

LE GABBIE AUTOPORTANTI IN RETE ELETROSALDATA E LA MARCATURA CE

ING. SIMONE GRAFFER



PROGRAMMA DELLA PRESENTAZIONE

- descrizione dei dispositivi;
- marcatura CE;
- sanzioni;
- prove per marcatura CE;
- campo prove sul gabbione pieno.

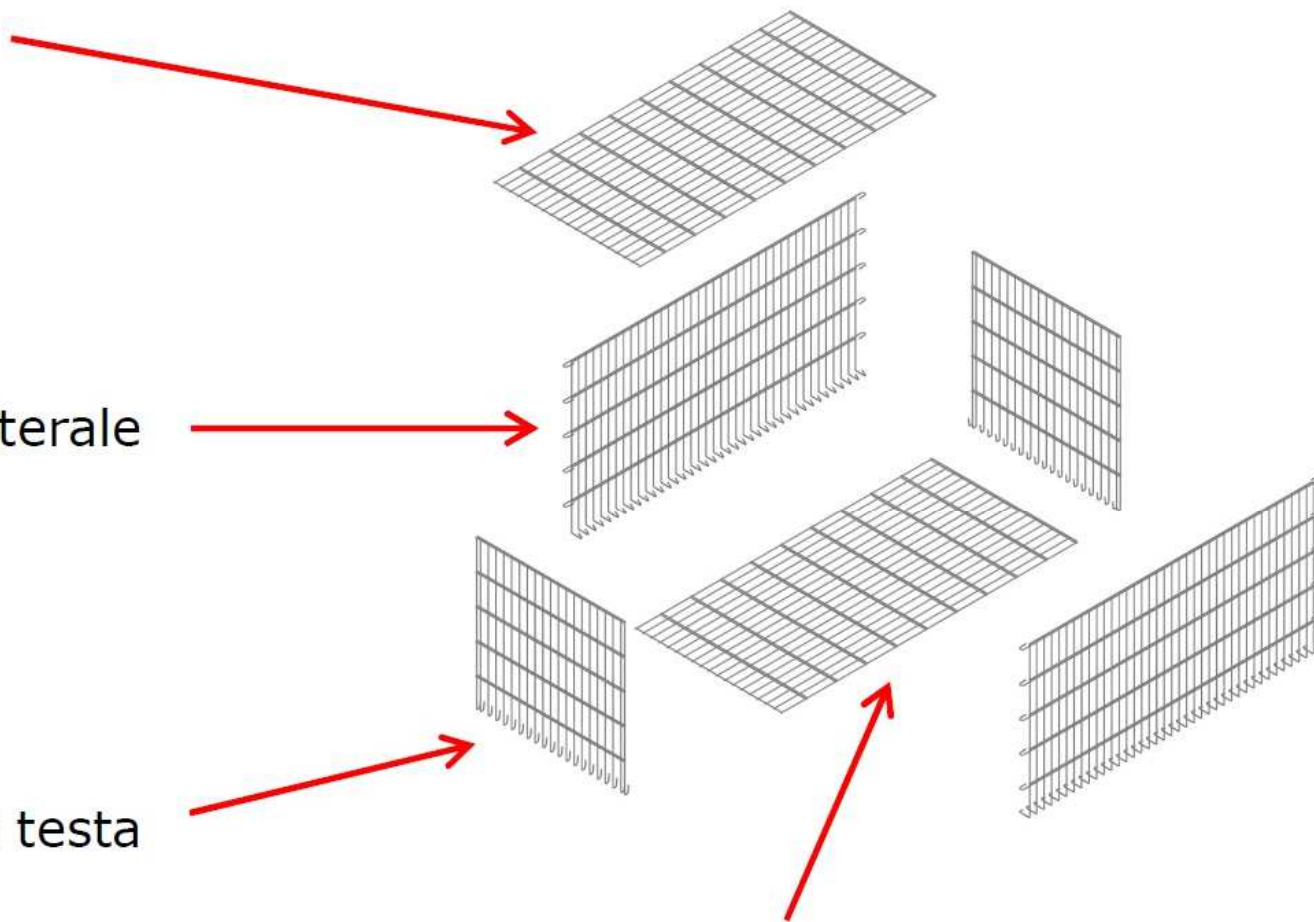
ESPLOSO DEL GABBIONE

Pannello di copertura

Pannello verticale laterale

Pannello verticale di testa

Pannello di base



LEDROSTEELBOX

Filo in acciaio :

- C4D, conforme alla EN ISO16120-2;
- Diametro 6 mm;
- Doppio filo orizzontale;
- Filo singolo verticale;
- Maglia 200 x 50 mm;
- Lega di protezione Galfan in zinco alluminio



