



Amministrazione Provinciale di Pesaro e Urbino

Servizio 4.1 Urbanistica - Pianificazione Territoriale - VIA - VAS - Aree Protette



RISERVA NATURALE STATALE "GOLA DEL FURLO"

PROGETTO ESECUTIVO

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI RETI DI PROTEZIONE ED ALTRE OPERE E ATTIVITA' COMPLEMENTARI SULLE PARETI ROCCIOSE SOGGETTE A CROLLO SOVRASTANTI LA VIA FLAMINIA, NEL TRATTO COMPRESO TRA LA GALLERIA ROMANA E LA LOCALITA' FURLO. Comuni di Acqualagna e Fermignano

OGGETTO

Relazione di calcolo delle strutture

PROVINCIA DI PESARO E URBINO
Presidente
Matteo Ricci

Gruppo di lavoro

Coordinatore del progetto

Arch. Maurizio Bartoli

Responsabile Unico del Procedimento - RUP

Geom. Luciano Lombardi

Collaboratore del RUP

Sig.ra Marta Giacchella (procedure e funzioni amministrative)

Progettazione

Geom. Tiziana Diambra (progettazione generale)

Dott. Leonardo Gubellini (aspetti botanico - vegetazionali)

Dott. Geol. Massimo Del Prete (aspetti geologici - geotecnici)

Ing. Mario Primavera (consulenza ingegneristica e calcoli strutturali)

Dis. Simone Ridolfi (grafica e disegno)

Direzione lavori

Ing. Mario Primavera (responsabile)

Collaboratori della D.L.:

Dott. Geol. Massimo Del Prete (aspetti geologici - geotecnici)

Geom. Luciano Lombardi (contabilità)

Elaborato

P.4

Elaborazione

Aprile 2012

Aggiornamento

Ottobre 2012

Relazione di calcolo strutturale della Barriera con capacità dissipativa di $E_p = 500 \text{ kJ}$

1. PREMESSA

Negli ultimi anni c'è stata una crescente sensibilizzazione da parte delle pubbliche amministrazioni verso il fenomeno denominato "caduta massi".

Con tale termine si intende il distacco e successivo movimento verso valle di blocchi rocciosi delle dimensioni comprese fra 0.02 m³ e 5 m³ con velocità che possono raggiungere e talora superare i 30 m/s.

Tale fenomeno rappresenta uno dei rischi geologici più frequenti nel territorio nazionale, in particolar modo negli ambienti montani, con gravi conseguenze sulla percorribilità dei tratti viari, sulle infrastrutture, e conseguenti gravi disagi ai centri abitati.

Anche nella loro forma più semplice, le barriere in questione presentano indubbi vantaggi rispetto ad altri sistemi di difesa passiva che consistono principalmente, nel limitato impatto ambientale arrecato, nei costi contenuti, nella rapidità di esecuzione dell'intervento, nella facile manutenzione od eventuale ripristino della struttura, nell'ingombro ridotto e nelle prestazioni elevate.

Una qualsiasi struttura riesce ad assorbire una quantità di energia cinetica, sviluppata in seguito ad un urto, tanto più elevata, quanto migliori sono le sue caratteristiche di deformabilità.

Il corretto funzionamento di una barriera dipende in maniera preponderante dal dimensionamento dei componenti della struttura, i principali elementi sono:

- Le reti, che costituiscono la struttura principale di intercettazione dei blocchi (fig.1.1).



Figura 1.1: Esempio di pannello di rete ad anelli di fune di acciaio

- I montanti, che servono a mantenere dispiegate le reti e la cui funzione statica è indispensabile al funzionamento della barriera;
- Gli ancoraggi, elementi fondamentali della struttura di fondazione, il cui dimensionamento deve assicurare resistenza alle sollecitazioni sia in campo statico che dinamico (fig.1.2);



Figura 1.2: Particolare di un ancoraggio alla parete rocciosa

- I dispositivi di frenaggio o dissipatori di energia, che contribuiscono all'attenuazione dell'urto ed entrano in funzione quando la capacità di assorbimento della rete è esaurita. Vengono inseriti nelle funi di ancoraggio e sulle funi longitudinali superiori e inferiori (fig. 1.3);



Figura 1.3: Particolare di dissipatore di energia ad anello

- Le funi, che collegano la superficie di intercettazione alle fondazioni, normalmente dimensionate in considerazione del carico massimo agente dopo un impatto che sviluppa un'energia di classe pari a quella della barriera.

