

Rockfall protective measures - Ground walls - Impact test method and construction

La norma descrive i criteri per l'esecuzione di prove normalizzate su rilevati paramassi in vera grandezza soggetti all'impatto con massi in caduta e le modalità di redazione del rapporto di prova. La norma fornisce inoltre indicazioni per la realizzazione.

TESTO ITALIANO

La presente norma sostituisce la UNI 11167:2006.

ICS 93.010

PREMESSA

La presente norma è stata elaborata sotto la competenza della Commissione Tecnica UNI

Costruzioni stradali ed opere civili delle infrastrutture

La Commissione Centrale Tecnica dell'UNI ha dato la sua approvazione il 14 luglio 2018.

La presente norma è stata ratificata dal Presidente dell'UNI ed è entrata a far parte del corpo normativo nazionale il 26 luglio 2018.

Le norme UNI sono elaborate cercando di tenere conto dei punti di vista di tutte le parti interessate e di conciliare ogni aspetto conflittuale, per rappresentare il reale stato dell'arte della materia ed il necessario grado di consenso.

Chiunque ritenesse, a seguito dell'applicazione di questa norma, di poter fornire suggerimenti per un suo miglioramento o per un suo adeguamento ad uno stato dell'arte in evoluzione è pregato di inviare i propri contributi all'UNI, Ente Nazionale Italiano di Unificazione, che li terrà in considerazione per l'eventuale revisione della norma stessa.

Le norme UNI sono revisionate, quando necessario, con la pubblicazione di nuove edizioni o di aggiornamenti.

È importante pertanto che gli utilizzatori delle stesse si accertino di essere in possesso dell'ultima edizione e degli eventuali aggiornamenti.

Si invitano inoltre gli utilizzatori a verificare l'esistenza di norme UNI corrispondenti alle norme EN o ISO ove citate nei riferimenti normativi.

INDICE

0		INTRODUZIONE	1
1		SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE	1
2		RIFERIMENTI NORMATIVI	1
3		TERMINI E DEFINIZIONI	1
4		PRINCIPIO DI PROVA	2
5		RILEVATO DI PROVA	2
5.1		Generalità.....	2
	figura 1	Geometria del rilevato.....	3
5.2		Calcolo statico.....	4
5.3		Modalità realizzative.....	4
6		APPARATO DI PROVA	4
6.1		Generalità.....	4
6.2		Spazio per la costruzione del rilevato di prova.....	4
6.3		Blocco di prova.....	5
	figura 2	Geometrie blocco di prova.....	5
6.4		Sistema di pesatura dei blocchi.....	5
6.5		Sistema di sollevamento e di movimentazione dei blocchi.....	6
6.6		Sistema di lancio del blocco (trigger).....	6
6.7		Sistema di guida del blocco.....	6
6.8		Sistema di misurazione della velocità di impatto.....	6
6.9		Sistema di misurazione delle deformazioni subite dal rilevato.....	6
	figura 3	Griglia dei punti di misurazione delle deformazioni.....	6
6.10		Attrezzatura per produrre la documentazione videofotografica.....	6
7		PROCEDURE GENERALI DI PROVA	7
7.1		Preparazione della prova.....	7
7.2		Esecuzione della prova.....	7
	figura 4	Campo prova puramente traslazionale - Limiti di oscillazione della traiettoria rispetto al piano verticale, ortogonale alla base del rilevato, in cui è contenuta.....	8
	figura 5	Posizione sull'orizzontale del punto di impatto.....	8
	figura 6	Posizione sulla verticale del punto di impatto.....	9
	figura 7	Altezza di risalita del blocco.....	9
7.3		Lettura dei risultati della prova.....	10
8		CALCOLI	10
8.1		Calcolo delle deformazioni relative.....	10
8.2		Calcolo delle energie.....	10
8.3		Calcolo dell'altezza di risalita.....	11
9		RAPPORTO DI PROVA	11
9.1		Dati identificativi della prova.....	11
9.2		Dati di dettaglio della prova.....	11
10		REALIZZAZIONE IN OPERA	11
APPENDICE	A	VALUTAZIONE DELLE DEFORMAZIONI	12
(informativa)			
	figura A.1	Griglia per la valutazione delle deformazioni.....	12

figura	A.2	Profondità della cavità	12
figura	A.3	Componenti orizzontali della deformazione	13
figura	A.4	Confronto tra larghezza del rilevato e componente della deformazione	14

BIBLIOGRAFIA	15
---------------------	-----------

INTRODUZIONE

La presente norma integra la UNI 11211 che riguarda le opere di difesa dalla caduta massi.

SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

La norma descrive i criteri per l'esecuzione delle prove normalizzate su rilevati paramassi in vera grandezza soggetti all'impatto con massi in caduta e le modalità di redazione del rapporto di prova.

La norma stabilisce, sulla base dei risultati della prova, il metodo di calcolo dell'energia di impatto (traslazionale e rotazionale) e delle deformazioni del paramento a seguito dell'impatto.

La norma dà inoltre indicazioni per la realizzazione dei rilevati di prova.

RIFERIMENTI NORMATIVI

La presente norma rimanda, mediante riferimenti datati e non, a disposizioni contenute in altre pubblicazioni. Tali riferimenti normativi sono citati nei punti appropriati del testo e sono di seguito elencati. Per quanto riguarda i riferimenti datati, successive modifiche o revisioni apportate a dette pubblicazioni valgono unicamente se introdotte nella presente norma come aggiornamento o revisione. Per i riferimenti non datati vale l'ultima edizione della pubblicazione alla quale si fa riferimento (compresi gli aggiornamenti).

UNI 11531-1:2014 Costruzione e manutenzione delle opere civili delle infrastrutture - Criteri per l'impiego dei materiali - Parte 1: Terre e miscele di aggregati non legati

UNI EN 13286-2 Miscele non legate e legate con leganti idraulici - Parte 2: Metodi di prova per la determinazione della massa volumica e del contenuto di acqua di riferimento di laboratorio - Costipamento Proctor

UNI EN 14475 Esecuzione di lavori geotecnici speciali - Terra rinforzata

Nota In bibliografia è riportato un elenco delle norme e dei progetti di norma di riferimento per i geosintetici utilizzati per il rinforzo dei rilevati paramassi.