LEDROSTEEL ECOBOX

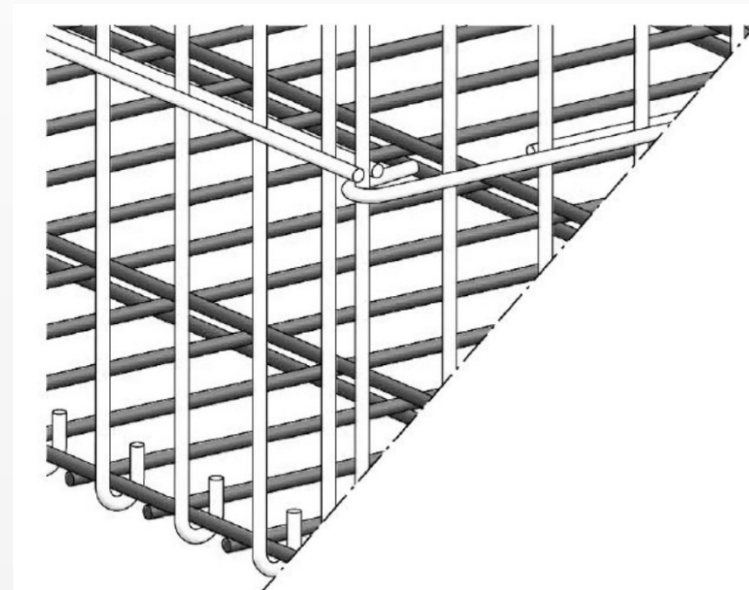
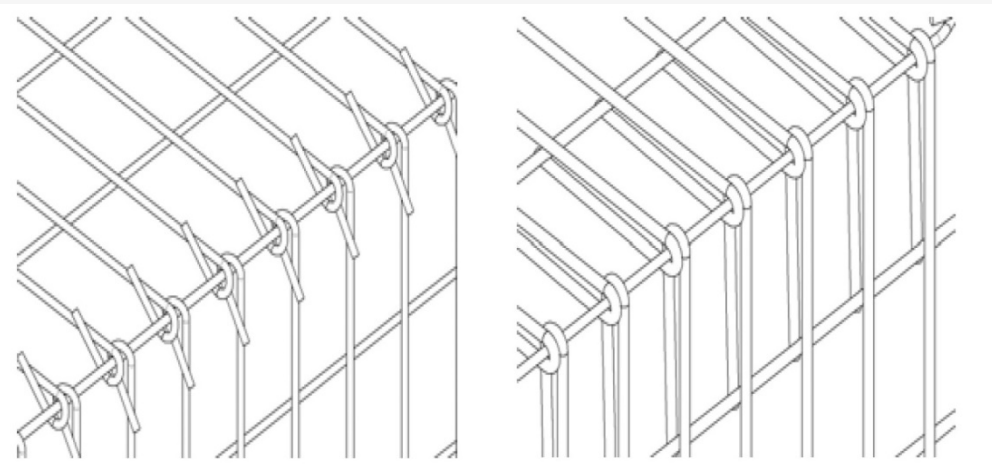
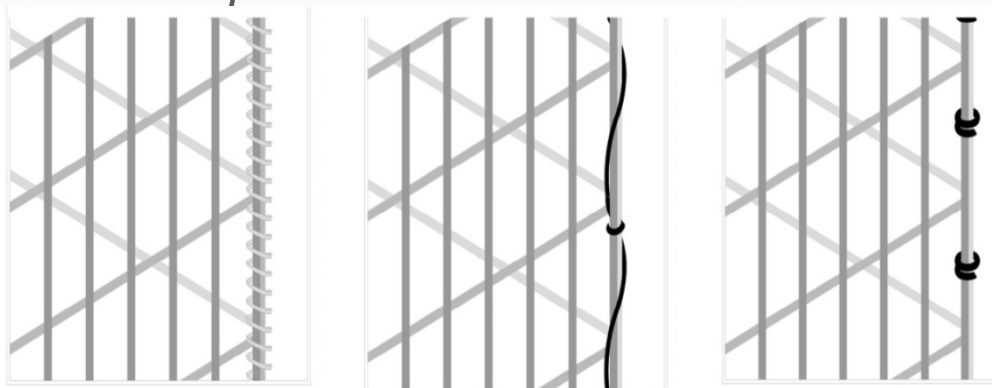
Filo in acciaio :

- C4D, conforme alla EN ISO16120-2;
- Diametro 4 mm;
- Filo singolo orizzontale;
- Filo singolo verticale;
- Maglia 60 x 60 mm;
- Lega di protezione Galfan in zinco alluminio