Con la presente relazione si valuta l'energia di dissipazione di una barriera paramassi a geometria variabile ad alto assorbimento di energia con capacità dissipativa di $E_p = 500 \text{ kJ}$; si dimensionano gli elementi che la compongono e da tempo collaudati.

La barriera in oggetto verrà realizzata con una rete metallica sostenuta da montanti in acciaio, con funi di rinforzo ancorate ai montanti stessi e con elementi dissipatori (freni). L'efficienza della barriera è assicurata dall'azione combinata dei singoli elementi, che compongono la barriera e che saranno dimensionati in modo tale da garantire la resistenza necessaria ad assorbire l'energia cinetica del masso di progetto. Le barriere elastoplastiche di questo tipo offrono, rispetto ai paramassi rigidi, una migliore attitudine intrinseca a smorzare l'irto di un corpo di dimensioni e peso considerevole, quale può essere un masso in caduta lungo un pendio, in virtù di una notevole deformabilità elastica e plastica che riesce a mettere in gioco la collaborazione di più elementi resistenti.

2. CARATTERISTICHE DELLA BARRIERA

Tutte le tipologie di kit paramassi sono realizzate mediante la successione di uno o più moduli funzionali; il contenuto minimo di un kit rientrante nelle linee guida ETAG 027 è di tre moduli funzionali identici (3FM).

Questa possibilità di assemblaggio del prodotto permette di adeguare la lunghezza della struttura all'estensione delle opere da proteggere e di seguire agevolmente la conformazione planoaltimetrica del terreno.

Nella seguente figura 1.4 è rappresentato uno schema assonometrico che descrive qualitativamente un generico kit paramassi collaudato nelle prove.

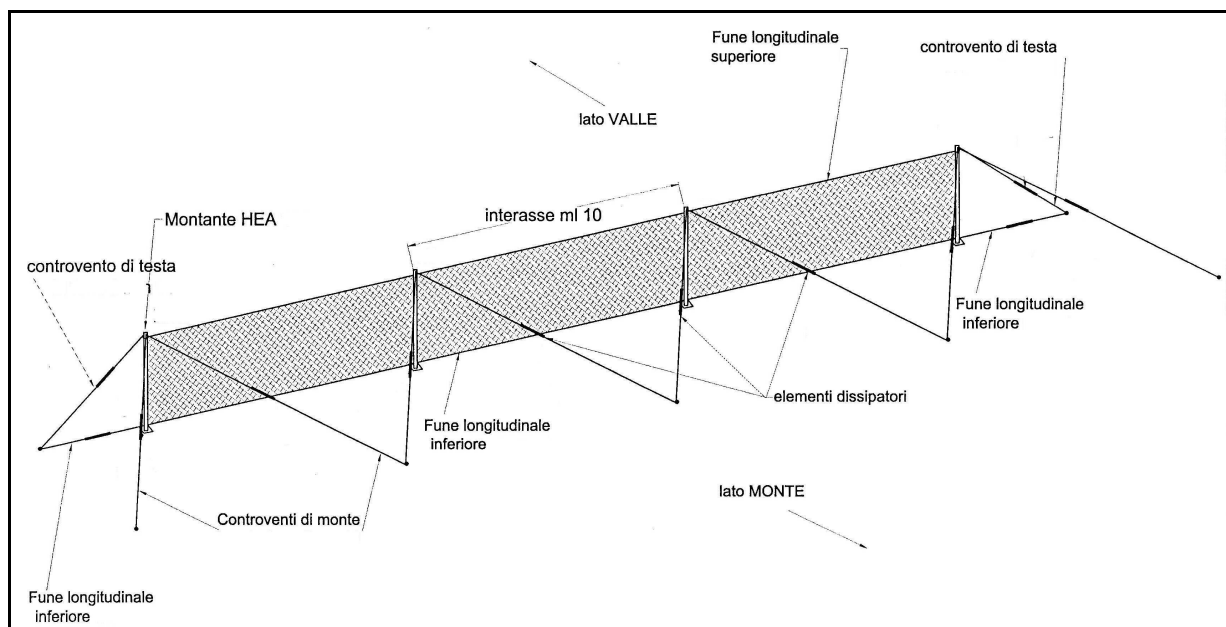


Figura 1.4: Schema assonometrico di un kit paramassi tipo

La descrizione qualitativa di un generico kit paramassi può partire dalla scomposizione in quattro elementi costituenti fondamentali:

- **struttura di intercettazione:** questa è usualmente costituita da una o più reti metalliche sovrapposte, la rete principale è composta da cavi o fili metallici

collegati in vari modi: si possono adottare maglie quadrate di fune connesse da borchie (questa variante prevede che nella denominazione del modello del kit venga contrassegnata la lettera B, vedi fig.1.6 o anelli di fune reciprocamente interconnessi (in questo caso il kit sarà contrassegnato dalla lettera A, vedi fig.1.5.).