TERMINI E DEFINIZIONI

Ai fini della presente norma si applicano i termini e le definizioni seguenti.

altezza di intercettazione (h_i): Altezza del baricentro del blocco misurata perpendicolarmente al pendio di monte passante per il piede dei montanti o la base del rilevato nel punto più basso. L'altezza di intercettazione è derivata da studi sulle traiettorie.
[UNI 11211-1:2018, punto 3.5]

altezza di risalita del blocco (h_r): Differenza tra la massima quota raggiunta dal baricentro del blocco dopo l'impatto, misurata perpendicolarmente al piano medio del versante di monte, che passa per il punto al piede del paramento di monte, e l'altezza di intercettazione del masso. h_r [m]

caduta massi: Termine generico che indica il movimento rapido lungo un versante di blocchi provenienti generalmente da frana di crollo. Il fenomeno può consistere nella caduta di uno o di più blocchi con interazione reciproca trascurabile.
[UNI 11211-1:2018, punto 3.20]

energia di impatto traslazionale: Quota parte dell'energia posseduta dal masso attribuibile alla componente di moto traslazionale. E_T [kJ]

- 3.5** **energia di impatto rotazionale:** Quota parte dell'energia posseduta dal masso ed attribuibile alla componente di moto rotazionale. E_R [kJ]
- 3.6** **rilevato paramassi:** Struttura lineare in terra, avente la funzione di intercettare e arrestare i blocchi di roccia in caduta assorbendone l'energia cinetica in virtù della propria inerzia e deformabilità. I rilevati possono essere anche sostenuti o integrati da opere a gravità quali muri in calcestruzzo o opere strutturali in legname.
[UNI 11211-1:2018 punto 3.78]
- 3.7** **rilevato paramassi rinforzato:** Rilevato paramassi misto, costituito da terreno ed elementi di rinforzo opportunamente disposti, rappresentati per esempio da geosintetici, reti metalliche o strisce d'acciaio. Possono avere una sezione simmetrica od asimmetrica con scarpate verticali o inclinate. I paramenti possono essere o meno ricoperti da vegetazione.
[UNI 11211-1:2018 punto 3.79]
- 3.8** **rotolamento:** Movimento di un elemento lapideo lungo un versante, caratterizzato da un insieme di cinematismi complessi comprendenti sia rotazioni sia rimbalzi di altezza minore alla dimensione dell'elemento stesso.
[UNI 11211-1:2018, punto 3.89]
- 3.9** **rotosaltazione (pseudorotolamento):** Movimento di un elemento lapideo lungo un versante, caratterizzato da un insieme di cinematismi complessi comprendenti sia rotazioni sia rimbalzi con altezza maggiore alla dimensione dell'elemento stesso.
[UNI 11211-1:2018, punto 3.90]
- 3.10** **spessore di intercettazione in un rilevato paramassi:** Minima distanza misurata in orizzontale tra le due facce (di monte e di valle) del rilevato stesso all'altezza di intercettazione.
[UNI 11211-1:2018, punto 3.97]
- 3.11** **spessore residuo di un rilevato paramassi:** Minima distanza misurata in orizzontale tra le due facce (di monte e di valle) del rilevato stesso all'altezza di intercettazione, successivamente all'impatto di uno o più massi.
[UNI 11211-1:2018, punto 3.98]

4 PRINCIPIO DI PROVA

La prova consiste nel lancio contro il rilevato sottoposto a prova di un blocco di massa e geometria normalizzate per mezzo di attrezzature che consentano di controllarne la traiettoria e la velocità di impatto.

5 RILEVATO DI PROVA

5.1 Generalità

Il rilevato di prova deve essere costruito secondo le indicazioni del richiedente la prova, che deve fornire le specifiche del rilevato (geometria, componenti e modalità di realizzazione) ed il relativo calcolo statico.

5.1.1 Caratteristiche geometriche del rilevato di prova

Devono essere definite le seguenti caratteristiche geometriche del rilevato (vedere figura 1):

- Altezza H_1 : distanza verticale tra il punto al piede del paramento di monte ed il coronamento (proiezione verticale del segmento AB in figura 1).

- b) Altezza H_2 : distanza verticale tra il punto al piede del paramento di valle ed il coronamento (proiezione verticale del segmento CD in figura 1).
- c) Altezza di intercettazione massima H : distanza tra il punto al piede del paramento di monte ed il coronamento del rilevato misurata perpendicolarmente al piano medio del versante di monte, che passa per il punto al piede del paramento di monte (A in figura 1).
- d) Larghezza della base L_B : distanza orizzontale tra il piede di monte e il piede di valle (segmento AD in figura 1).
- e) Larghezza del coronamento L_C : distanza orizzontale tra il ciglio di monte e il ciglio di valle (segmento BC in figura 1).
- f) Inclinazione del paramento di monte α : angolo rispetto all'orizzontale del paramento di monte (segmento AB in figura 1).
- g) Inclinazione del paramento di valle β : angolo rispetto all'orizzontale del paramento di valle (segmento CD in figura 1).
- h) Inclinazione del piano di posa γ : angolo rispetto all'orizzontale del piano di base (segmento AD, in figura 1).
- i) Inclinazione del piano medio del versante di monte δ : angolo rispetto all'orizzontale del piano passante per la base del rilevato nel punto al piede del paramento di monte (segmento AD, in figura 1).

Il rilevato deve avere uno sviluppo longitudinale L di almeno 1,5 volte la sua altezza H_1 con un minimo di 8 m.