GANCI DI COLLEGAMENTO FRA PANNELLI

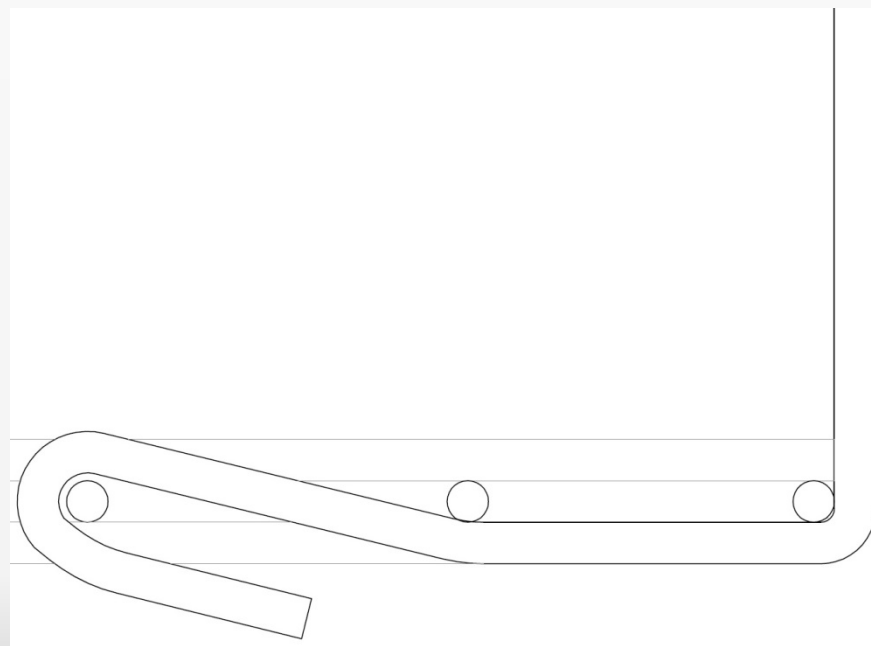
Le tipologie di collegamento previste dalla EN 10223-8:2014, «*Fili e prodotti trafilati di acciaio per recinzioni e reti. Parte 8: Gabbioni prodotti in rete elettrosaldata*» :



GANCI DI COLLEGAMENTO FRA PANNELLI

Pannello verticale laterale :

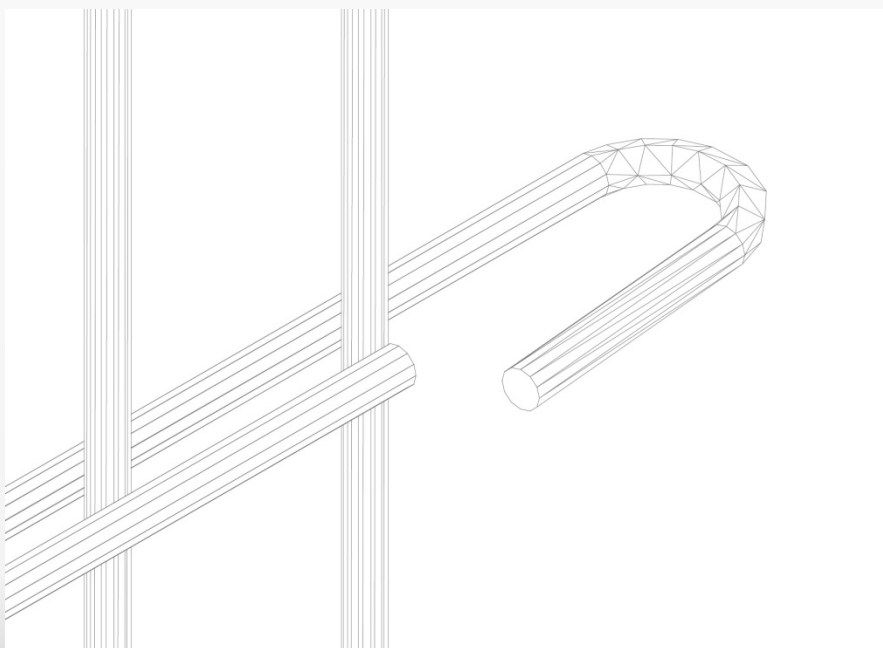
- Gancio J in fondo ai fili verticali che permette il collegamento con il pannello di base



GANCI DI COLLEGAMENTO FRA PANNELLI

Pannello verticale laterale :

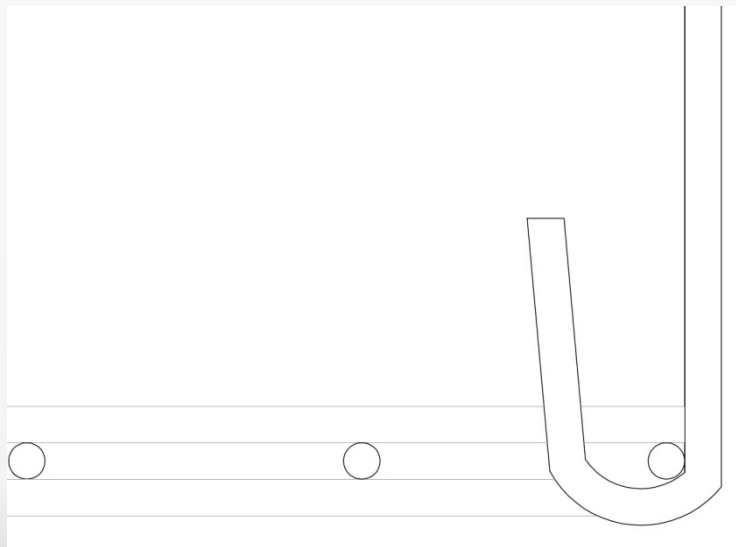
- Gancio ad U alle estremità dei fili orizzontali che permette il collegamento con il pannello laterale di testa;



