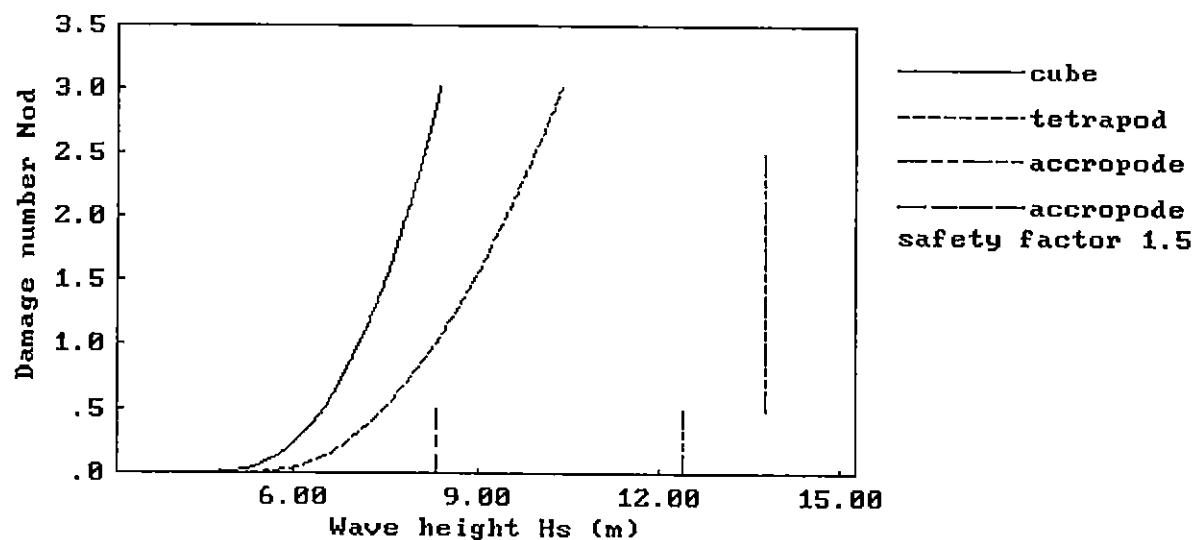
Combined graph: Cubes, Tetrapods and Accropode

Input :

mass of unit	: M	= 36800.000 (kg)
mass density of unit	: rho-a	= 2300 (kg/m3)
mass density of water	: rho-w	= 1030 (kg/m3)
wave steepness	: sm	= .040 (-)
number of waves	: N	= 5000 (-)

Fig. 2.4

Damage curves concrete units



Stability curves concrete units:

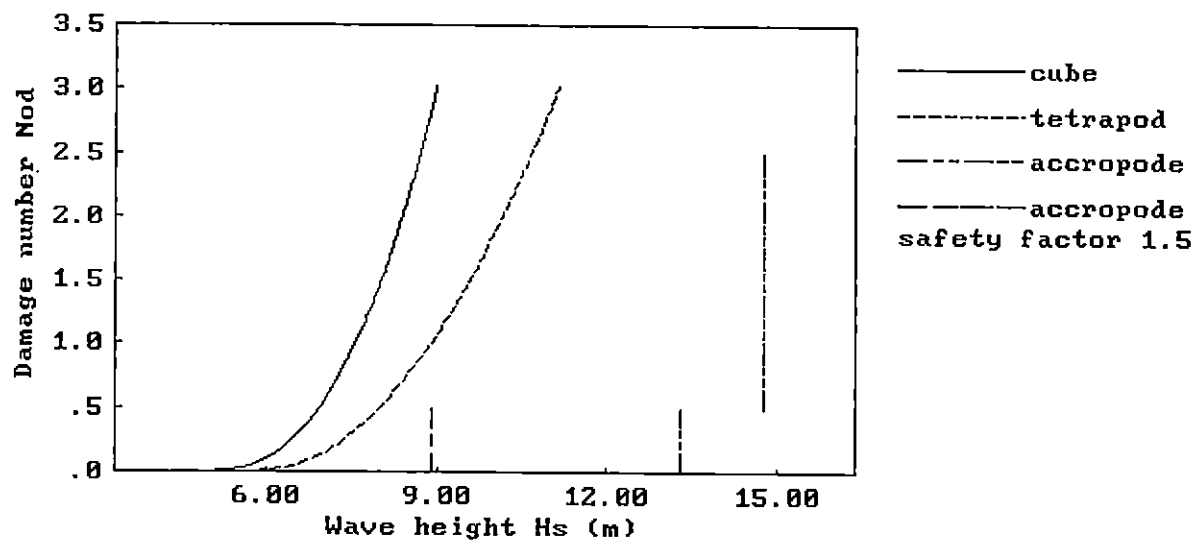
Combined graph: Cubes, Tetrapods and Accropode