E' opportuno specificare che il pannello di tipo A, essendo più resistente, viene utilizzato per i kit paramassi ad elevata capacità di assorbimento di energia. La rete secondaria è composta da pannelli in rete metallica più fitta a doppia torsione a maglie esagonali, allo scopo di intercettare gli elementi lapidei di dimensioni ridotte. La funzione della struttura di intercettazione è quella di sostenere direttamente l'urto del blocco e di trasmettere le sollecitazioni generate alle strutture di sostegno, di raccordo e di fondazione.

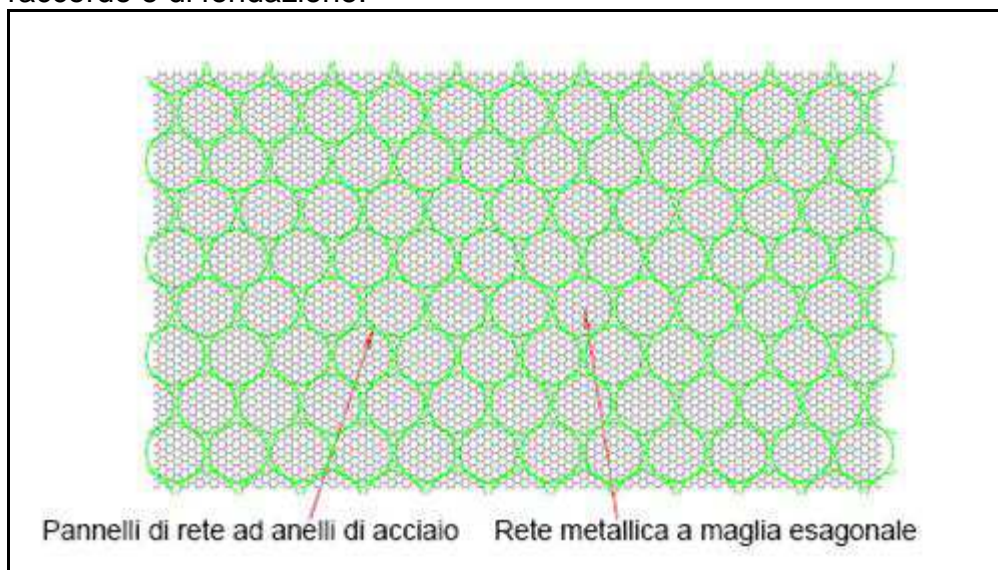


Figura 1.5: Esempio di struttura di intercettazione di tipo A

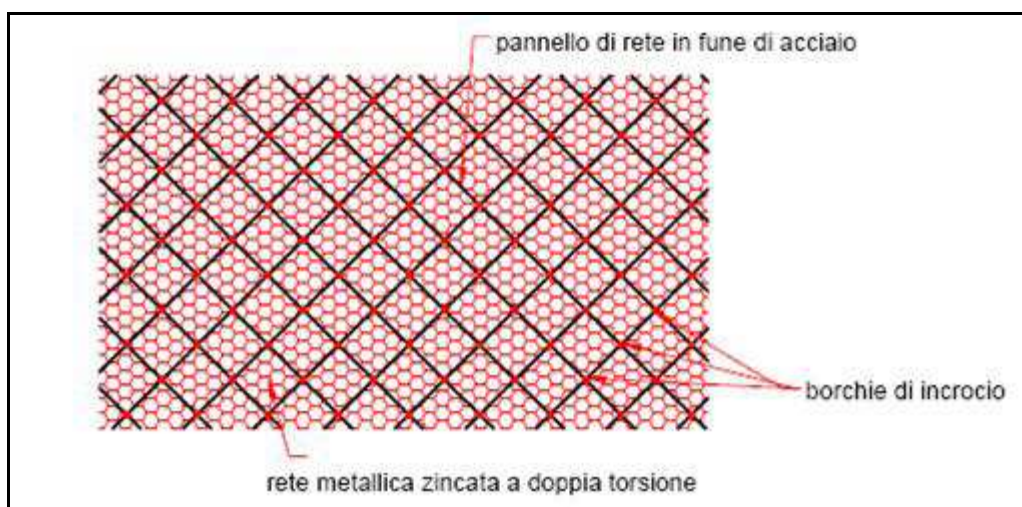


Figura 1.6: Esempio di struttura di intercettazione di tipo B

- **struttura di sostegno:** costituita da pali in acciaio (tubolari o profilati metallici) di dimensioni dipendenti dalla classe di assorbimento energetico del relativo kit. I pali (o montanti) sono posti ad interassi