GANCI DI COLLEGAMENTO FRA PANNELLI

Pannello verticale di testa :

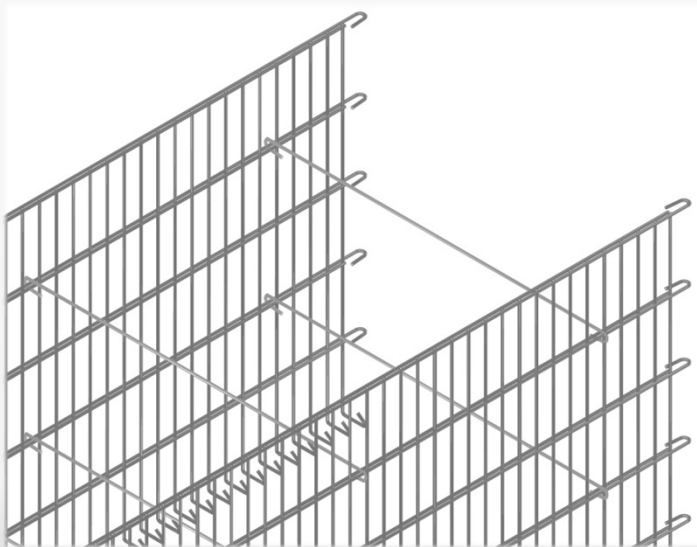
- Gancio ad U in fondo ai fili verticali che permette il collegamento con il pannello di base.



TIRANTI INTERNI DI COLLEGAMENTO FRA PANNELLI PARALLELI

Filo in acciaio :

- C4D, conforme alla EN ISO16120-2;
- Diametro 6 mm;
- Lega di protezione Galfan in zinco alluminio



ANELLI DI CHIUSURA PER IL PANNELLO DI COPERTURA

Permettono il collegamento fra i pannelli verticali ed il pannello di copertura in maniera tale da evitare il rischio di fuoriuscita del materiale



IL GABBIONE LEDROSTEELBOX È MOVIMENTABILE PIENO DI MATERIALE

La movimentazione va eseguita previa l'utilizzo dell'accessorio di sollevamento "Pettine ML", marcato CE secondo la Direttiva 2006/42/CE

Vantaggi per il cantiere:

- riempimento in cava;
- minor quantità di materiale depositato in cantiere;
- minor numero di mezzi in cantiere;
- minor numero di operai in cantiere;
- minori lavorazioni in cantiere;
- tempi di installazione ridotti.



IL GABBIONE LEDROSTEELBOX È MOVIMENTABILE PIENO DI MATERIALE

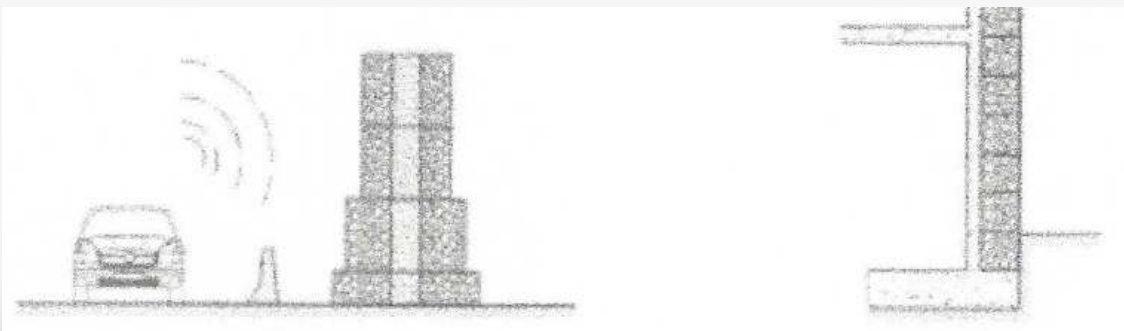
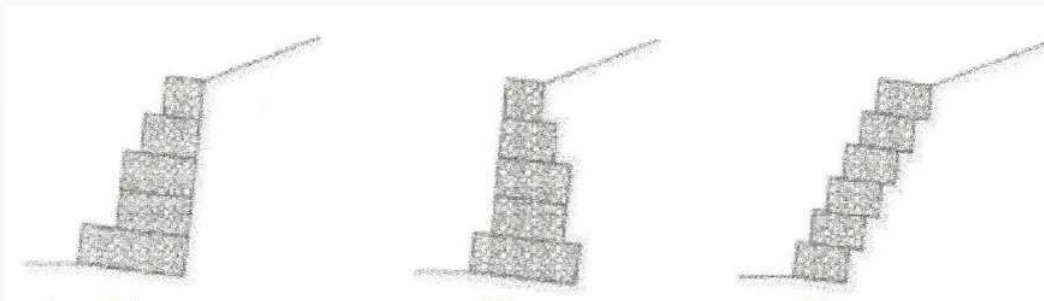
Attenzione ai sistemi di sollevamento



PERCHÉ I GABBIONI LEDROSTEELBOX E LEDROSTEELCOBOX SONO STATI MARCATI CE ?