Input :

mass of unit	: M	= 38400.000 (kg)
mass density of unit	: rho-a	= 2400 (kg/m3)
mass density of water	: rho-w	= 1030 (kg/m3)
wave steepness	: sm	= .040 (-)
number of waves	: N	= 5000 (-)

Fig. 2.5

Damage curves concrete units



Stability curves concrete units:

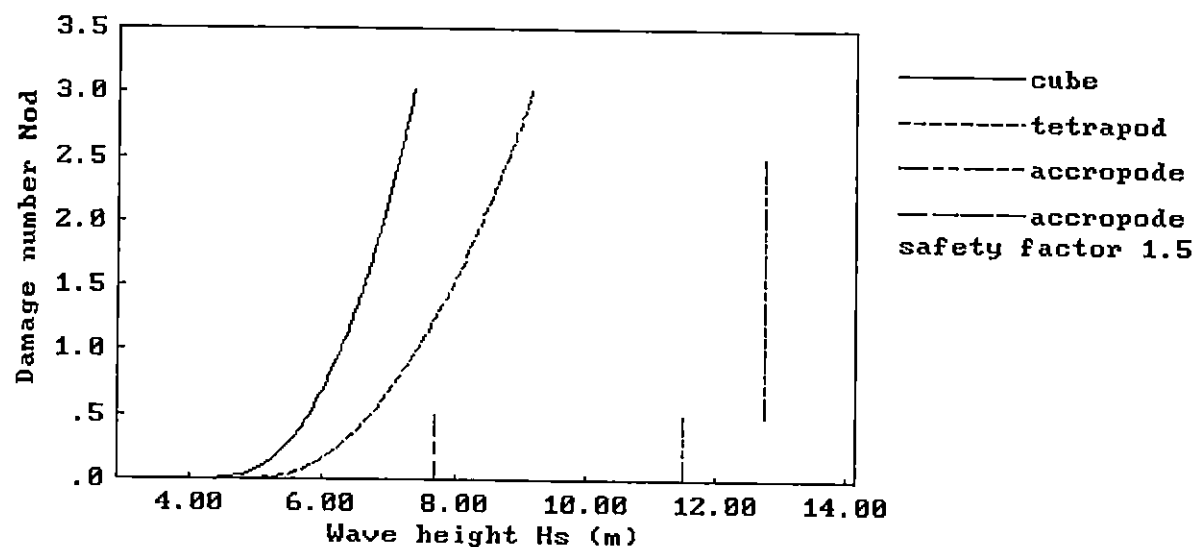
Combined graph: Cubes, Tetrapods and Accropode

Input :

mass of unit	: M	= 40000.000 (kg)
mass density of unit	: rho-a	= 2500 (kg/m3)
mass density of water	: rho-w	= 1030 (kg/m3)
wave steepness	: sm	= .040 (-)
number of waves	: N	= 5000 (-)

Fig. 2.6

Damage curves concrete units



Stability curves concrete units:

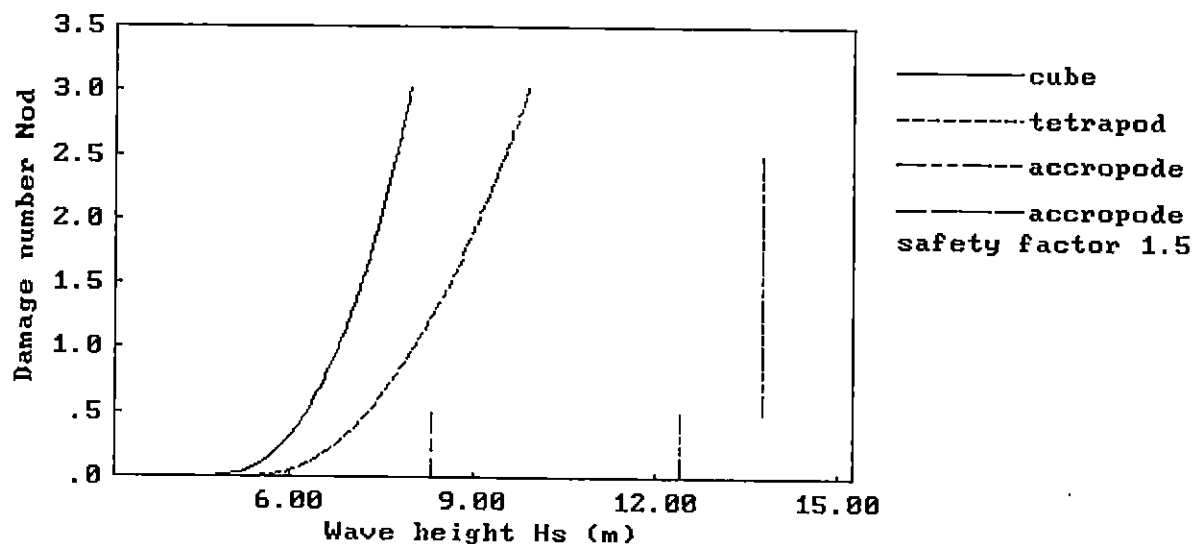
Combined graph: Cubes, Tetrapods and Accropode

Input :

mass of unit	: M	= 36800.000 (kg)
mass density of unit	: rho-a	= 2300 (kg/m3)
mass density of water	: rho-w	= 1030 (kg/m3)
wave steepness	: sm	= .040 (-)
number of waves	: N	= 7500 (-)

Fig. 2.7

Damage curves concrete units



Stability curves concrete units:

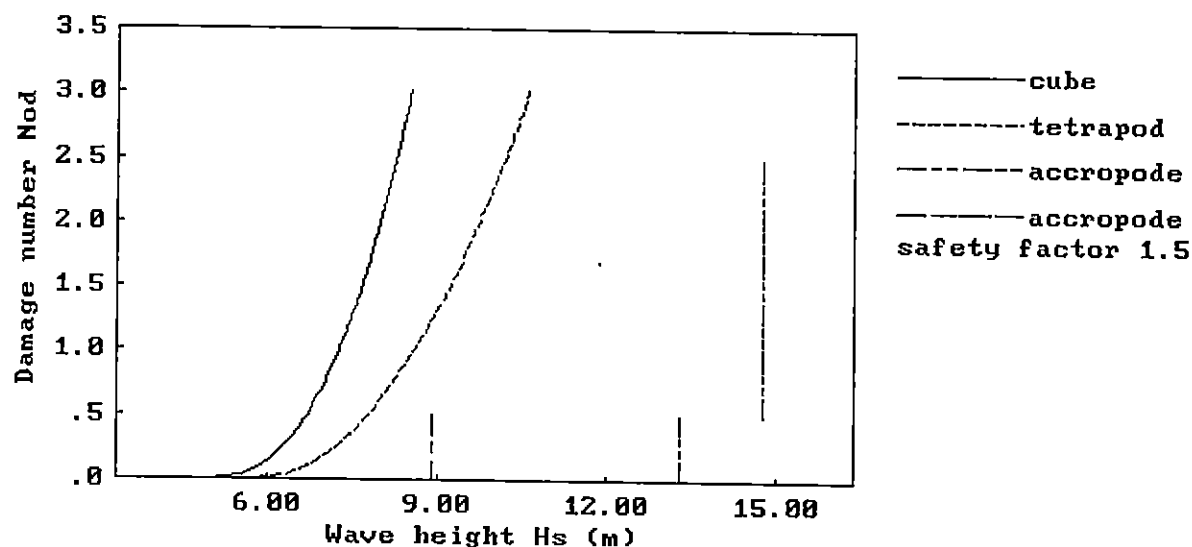
Combined graph: Cubes, Tetrapods and Accropode

Input :

mass of unit	: M	= 38400.000 (kg)
mass density of unit	: rho-a	= 2400 (kg/m3)
mass density of water	: rho-w	= 1030 (kg/m3)
wave steepness	: sm	= .040 (-)
number of waves	: N	= 7500 (-)

Fig. 2.8

Damage curves concrete units



Stability curves concrete units:

Combined graph: Cubes, Tetrapods and Accropode

Input :

mass of unit	: M	= 40000.000 (kg)
mass density of unit	: rho-a	= 2500 (kg/m3)
mass density of water	: rho-w	= 1030 (kg/m3)
wave steepness	: sm	= .040 (-)
number of waves	: N	= 7500 (-)

Fig. 2.9