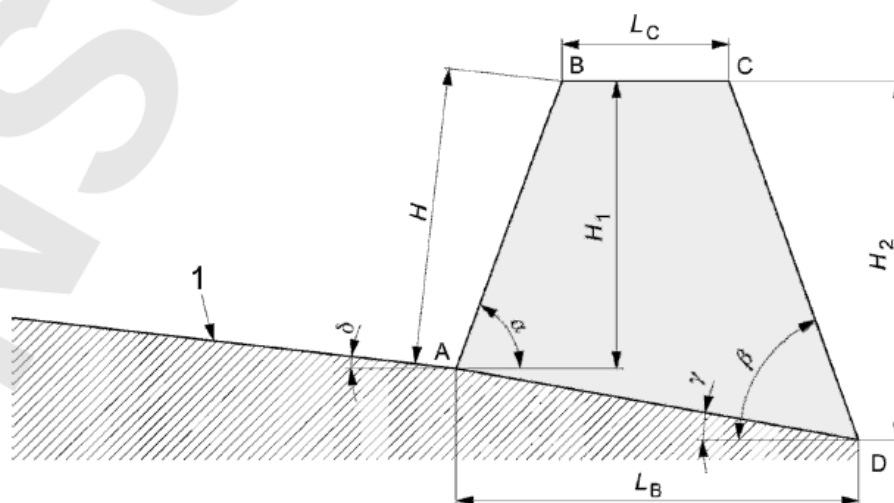
Tutte le caratteristiche geometriche sopra riportate sono libere e devono essere dichiarate nel rapporto di prova.

figura 1

Geometria del rilevato

Legenda

- 1 Piano medio del versante di monte
- H_1 Altezza paramento di monte
- H_2 Altezza paramento di valle
- H Altezza di intercettazione massima
- L_B Larghezza della base
- L_C Larghezza del coronamento
- α Inclinazione del paramento di monte
- β Inclinazione del paramento di valle
- γ Inclinazione del piano di posa
- δ Inclinazione del piano medio del versante di monte



5.1.2

Caratteristiche dei componenti del rilevato di prova

5.1.2.1

Terreno

Il rilevato di prova può essere realizzato con qualsiasi tipo di terreno purché sia lo stesso tipo per tutto il corpo del rilevato, sia caratterizzato secondo il prospetto 1 della UNI 11531-1:2014.

Durante le fasi di costruzione del rilevato devono essere condotte le seguenti prove:

- Prova Proctor modificata (UNI EN 13286-2);
- Determinazione del peso specifico apparente di una terra in sito (dove possibile);
- Prova di taglio sul campione ricostituito;
- Determinazione dei moduli di deformazione M_d e M_d' mediante prova di carico a doppio ciclo con piastra circolare (dove possibile);

5.1.2.2

Elemento con funzione di rinforzo dei terreni

Dell'eventuale rinforzo devono essere fornite le caratteristiche meccaniche e di durabilità (vedere appendice A); devono inoltre essere indicati i particolari costruttivi relativi alla disposizione del rinforzo all'interno del rilevato.

5.1.2.3

Paramento

Il paramento può essere realizzato con qualsiasi tecnica. Del paramento devono essere fornite le modalità costruttive e le modalità di collegamento con gli eventuali elementi di rinforzo.

5.2

Calcolo statico

Il calcolo statico del rilevato deve essere comprensivo di verifiche di stabilità interna, di stabilità esterna e di stabilità locale del paramento di facciata, in ottemperanza alla legislazione vigente per le opere in terra e per le costruzioni in zona sismica.

5.3

Modalità realizzative

Il rilevato può essere realizzato con qualsiasi modalità; devono essere indicate la successione delle fasi di lavoro, le modalità di preparazione, stesa e compattazione del terreno, le modalità di stesa di eventuali elementi di rinforzo, le modalità di realizzazione del paramento e dell'eventuale collegamento con gli elementi di rinforzo.

Nota Nella UNI EN 14475 sono descritte le tecniche di realizzazione dei rilevati rinforzati.

6

APPARATO DI PROVA

6.1

Generalità

Le prove in grandezza reale su un rilevato paramassi devono essere condotte in un campo attrezzato data l'impossibilità di riprodurre in modo meccanicamente e cinematicamente normalizzato la caduta naturale di un masso lungo un pendio naturale.

Il campo prove deve essere realizzato secondo i seguenti criteri generali, validi per qualsiasi modalità di esecuzione della prova.

6.2

Spazio per la costruzione del rilevato di prova

Lo spazio per la costruzione del rilevato di prova deve essere pari almeno alla sua larghezza di base L_B .

L'area circostante il rilevato deve essere libera da qualsiasi ostacolo che possa modificare la traiettoria d'impatto e la libera deformazione del vallo che ne consegue.

Blocco di prova

Il blocco di prova deve essere in materiale sostanzialmente omogeneo, di pietra naturale o di calcestruzzo (anche armato), con massa volumica compresa tra 21 kN/m^3 e 33 kN/m^3 .

Tutte le seguenti caratteristiche geometriche devono essere dichiarate nel rapporto di prova.

Di seguito si riportano alcune forme ritenute più significative:

- cubica con spigoli smussati [vedere figura 2 a)], con $L_{\text{ext}}/3 < L_{\text{int}} < L_{\text{ext}}/2$;
- dodecaedrica con spigoli smussati [vedere figura 2 b)], con $L_{\text{int}} = L_{\text{ext}}/2$;
- discoidale circolare [vedere figura 2 c)] caratterizzato da diametro $D = L_{\text{ext}}$;
- sferica [vedere figura 2 d)] caratterizzato da diametro $D = L_{\text{ext}}$;

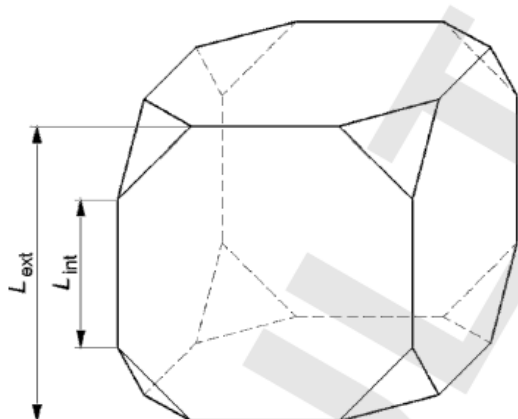
In ogni caso la misura deve comunque rispettare la seguente condizione: il lato maggiore L_{ext} o il diametro D del blocco non deve essere maggiore di $1/3$ dell'altezza di intercettazione massima del rilevato (H).