I gabbioni sono prodotti da costruzione il cui utilizzo previsto dalla EN 10223-8:2014 «*Fili e prodotti trafilati di acciaio per recinzioni e reti. Parte 8: Gabbioni prodotti in rete elettrosaldata*» è:

- contenimento del terreno;
- rinforzo del suolo;
- regimazione dei corsi d'acqua;
- controllo dell'erosione;
- contenimento dei pendii;
- barriere acustiche;
- recinzioni;
- manutenzione del verde;
- ricoprimento o rivestimento;
- finalità architettoniche.



PERCHÉ I GABBIONI LEDROSTEELBOX E LEDROSTEELCOBOX SONO STATI MARCATI CE ?

I gabbioni sono da considerarsi dei prodotti da costruzione e per questo motivo devono essere conformi al Regolamento prodotti da costruzione UE 305/2011.

«Prodotto da costruzione», qualsiasi prodotto o kit fabbricato e immesso sul mercato per essere incorporato in modo permanente in opere da costruzione o in parti di esse e la cui prestazione incide sulla prestazione delle opere di costruzione rispetto ai requisiti di base delle opere stesse.

Il Regolamento (UE) n° 305/2011, Construction Products Regulation (CPR), *«...fissa le condizioni per l'immissione o la messa a disposizione sul mercato di prodotti da costruzione stabilendo disposizioni armonizzate per la descrizione della prestazione di tali prodotti in relazione alle loro caratteristiche essenziali e per l'uso della marcatura CE sui prodotti in questione.»*

«Norma armonizzata», una norma stilata da uno degli organismi europei di normalizzazione di cui all'allegato I della direttiva 98/34/CE, in seguito a una richiesta formulata dalla Commissione conformemente all'articolo 6 di tale direttiva. Stabilisce i metodi ed i criteri per valutare la prestazione dei prodotti da costruzione in relazione alle loro caratteristiche essenziali.

PERCHÉ I GABBIONI LEDROSTEELBOX E LEDROSTEELCOBOX SONO STATI MARCATI CE ?

Requisiti di base – Allegato I CPR:

1. resistenza meccanica e stabilità;
2. sicurezza in caso di incendio;
3. igiene, salute e ambiente;
4. sicurezza e accessibilità nell'uso;
5. proiezione contro il rumore;
6. risparmio energetico e ritenzione del calore;
7. uso sostenibile delle risorse naturali.

PERCHÉ I GABBIONI LEDROSTEELBOX E LEDROSTEELCOBOX SONO STATI MARCATI CE ?

1. Resistenza meccanica e stabilità

Le opere di costruzione devono essere concepite e realizzate in modo che i carichi cui possono essere sottoposte durante la realizzazione e l'uso non provochino:

- a) il crollo, totale o parziale, della costruzione;
- b) gravi ed inammissibili deformazioni;
- c) danni ad altre parti delle opere di costruzione, o a impianti principali o accessori, in seguito a una grave deformazione degli elementi portanti;
- d) danni accidentali sproporzionati alla causa che li ha provocati.

PERCHÉ I GABBIONI LEDROSTEELBOX E LEDROSTEELCOBOX SONO STATI MARCATI CE ?

I gabbioni sono da considerarsi dei prodotti da costruzione con finalità strutturali e per questo motivo devono essere conformi al Decreto ministeriale 17 gennaio 2018, Norme tecniche per le costruzioni 2018, che al Capitolo 11.1 indica:

«Si definiscono materiali e prodotti per uso strutturale, utilizzati nelle opere soggette alle presenti norme, quelli che consentono ad un'opera ove questi sono incorporati permanentemente di soddisfare in maniera prioritaria il requisito base delle opere n.1 "Resistenza meccanica e stabilità" di cui all'Allegato I del Regolamento UE 305/2011».

Quindi i documenti ai quali si deve fare riferimento sono:

- il Decreto ministeriale 17 gennaio 2018;
- il Regolamento prodotti da costruzione UE 305/2011.

PERCHÉ I GABBIONI LEDROSTEELBOX E LEDROSTEELCOBOX SONO STATI MARCATI CE ?

Il Decreto ministeriale 17 gennaio 2018 al Capitolo 11.1 indica:

I materiali ed i prodotti per uso strutturale devono rispondere ai requisiti indicati nel seguito.

I materiali e prodotti per uso strutturale devono essere:

- *identificati* univocamente a cura del fabbricante, secondo le procedure di seguito richiamate;
- *qualificati* sotto la responsabilità del fabbricante, secondo le procedure di seguito richiamate;
- *accettati* dal Direttore dei lavori mediante acquisizione e verifica della documentazione di identificazione e qualificazione, nonché mediante eventuali prove di accettazione.