costanti di 10 m e collegati alla struttura di fondazione tramite snodi a cerniera mono o bidirezionali che permettono la rotazione rispetto a piani predefiniti (vedi fig.1.7).

La loro funzione è di mantenere dispiegata la struttura di intercettazione;

- **struttura di raccordo:** costituita da cavi (o controventi) metallici di monte, valle e laterali, che hanno la funzione di mantenere nella corretta posizione i pali di sostegno e trasmettere le sollecitazioni agli elementi di fondazione; inoltre appartengono a questa categoria le funi longitudinali inferiori e superiori che contribuiscono al sostegno della struttura di intercettazione.

Tutti i cavi appena esposti possono essere provvisti di elementi in grado di dissipare energia ('dissipatori di energia' o 'freni') grazie alla possibilità di un allungamento controllato.

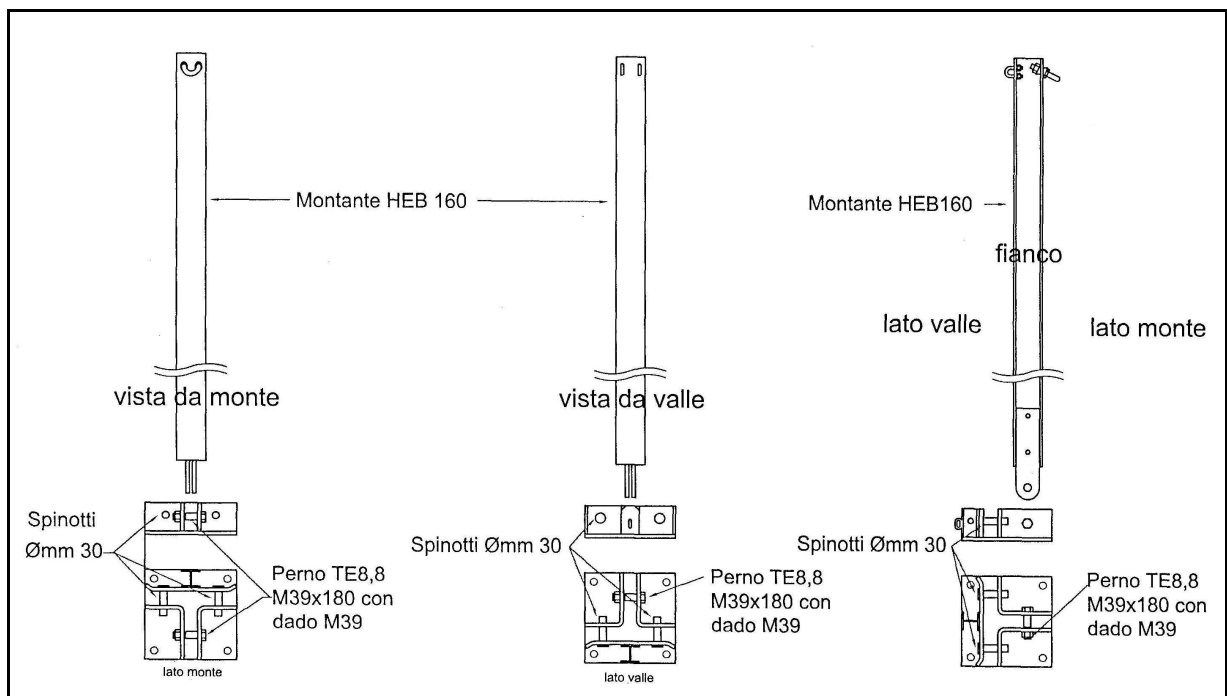


Figura 1.7: Esempio di montanti e relative piastre di appoggio costituenti la struttura di sostegno