figura 2

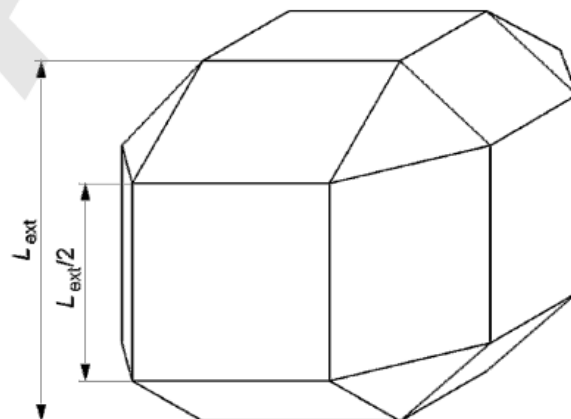
Geometrie blocco di prova

Legenda

- a) Blocco con forma cubica
- b) Blocco con forma dodecaedrica
- c) Blocco con forma discoidale circolare
- d) Blocco con forma sferica



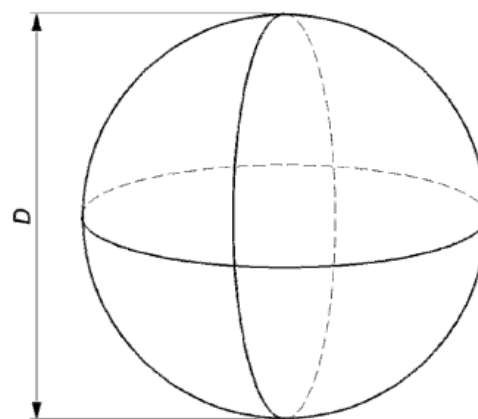
a)



b)



c)



d)

Sistema di pesatura dei blocchi

Il sistema di pesatura dei blocchi deve consentire un'accuratezza della misurazione non minore del 2,5%.

6.5

Sistema di sollevamento e di movimentazione dei blocchi

Il sistema di sollevamento e di movimentazione dei blocchi deve consentire lo spostamento del blocco nel campo prove senza modificarne né la forma né la massa.

6.6

Sistema di lancio del blocco (trigger)

Il sistema di lancio del blocco deve consentire il distacco del blocco dalla sua posizione di lancio.

6.7

Sistema di guida del blocco

Il sistema di guida deve essere in grado di indirizzare la traiettoria del blocco e deve essere svincolato dal blocco al momento dell'impatto col rilevato.

6.8

Sistema di misurazione della velocità di impatto

Il sistema di misurazione della velocità di impatto deve consentirne la determinazione al momento del contatto con accuratezza del $\pm 5\%$ delle velocità traslazionale e rotazionale.

6.9

Sistema di misurazione delle deformazioni subite dal rilevato

Il sistema di misurazione delle deformazioni subite dal rilevato deve essere in grado di descrivere la forma tridimensionale dell'impronta di impatto a monte e dell'estrusione sul lato di valle con accuratezza di 50 mm, su ciascun punto di misurazione. I punti di misurazione della deformata devono essere rilevati con una griglia avente passo non maggiore di 500 mm (vedere figura 3).

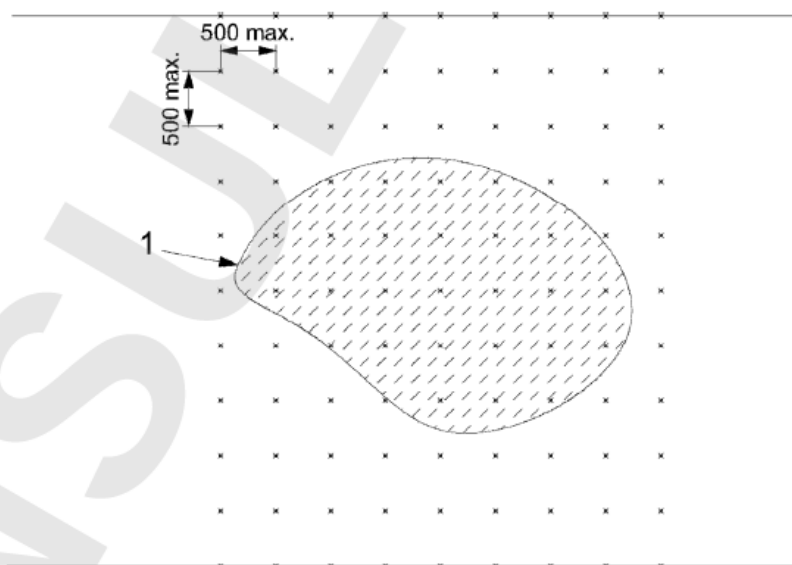
figura 3

Griglia dei punti di misurazione delle deformazioni

Legenda

1 Zona di impronta del blocco

Dimensioni in millimetri



6.10

Attrezzatura per produrre la documentazione videofotografica

Deve essere disponibile un'attrezzatura fotografica ed una videocamera analogica o digitale con time code e frequenza di almeno 100 fotogrammi al secondo.

7 PROCEDURE GENERALI DI PROVA

7.1 Preparazione della prova

7.1.1 Verifica delle condizioni climatiche

Le condizioni meteorologiche durante la prova devono consentire l'esecuzione della prova in condizioni di sicurezza a giudizio del direttore del campo prove.

In ogni caso devono essere registrate la temperatura e le condizioni meteorologiche.

La prova non deve essere effettuata se nelle 24 h precedenti si sono verificate temperature minori di 0 °C, o se il rilevato è rimasto esposto a precipitazioni atmosferiche nelle 48 h antecedenti la prova senza che lo stesso sia stato protetto con teli impermeabili.