In particolare, per quanto attiene l'identificazione e la qualificazione, possono configurarsi i seguenti casi:

- A) materiali e prodotti per i quali sia disponibile, per l'uso strutturale previsto, una norma europea armonizzata il cui riferimento sia pubblicato su GUUE. Al termine del periodo di coesistenza il loro impiego nelle opere è possibile soltanto se corredati della "Dichiarazione di Prestazione" e della Marcatura CE, prevista al Capo II del Regolamento UE 305/2011;
- B) materiali e prodotti per uso strutturale per i quali non sia disponibile una norma europea armonizzata oppure la stessa ricada nel periodo di coesistenza, per i quali sia invece prevista la qualificazione con le modalità e le procedure indicate nelle presenti norme. E' fatto salvo il caso in cui, nel periodo di coesistenza della specifica norma armonizzata, il fabbricante abbia volontariamente optato per la Marcatura CE;
- C) materiali e prodotti per uso strutturale non ricadenti in una delle tipologie A) o B. In tali casi il fabbricante dovrà pervenire alla Marcatura CE sulla base della pertinente "Valutazione Tecnica Europea" (ETA), oppure dovrà ottenere un "Certificato di Valutazione Tecnica" rilasciato dal Presidente del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, previa istruttoria del Servizio Tecnico Centrale, anche sulla base di Linee Guida approvate dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, ove disponibili; con decreto del Presidente del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, su conforme parere della competente Sezione, sono approvate Linee Guida relative alle specifiche procedure per il rilascio del "Certificato di Valutazione Tecnica".

PERCHÉ I GABBIONI LEDROSTEELBOX E LEDROSTEELCOBOX SONO STATI MARCATI CE ?

La valutazione tecnica europea, European Technical Assessment ETA, - art.26 CPR – viene redatta per qualsiasi prodotto da costruzione che non rientra o non rientra interamente nell'ambito di applicazione di una norma armonizzata. «Contiene la prestazione da dichiarare, espressa in livelli o classi, o in una descrizione, delle caratteristiche essenziali – Allegato ZA – concordate dal fabbricante e dal TAB - organismo di valutazione tecnica, Technical Valutazione Body - ... per l'uso previsto dichiarato e i dettagli tecnici necessari per applicare il sistema di valutazione e verifica della costanza della prestazione.

<https://www.eota.eu/en-GB/content/eads/56/>

La nota informativa del CSLP n° 3703 del 20/04/2017 indica:

OGGETTO: Qualificazione di gabbioni e reti metalliche ad uso strutturale.

Nell'ambito dell'attività del Servizio Tecnico Centrale, autorità per la vigilanza sul mercato competente per i prodotti da costruzione ad uso strutturale ai sensi della vigente normativa nazionale e comunitaria, sono pervenute, nell'ultimo anno, numerose segnalazioni riguardanti l'impiego a fini strutturali di gabbioni o reti metalliche, ad esempio con funzioni paramassi, non conformi alla normativa tecnica per le costruzioni attualmente in vigore.

Tali segnalazioni, tutte riscontrate dal Servizio Tecnico Centrale direttamente corrispondendo con le stazioni appaltanti coinvolte, hanno spesso mostrato Non Conformità di tipo formale e/o sostanziale, che hanno in alcuni casi resa necessaria la segnalazione agli Organi territorialmente competenti per la vigilanza sulle costruzioni, di cui al DPR 380/01 (Geni Civili, Comuni, ecc...) o all'inevitabile coinvolgimento della Guardia di Finanza, per i successivi accertamenti e/o comunicazioni all'Autorità Giudiziaria, nel caso fossero ravvisati aspetti di rilevanza penale.

Nel rammentare che lo spirito della norma in vigore è finalizzato alla sicurezza e qualità delle costruzioni e, quindi, alla pubblica incolumità, e che a tali obiettivi mira l'attività di questo Consesso e del Servizio Tecnico Centrale, si ritiene opportuno rappresentare agli Enti ed Amministrazioni in indirizzo quanto segue.

Le vigenti nuove Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate con D.M. 14 gennaio 2008, al cap. 11, par. 11.1, stabiliscono che qualsiasi materiale o prodotto da impiegarsi per uso strutturale nelle costruzioni deve essere preventivamente *identificato e qualificato* a cura del fabbricante, secondo le procedure previste nelle medesime norme e dalla Circolare esplicativa n°617 del 2 febbraio 2009.

La nota informativa del CSLP n° 3703 del 20/04/2017 indica:

Va per altro sottolineato che, qualunque sia la procedura di qualificazione adottata, tra quelle previste dalle predette Norme Tecniche per le Costruzioni, è onere del Direttore dei lavori *accettare* il materiale e/o prodotto in cantiere, prima della posa in opera, eseguendo le prove di accettazione secondo le pertinenti parti delle citate Norme Tecniche, oltre che del Capitolato speciale, nonché verificando la completezza e i contenuti della documentazione di identificazione e qualificazione presentata.

Si richiamano altresì, le responsabilità del collaudatore in materia di controlli sui materiali e prodotti impiegati nella realizzazione delle opere, di cui ai Capitoli 9 e 11 delle vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni.