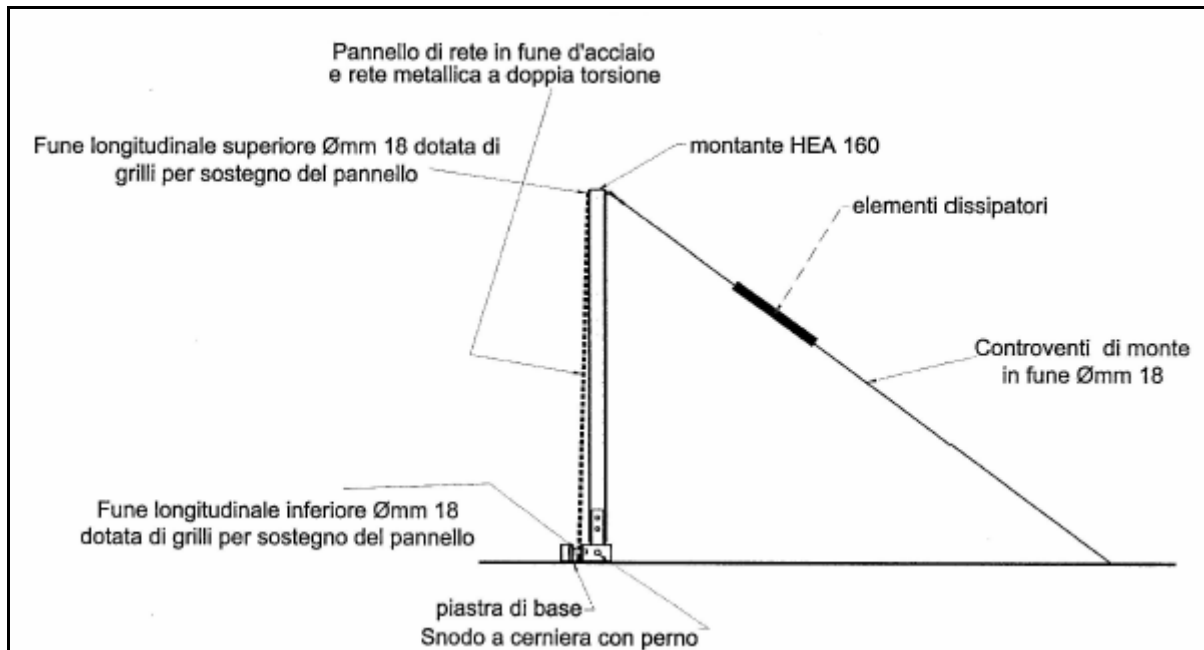


Figura 1.8: Esempio di vista laterale di barriera paramassi in cui sono evidenziati i cavi di monte, le funi longitudinali inferiori e superiori e gli elementi dissipatori.