7.1.2 Misurazione del blocco di prova

Prima dell'esecuzione di ciascun lancio, il blocco di prova deve essere misurato, definendone la geometria (L_{ext} , L_{int} e D) e la massa. Devono essere descritte le condizioni della superficie, segnalando eventuali anomalie visibili in superficie.

Le dimensioni devono essere conformi a quanto indicato nel punto 6.3.

7.1.3 Verifica delle tarature degli strumenti

Lo strumento di pesatura del blocco deve essere corredato di idoneo certificato di taratura con data non antecedente a 3 anni rispetto alla data della prova.

7.1.4 Verifica delle geometrie del rilevato

Preventivamente all'esecuzione della prova devono essere effettuate le misurazioni del rilevato necessarie a definire le grandezze indicate nel punto 5.1.2.

7.1.5 Installazione delle attrezzature per la documentazione

Le attrezzature videofotografiche devono essere installate in posizione tale da consentire la documentazione della prova e di garantire la sicurezza degli operatori.

Nell'intorno della zona di impatto devono essere posizionati i riferimenti topografici necessari a determinare la posizione del blocco negli istanti precedenti l'impatto.

7.2 Esecuzione della prova

La prova consiste nell'esecuzione di 2 lanci con blocchi di identiche caratteristiche secondo una nota traiettoria di lancio.

La traiettoria di lancio è pianificata liberamente, ma deve essere descritta nel rapporto di prova.

La traiettoria deve:

- essere controllabile in ogni suo punto e ripetibile.
- essere coerente con le caratteristiche del campo prova ed i suoi limiti tecnici.

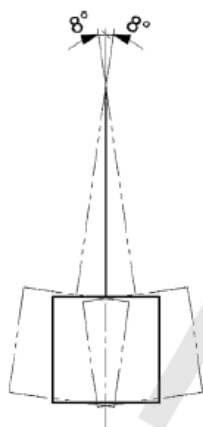
Nei campi prova che simulano un impatto puramente traslazionale il blocco di prova deve impattare il rilevato ad una velocità traslazionale di almeno di 25 m/s senza avere preventivamente toccato terra.

Nei campi prova che simulano un impatto roto-traslazionale è preferibile utilizzare un blocco di forma sferica, discoidale circolare o simile che permetta il rotolamento lungo una pista di scivolo.

Il blocco deve essere messo nella posizione di lancio.

Dopo aver azionato le videocamere si attiva il sistema di lancio del blocco che viene guidato verso il rilevato in modo che la traiettoria di impatto sia contenuta in un piano verticale ortogonale alla linea di base del rilevato con una tolleranza di $\pm 8^\circ$ sull'ortogonalità (vedere figura 4).

Campo prova puramente traslazionale - Limiti di oscillazione della traiettoria rispetto al piano verticale, ortogonale alla base del rilevato, in cui è contenuta



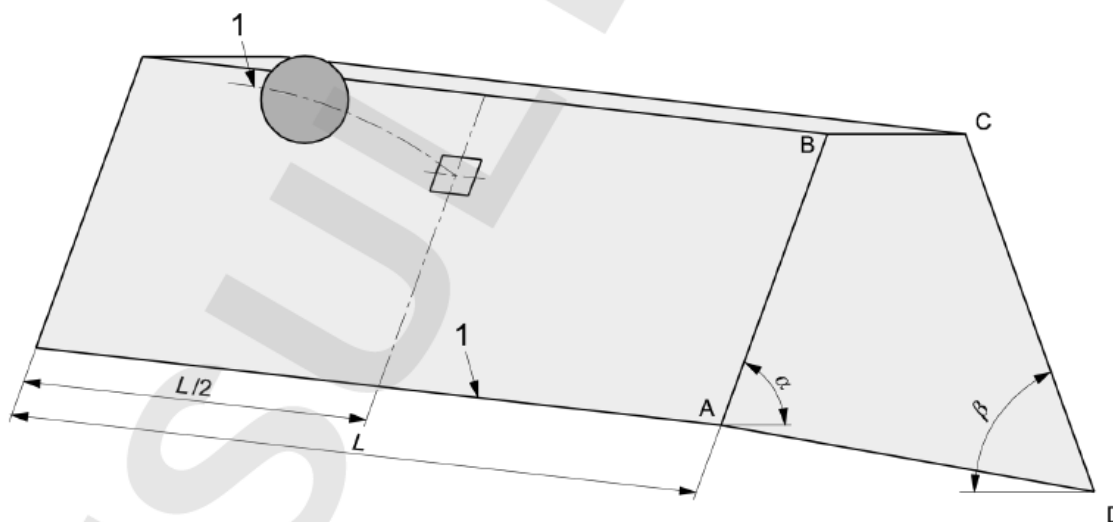
Secondo la traiettoria pianificata il punto di impatto sul paramento di monte, determinato dal confronto tra la documentazione videofotografica e il rilievo dell'impronta d'impatto, deve trovarsi:

- orizzontalmente a metà della larghezza del rilevato L (vedere figura 5);