Nella fattispecie, stante anche la pubblicazione della *“Linea Guida per la certificazione di idoneità tecnica all’impiego ed all’utilizzo di prodotti in rete metallica a doppia torsione”*¹ approvate dalla Prima Sezione del Consiglio Superiore dei LL.PP. con parere n. 69 reso nell’adunanza del 2 luglio 2013, l’impiego dei gabbioni e delle reti metalliche con finalità strutturali è consentito solo se si è in possesso del necessario Certificato di Idoneità Tecnica, così come previsto dalle NTC 08 cap. 11.1 lett. C) rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale a seguito dell’effettuazione delle procedure e delle prove perviste nelle stesse Linee Guida.

La nota informativa del CSLP n° 3703 del 20/04/2017 indica:

È anche consentito l'impiego dei gabbioni e delle reti metalliche con finalità strutturali, se si è in possesso della necessaria marcatura CE rilasciata da un Organismo notificato per la specifica attività, che faccia riferimento ad un ETA (Valutazione Tecnica Europea o *European Technical Assessment*) rilasciato per il prodotto in questione sulla base di un all'EAD (Documento di Valutazione Europea o *European Assessment Document*), così come previsto dal Regolamento (UE) n. 305/2011 e dalle Norme tecniche per le costruzioni, cap. 11.1 lett. C).

Si fa presente inoltre, che nell'esaminare la documentazione tecnica è necessario verificare, mediante lo strumento informatico messo a disposizione dalla Commissione Europea (*NANDO - New Approach Notified and Designated Organisations* ²), che l'organismo che ha rilasciato la certificazione necessaria al rilascio, da parte del fabbricante, della dichiarazione di Prestazione e conseguentemente della Marcatura CE, sia notificato per le specifiche attività (valutazione della prestazione, ispezione iniziale, sorveglianza e prove di controllo) inerenti il rilascio di certificati che facciano riferimento agli EAD sopracitati.

Riguardo a quanto sopra richiamato, si segnala che le citate Norme Tecniche non prevedono deroghe e, pertanto, eventuali inadempienze, ove non si configurino reati più gravi, sono soggette alle sanzioni di cui all'articolo 95 del DPR 380/2001 nonché, se applicabili, alle sanzioni di cui all'articolo 11 del DPR 246/93.

Oggi le sanzioni sono determinate dal DLgs 106/2017

DOCUMENTAZIONE DA PRODURRE DA PARTE DEL FABBRICANTE

Il fabbricante deve redigere e fornire:

- la dichiarazione di prestazione - Art. 4 CPR.
 - ✓ *va fornita una copia della dichiarazione di prestazione di ciascun prodotto messo a disposizione sul mercato, in forma cartacea o su supporto elettronico – Art. 7 CPR;*
 - ✓ *se tuttavia un lotto dello stesso prodotto è fornito a un unico utilizzatore, esso può essere accompagnato da una sola copia della dichiarazione di prestazione in forma cartacea o su supporto elettronico – Art. 7 CPR;*
 - ✓ la copia della dichiarazione di prestazione può essere messa a disposizione su un sito web ..., come indicato nel Regolamento delegato (UE) n. 157/2014 – Art. 7 CPR;

IDENTIFICAZIONE E QUALIFICAZIONE DEL PRODOTTO

ALLEGATO III

DICHIARAZIONE DI PRESTAZIONE

n.

1. Codice di identificazione unico del prodotto-tipo:
2. Numero di tipo, lotto, serie o qualsiasi altro elemento che consenta l'identificazione del prodotto da costruzione ai sensi dell'articolo 11, paragrafo 4:
.....
3. Uso o usi previsti del prodotto da costruzione, conformemente alla relativa specifica tecnica armonizzata, come previsto dal fabbricante:
.....
.....
4. Nome, denominazione commerciale registrata o marchio registrato e indirizzo del fabbricante ai sensi dell'articolo 11, paragrafo 5:
.....
.....
5. Se opportuno, nome e indirizzo del mandatario il cui mandato copre i compiti cui all'articolo 12, paragrafo 2:
.....
.....
6. Sistema o sistemi di valutazione e verifica della costanza della prestazione del prodotto da costruzione di cui all'allegato V:
.....
.....
7. Nel caso di una dichiarazione di prestazione relativa ad un prodotto da costruzione che rientra nell'ambito di applicazione di una norma armonizzata:
.....
(nome e numero di identificazione dell'organismo notificato, se pertinente)
ha effettuatosecondo il sistema
(descrizione dei compiti di parte terza di cui all'allegato V)
e ha rilasciato
(certificato di costanza della prestazione, certificato di conformità del controllo della produzione in fabbrica, relazioni di prova/calcolo — a seconda dei casi)
8. Nel caso di una dichiarazione di prestazione relativa ad un prodotto da costruzione per il quale è stata rilasciata una valutazione tecnica europea:
.....
(nome e numero di identificazione dell'organismo di valutazione tecnica, se pertinente)
ha rilasciato
(numero di riferimento della valutazione tecnica europea)
in base a
(numero di riferimento del documento per la valutazione europea)
effettuatasecondo il sistema
(descrizione dei compiti di parte terza di cui all'allegato V)
e ha rilasciato
(certificato di costanza della prestazione, certificato di conformità del controllo della produzione in fabbrica, relazioni di prova/calcolo — a seconda dei casi)