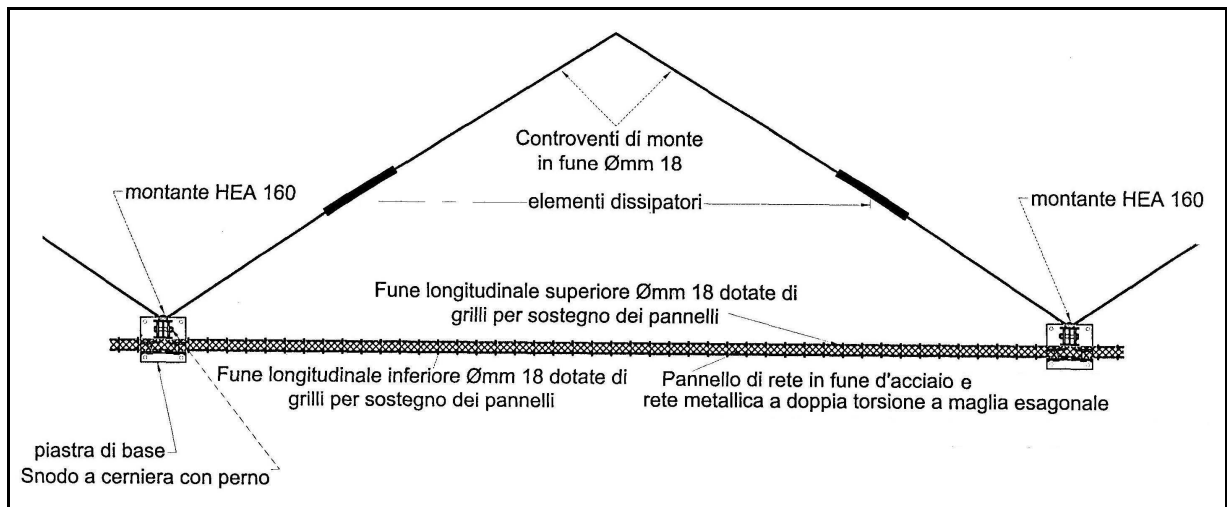


Figura 1.9: Sezione in pianta in cui sono evidenziati i cavi di monte, le funi longitudinali inferiori e superiori e gli elementi dissipatori.

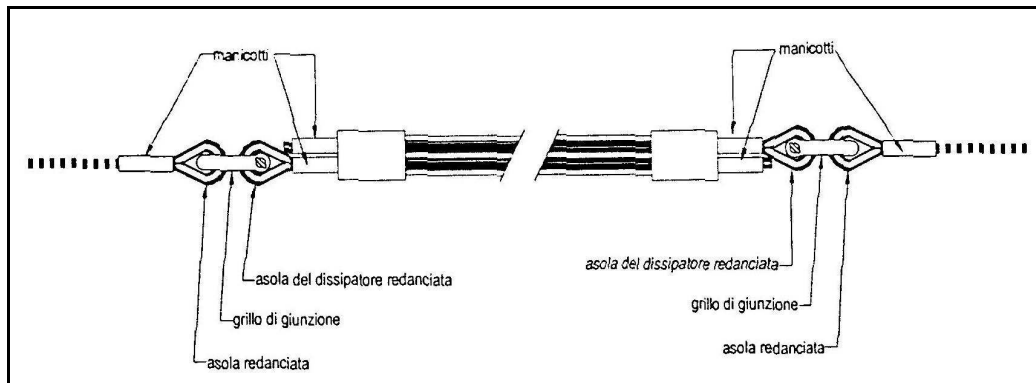


Figura 1.10: Particolare del collegamento fra il dissipatore d'energia e il cavo della barriera su cui è installato

struttura di fondazione: costituita da piastre d'appoggio vincolate al terreno da elementi rigidi come barre metalliche o micropali oppure da elementi flessibili come funi metalliche cementate nel relativo foro (fig.1.11). Grazie a queste il kit paramassi riesce a scaricare al terreno le sollecitazioni derivanti dalle prove d'urto.