Posizione sull'orizzontale del punto di impatto

Legenda

- 1 Traiettoria

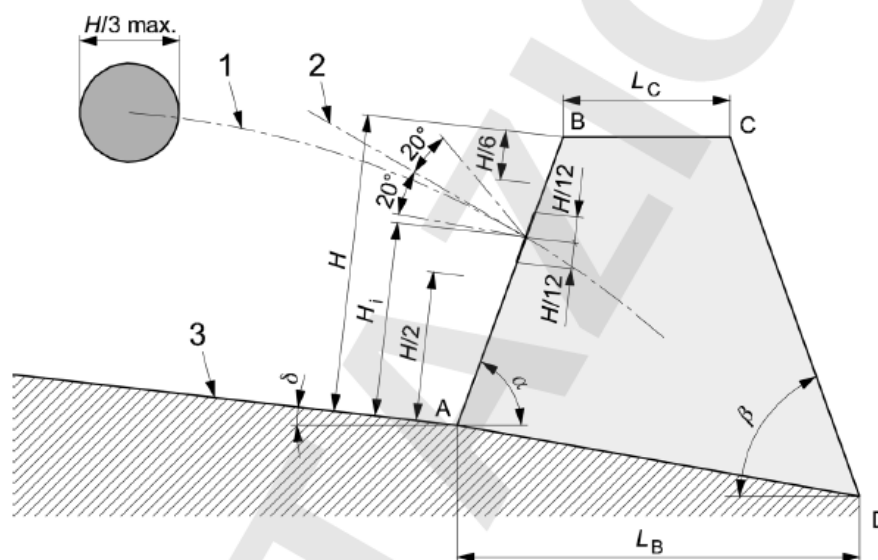


- l'altezza di intercettazione del masso h_i deve rispettare:
 $1/2H \leq h_i \leq (H - L_{ext})/2$ con una tolleranza di $\pm H/12$ (figura 6).
- La tangente della traiettoria deve essere compresa in un cono di ampiezza $\pm 20^\circ$ intorno alla tangente della traiettoria pianificata (figura 6).

figura 6 **Posizione sulla verticale del punto di impatto**

Legenda

- 1 Traiettoria
- 2 Tangente
- 3 Piano medio del versante di monte
- L_B Larghezza della base
- L_C Larghezza del coronamento



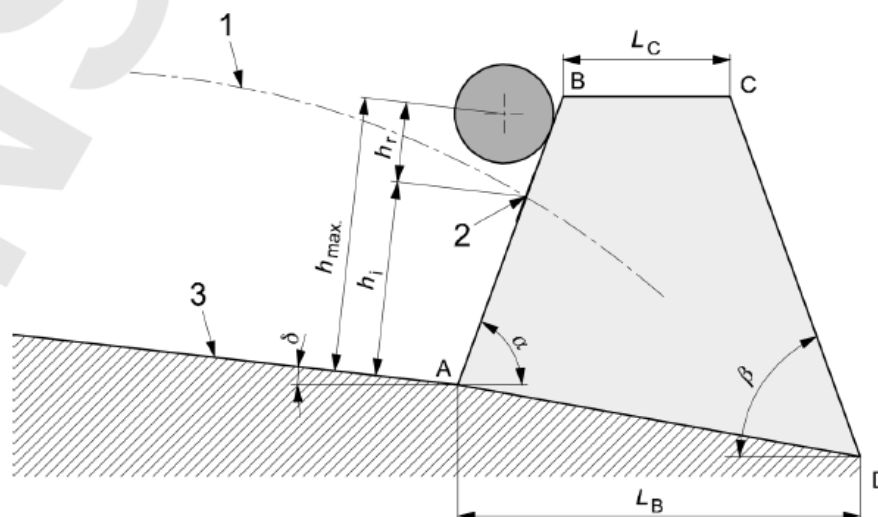
Dopo aver rimosso dal fronte del rilevato il blocco utilizzato nel primo lancio, misurare le deformazioni del rilevato come indicato nel punto 7.3.2.

Dall'analisi della documentazione videofotografica, o altro metodo, deve essere determinata la massima altezza di risalita del blocco (h_r) (figura 7).

figura 7 **Altezza di risalita del blocco**

Legenda

- 1 Traiettoria
- 2 Punto di intercettazione della traiettoria del baricentro sul paramento di monte
- 3 Piano medio del versante di monte
- L_B Larghezza della base
- L_C Larghezza del coronamento



Il secondo lancio deve essere eseguito secondo la medesima procedura del primo.

La misurazione delle deformazioni sulla facciata di monte e di valle deve essere ripetuta anche dopo il secondo lancio.

7.3 Lettura dei risultati della prova

7.3.1 Misurazione della velocità di impatto traslazionale e rotazionale

La velocità di impatto deve essere determinata con la precisione prescritta nel punto 6.8 entro 1 m a monte della facciata del rilevato di monte.

7.3.2 Misurazione delle deformazioni del rilevato

Le deformazioni del paramento di monte e di valle del rilevato devono essere misurate dopo ogni lancio.

In appendice A è riportato un metodo per la valutazione delle deformazioni.

8 CALCOLI

8.1 Calcolo delle deformazioni relative

Sulla base delle misurazioni effettuate deve essere ricostruito un modello tridimensionale dell'impronta di monte e di valle come descritto nell'appendice A.

Dal modello sono valutati:

- il valore dello spostamento orizzontale massimo di monte S_{omm} rispetto alla facciata di monte [m];
- il valore dello spostamento orizzontale massimo di valle S_{omv} rispetto alla facciata di valle [m];
- la quota H_{somm} , come dislivello tra il piede del paramento di monte ed il punto sul paramento di monte in cui è stato rilevato lo spostamento orizzontale massimo [m];
- la quota H_{somv} , come dislivello tra il piede del paramento di valle ed il punto sul paramento di valle in cui è stato rilevato lo spostamento orizzontale massimo [m];
- la larghezza originale B_m del rilevato alla quota H_{somm} [m];
- la larghezza originale B_v del rilevato alla quota H_{somv} [m].

Si definiscono deformazione relativa di monte ϵ_{omm} e deformazione relativa di valle ϵ_{omv} :

$$\epsilon_{omm} = \frac{S_{omm}}{B_m}; \quad \epsilon_{omv} = \frac{S_{omv}}{B_v} \quad (1)$$

8.2 Calcolo delle energie

8.2.1 Energia di impatto traslazionale

$$E_T [\text{kJ}] = 1/2 * m * v^2$$

dove:

m è la massa del masso [kN];

v è la velocità di impatto del masso [m/s].

8.2.2 Energia di impatto rotazionale

$$E_R [\text{kJ}] = 1/2 * I * w^2$$

dove:

I è il momento di inerzia del masso [kN];

w è la velocità rotazionale di impatto del masso [m/s].

Calcolo dell'altezza di risalita

$$h_R [m] = h_m - h_i$$

dove:

h_m è la massima altezza raggiunta dal baricentro del blocco dopo l'impatto [m];

h_i è la massima altezza di impatto del baricentro del blocco [m].