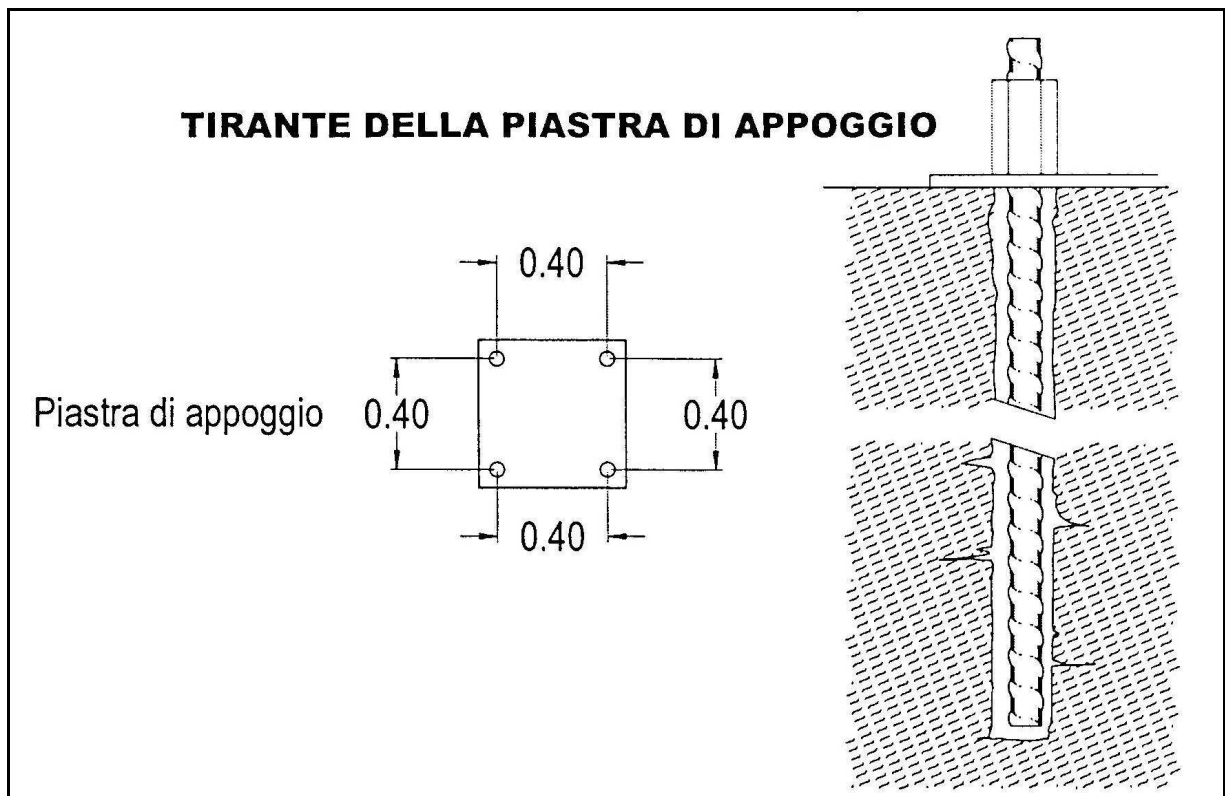


Figura 1.11: Particolare di piastra d'appoggio e relativo tirante

In fine si annota che le connessioni fra i vari elementi delle barriere avvengono attraverso morsetti, redance e grilli, inoltre il dimensionamento di ogni singolo elemento costruttivo è dipendente dalla classe di assorbimento energetico del kit in prova.

Ora verranno analizzate nel dettaglio le specifiche tecniche del kit paramassi da 500 KJ preso in esame e collaudato dal Dipartimento DISTART dell'Università di Bologna. Le caratteristiche tecniche dei kit sono fornite dalle rispettive case costruttrici in apposite schede insieme ai relativi manuali di montaggio, come imposto dalle recenti linee guida.

Tutti i materiali costituenti la barriera avranno caratteristiche meccaniche e fisiche minime non inferiori a quanto riportato nella tabella seguente.

Classe assorb.energia	500 KJ
Montanti	In acciaio 8235 EN 10025, forma tubolare diametro = 114.3 mm spessore 4.0 mm, con cerniera ed elementi passafune in acciaio S235 EN 10025
Piastre di base	In acciaio S235 EN 10025, a forma rettangolare con lati di 600 mm e 250 mm, spessore 100 mm, con dispositivo passafune per la fune longitudinale inferiore, dispositivo di svincolo con bulloni a rottura, elemento di protezione delle fondazioni è predisposta con n. 2 fori da 40 mm per l'ancoraggio con i tirafondi di fondazione.
Snodo a cerniera con perno	In acciaio S235 EN avente diametro da 30.mm
Pannelli di rate in fune	In acciaio da mm 8 aventi classe di resistenza 1766 N/mm ² , a carico di rottura 40,6 kN, costruita secondo norma UNI ISO 2408, avente maglia quadrata (300x300 mm), bloccate agli incroci mediante borchie a semiguscio in acciaio galvanizzato chiuse a pressione.
Rete metallica	A doppia torsione filo diametro 2.7 mm, a maglia esagonale 80 x 100 mm.
Controventi di monte	In fune di acciaio aventi diametro 16 mm a 114 fili (6(1+6+12)+AM) costruzione crociata destra, avente classe di resistenza 1766 N/mm ² a carico di rottura 161.0 kN costruita secondo norma UNI ISO 2408 dotati di cappio manicottato.
Controventi di testa	In fune di acciaio aventi diametro 16 mm a 114 fili (6(1+6+12)+AM) costruzione crociata destra, avente classe di resistenza 1766 N/mm ² a carico di rottura 161.0 kN costruita secondo norma UNI ISO 2408 dotati di cappio manicottato e dispositivo dissipatore.
Funi di collegamento di testa	In fune di acciaio aventi diametro 16 mm a 114 fili (6(1+6+12)+AM) costruzione crociata destra, avente classe di resistenza 1766 N/mm ² a carico di rottura 161.0 kN costruita secondo norma UNI ISO 2408 dotati di cappio manicottato.
Fune longitudinale superiore	In fune di acciaio aventi diametro 16 mm a 114 fili (6(1+6+12)+AM) costruzione crociata destra, avente classe di resistenza 1766 N/mm ² a carico di rottura 161.0 kN costruita secondo norma UNI ISO 2408 dotati di cappio manicottato.
Fune longitudinale inferiore	In fune di acciaio aventi diametro 16 mm a 114 fili (6(1+6+12)+AM) costruzione crociata destra, avente classe di resistenza 1766 N/mm ² a carico di rottura 161.0 kN costruita secondo norma UNI ISO 2408 dotati di cappio manicottato.
Morsetti	A cavallotto per funi da 16 mm – DIN 741

Redance	Secondo Norma DIN 6899 per funi diametro da 16 mm.
Dissipatori di energia	Tubolari aventi diametro da 28 mm entro cui scorrono le funi di compressione in acciaio aventi diametro 16 mm a 114 fili (6(1+6+12)+AM) costruzione crociata destra, avente classe di resistenza 1766 N/mm ² a carico di rottura 161.0 kN costruita secondo norma UNI ISO 2408 e tamponi in alluminio forati. Le funi sono assemblate nel dissipatore in senso inverso e simmetrico. Le funi sono dotate ad una estremità di asola con redaccia DIN 6899 e chiuse con manicotto in alluminio pressato del tipo Talurit a norma DIN 3093 e all'altra estremità da un analogo manicotto avente le funzioni di fine corsa. Le funi vengono assemblate nel dissipatore in senso inverso e simmetrico.
Grilli	A norma UNI 1497/A diametro da 16 mm

Miscela di iniezione: per la realizzazione di elementi di trasmissione al terreno degli sforzi indotti nella struttura in elevazione, il tipo cementizio è posto in opera secondo un processo di iniezione di tipo globale e messa in pressione unica (metodo IGU) ed avente $R_{ck} > 300$ daN/cm².

Si evidenzia che tutte le parti metalliche saranno opportunamente zincate secondo le normative indicate e gli ancoraggi potranno essere convenientemente protetti contro la potenzialità corrosiva dell'ambiente esterno dovuto, ad esempio, alle reazioni chimiche che si possono instaurare e che sono legate alla presenza di acqua ed eventuali componenti chimici aggressivi.

Le opere di fondazione previste in questa relazione vengono indicate schematicamente nelle seguenti tabelle significando che in fase esecutiva potranno essere richieste dalla D.L. leggere modifiche sulla base delle necessità che dovessero emergere, soprattutto riguardo alla morfologia e alla natura del suolo ed in particolare del substrato su cui le barriere verranno installate.

Terreno roccioso

Elemento	Descrizione	
Fondazione montante	2 barre in acciaio FeB44K diam. 24 mm	L = 3.00 m D = 40 mm
Ancoraggi di monte	Cavallotti in fune d'acciaio diam. 14 mm	L = 3.00 m D = 60 mm
Ancoraggi laterali	Cavallotti in fune d'acciaio diam. 14 mm	L = 3.00 m D = 60 mm

3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Generalmente la normativa di riferimento a cui si attingeva durante la fase di progettazione dell'opera era costituita dai seguenti elementi legislativi:

- il D.M. n. 47/88 per le opere di fondazione;
- il D.M. 9/01/96 per le opere in cemento armato;

- l'Eurocodice EC7 per l'ingegneria geotecnica;
- le raccomandazioni AICAP per gli ancoraggi nei terreni e nelle rocce.

La complessità del fenomeno 'caduta massi' dovuta ai numerosi fattori di tipo dinamico che la governano e il crescente interesse verso questa tematica ha portato alla necessità di definire in modo univoco i criteri per la progettazione e classificazione delle strutture paramassi.

I più recenti aggiornamenti normativi dopo il D.M. 14/09/2005: 'Norme tecniche per le Costruzioni' ed in particolare, nel febbraio 2008, l'Organizzazione Europea per il Benestare Tecnico (EOTA) ha rilasciato le linee guida di Benestare Tecnico Europeo per il kit di protezione contro la caduta massi, ETAG 027.

Quest'ultimo documento non riguarda i principi di progettazione ma armonizza le regole di qualificazione dei materiali e certifica le prestazioni che il kit è in grado di fornire tramite una procedura di sperimentazione che garantisca la conformità alle norme europee.

Il Tecnico
Ing. Mario Primavera