RAPPORTO DI PROVA

Il rapporto di prova deve includere almeno le informazioni seguenti:

Dati identificativi della prova

- a) Identificazione del campo prove;
- b) Identificazione dell'organismo che ha eseguito la prova;
- c) Identificazione del richiedente la prova;
- d) Data della prova;
- e) Riferimento della presente norma.

Dati di dettaglio della prova

- a) Descrizione delle condizioni atmosferiche e ambientali rilevate durante la prova;
- b) Descrizione della geometria del campo prove e relativa sezione;
- c) Descrizione delle attrezzature utilizzate;
- d) Descrizione del rilevato e relativa sezione;
- e) Descrizione dei suoi componenti con schede tecniche degli elementi di rinforzo;
- f) Classificazione geotecnica del terreno di riempimento secondo la UNI 11531-1, e report dei risultati delle prove condotte sul terreno del rilevato;
- g) Descrizione del metodo costruttivo utilizzato;
- h) Descrizione dell'esecuzione della prova;
- i) Angolo di inclinazione della tangente alla traiettoria d'impatto misurata rispetto all'orizzontale, in [°];
- j) Altezza d'impatto del masso in [m];
- k) descrizione del metodo di misura della velocità di impatto traslazionale V in [m/s] e rotazionale ω in [rad/s];
- l) Energie di impatto traslazionale E_T e rotazionale E_R in [kJ] assorbite dal rilevato;
- m) Massima altezza di risalita del masso [m];
- n) Descrizione del metodo di misura delle deformazioni del rilevato;
- o) Descrizione visiva del comportamento del rilevato anche in base ai filmati, sia allo stato limite di esercizio che di collasso;
- p) Sezione e prospetto frontale del rilevato dopo ciascun impatto con evidenza delle deformazioni;
- q) Deformazioni assolute ($S_{\max \text{ monte}}$, $S_{\max \text{ valle}}$) e relative ($e_{\max \text{ monte}}$, $e_{\max \text{ valle}}$) del rilevato;
- r) documentazione fotografica.

REALIZZAZIONE IN OPERA

La realizzazione dei rilevati rinforzati deve essere eseguita secondo la UNI EN 14475.

Per quanto riguarda la realizzazione in opera dei rilevati non rinforzati o delle scogliere, le procedure realizzative devono essere definite in sede di progetto.

APPENDICE A VALUTAZIONE DELLE DEFORMAZIONI

(informativa)

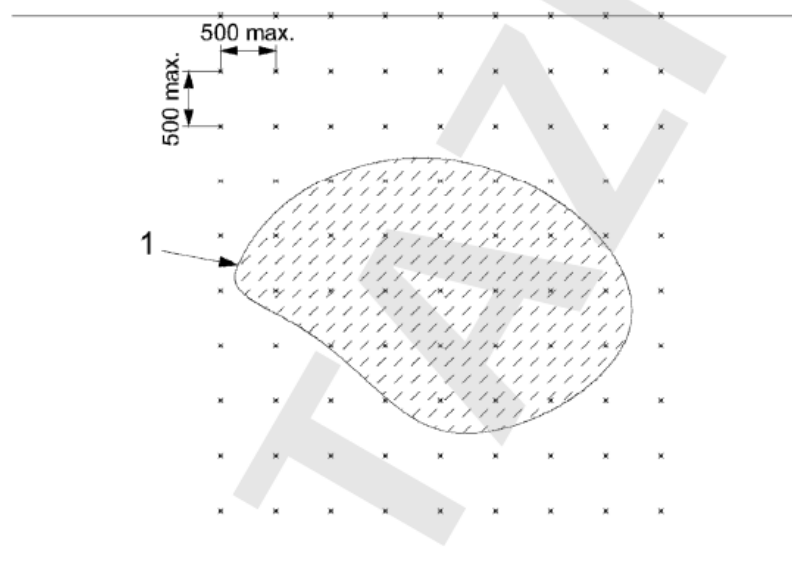
La valutazione delle deformazioni del rilevato è fatta per i paramenti di monte e di valle. Si individua una griglia di punti, con maglia di dimensioni massime ≤ 500 mm (vedere figura A.1).

figura A.1 Griglia per la valutazione delle deformazioni

Legenda

1 Zona di impronta del blocco

Dimensioni in millimetri



Sono quindi rilevate le profondità della cavità secondo la perpendicolare al piano del paramento (P1,, Pi,, P10) (vedere figura A.2).

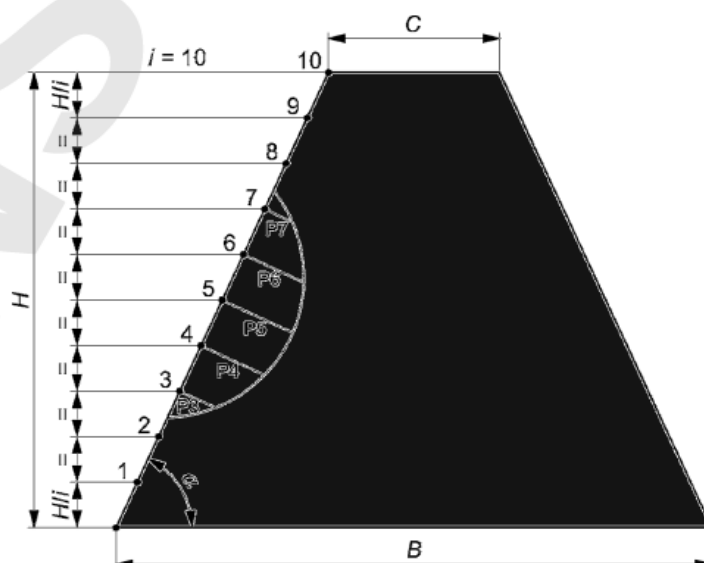
figura A.2 Profondità della cavità

Legenda

B Base del rilevato

C Coronamento

H Altezza del rilevato



Dalle deformazioni P_i si ricavano le componenti orizzontali $P_{ix} = P_i / \sin \alpha$

dove:

α è l'angolo di inclinazione del paramento (vedere figura A.3).

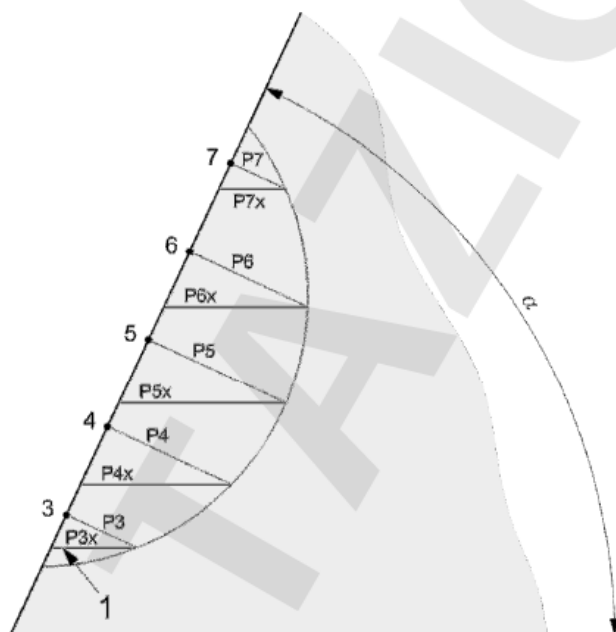
figura A.3

Componenti orizzontali della deformazione

Legenda

1 $P_{3x} = P_3 / \sin \alpha$

α Inclinazione del paramento



La componente P_{ix} è confrontata con la larghezza del rilevato B_{ix} alla quota relativa (vedere figura A.4):

$$B_{ix} = B - 2 \times h_{ix} \times \cotg \alpha$$

$$h_i = i/n \times H - P_i \times \cos \alpha$$

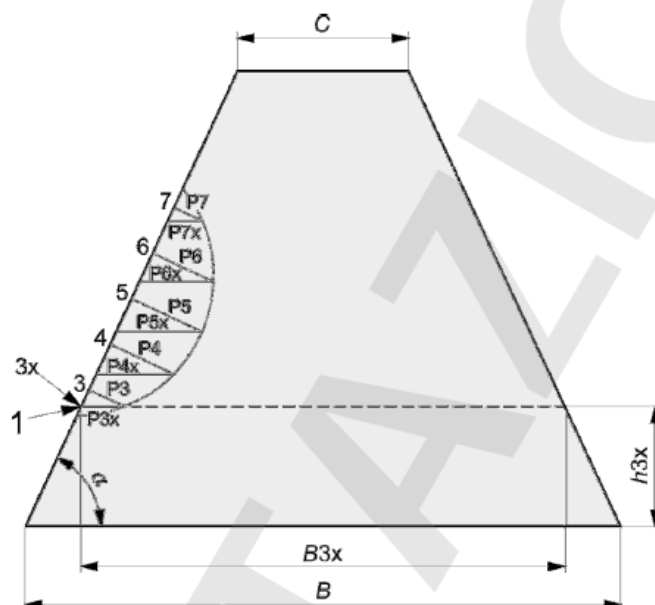
dove:

n è il numero delle maglie.

Confronto tra larghezza del rilevato e componente della deformazione

Legenda

- 1 $P_{3x} = P_3 / \sin \alpha$
- B Base del rilevato
- C Coronamento
- α Inclinazione del paramento



BIBLIOGRAFIA

- UNI EN 10218-1 Filo di acciaio e relativi prodotti - Generalità - Parte 1: Metodi di prova
- UNI EN 10218-2 Filo di acciaio e relativi prodotti - Generalità - Parte 2: Dimensioni e tolleranze dei fili
- UNI EN 10223-3 Fili e prodotti trafilati di acciaio per recinzioni - Parte 3: Reti di acciaio a maglie esagonali per impieghi industriali
- UNI EN 10244 (serie) Fili e prodotti trafilati di acciaio - Rivestimenti metallici non ferrosi sui fili di acciaio
- UNI 11211-1 Opere di difesa dalla caduta massi – Parte 1: Termini e definizioni
- UNI 11211-2 Opere di difesa dalla caduta massi – Parte 2: Programma preliminare di intervento
- UNI 11211-3 Opere di difesa dalla caduta massi – Parte 3: Progetto preliminare
- UNI 11211-4 Opere di difesa dalla caduta massi – Parte 4: Progetto definitivo ed esecutivo
- UNI EN 13251 Geotessili e prodotti affini - Caratteristiche richieste per l'impiego nelle costruzioni di terra, nelle fondazioni e nelle strutture di sostegno
- UNI EN 13738 Geotessili e prodotti affini - Determinazione della resistenza allo sfilamento dal terreno
- UNI EN ISO 14688-1 Indagini e prove geotecniche - Identificazione e classificazione dei terreni - Parte 1: Identificazione e descrizione
- UNI EN ISO 9863-2 Geotessili e prodotti affini - Determinazione dello spessore a pressioni stabilite - Parte 2: Procedura per la determinazione dello spessore dei singoli strati di prodotti multistrato
- UNI EN ISO 9864 Geosintetici - Determinazione della massa areica di geotessili e prodotti affini
- UNI EN ISO 10319 Geotessili - Prova di trazione a banda larga
- UNI EN ISO 10320 Geotessili e prodotti affini - Identificazione in sito
- UNI EN ISO 12957-1 Geosintetici - Determinazione delle caratteristiche di attrito - Parte 1: Prova di taglio diretto
- UNI EN ISO 13431 Geotessili e prodotti affini - Determinazione delle proprietà di viscosità a trazione (tensile creep) e comportamento a rottura (creep rupture)
- UNI EN ISO 14688-1 Indagini e prove geotecniche - Identificazione e classificazione dei terreni - Parte 1: Identificazione e descrizione
- CNR B.U. n° 22 – 1972 Peso specifico apparente di una terra in sito.
- CNR B.U. n° 146 – 1992 Determinazione dei moduli di deformazione M_d e M_d' mediante prova di carico a doppio ciclo con piastra circolare.