IDENTIFICAZIONE E QUALIFICAZIONE DEL PRODOTTO

9. Prestazione dichiarata

Note relative alla tabella:

1. La colonna 1 contiene l'elenco delle caratteristiche essenziali definite dalle specifiche tecniche armonizzate per l'uso o gli usi previsti di cui al punto 3;
2. Per ciascuna caratteristica elencata nella colonna 1 e conformemente ai requisiti di cui all'articolo 6, la colonna 2 contiene la prestazione dichiarata, espressa in termini di livello, classe o mediante una descrizione, in relazione alle caratteristiche essenziali corrispondenti. Le lettere «NPD» (nessuna prestazione determinata) ove non sia dichiarata alcuna prestazione;
3. Per ciascuna caratteristica essenziale elencata nella colonna 1 la colonna 3 contiene:
 - a) il riferimento datato della norma armonizzata corrispondente e, se pertinente, il numero di riferimento della documentazione tecnica specifica o della documentazione tecnica appropriata utilizzata;

oppure

 - b) il riferimento datato del documento per la valutazione europea corrispondente, se disponibile, ed il numero di riferimento della valutazione tecnica europea utilizzata;

Caratteristiche essenziali (cfr. nota 1)	Prestazione (cfr. nota 2)	Specifiche tecniche armonizzate (cfr. nota 3)

Qualora sia stata usata la documentazione tecnica specifica, ai sensi dell'articolo 37 o 38, i requisiti cui il prodotto risponde:

.....

.....

10. La prestazione del prodotto di cui ai punti 1 e 2 è conforme alla prestazione dichiarata di cui al punto 9.

Si rilascia la presente dichiarazione di prestazione sotto la responsabilità esclusiva del fabbricante di cui al punto 4.

Firmato a nome e per conto di:

.....
(nome e funzioni)

.....
(luogo e data del rilascio) (firma)

DOCUMENTAZIONE DA PRODURRE DA PARTE DEL FABBRICANTE

Il fabbricante deve redigere e fornire:

- la Marcatura CE - Art. 9 CPR.
 - ✓ l'etichetta deve essere apposta in modo visibile, leggibile e indelebile sul prodotto.
 - ✓ tuttavia, se ciò non fosse possibile o non consentito a causa della natura del prodotto, il marchio può essere apposto sulla confezione, se esiste, o sui documenti di accompagnamento.
- istruzioni e informazioni sulla sicurezza - Art. 11 CPR
 - ✓ *«All'atto di mettere un prodotto da costruzione a disposizione sul mercato, i fabbricanti assicurano che il prodotto sia accompagnato da istruzioni e informazioni sulla sicurezza redatte in una lingua che può essere facilmente compresa dagli utilizzatori, secondo quanto stabilito dallo Stato membro interessato.»*

L'ETA e l'EAD sono reperibili su internet:

- <http://x.etadanmark.dk/danish/eta/pdf/Assessment/ETA170059%20Ledrense%20Ledro%20Steel%20box%20and%20Ledro%20Steel%20Ecobox.pdf> ;
- <https://www.eota.eu/en-GB/content/eads/56/> .

SORVEGLIANZA DEL MERCATO

Le autorità competenti alla sorveglianza del mercato degli Stati membri intervengono in caso di:

- prodotti che comportano rischi (art.56 – CPR): il prodotto da costruzione non soddisfa la prestazione dichiarata e comporta un rischio;
- prodotti da costruzione conformi ma che comportano comunque rischi per la salute e la sicurezza (art.58 – CPR);
- non conformità formale (art.59 – CPR): errata apposizione del CE, non presenza DoP o DoP/documentazione richiesta incompleta/imprecisa.

In questi casi l'operatore economico assicura che siano adottate misure correttive riguardo a tutti i prodotti da costruzione interessati che ha messo a disposizione sul mercato nell'intera Unione o li richiama/ritira entro un termine ragionevole.

SORVEGLIANZA DEL MERCATO

Il Decreto legislativo 16 giugno 2017, n. 106 "Adeguamento della normativa nazionale alle disposizioni del Regolamento (UE) n. 305/2011, che fissa condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione e che abroga la direttiva 89/106/CEE» al Capo V indica le sanzioni per il fabbricante, il distributore, l'importatore, il progettista, il direttore dei lavori ed il collaudatore.

<http://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2017/07/10/17G00119/sg>

E' previsto un aggravio della pena qualora la condotta abbia ad oggetto «l'utilizzo di prodotti e materiali destinati ad uso strutturale o ad uso antincendio».

PROVE SVOLTE SUI PANNELLI IN ACCIAIO LEDROSTEELBOX SECONDO LA EN 10223-8

Caratteristiche essenziali	Riferimento normativo	Prestazione minima da normativa	Prestazione verificata ETA 17/0059
Resistenza a trazione e deformazione del filo	EN 10223-8 "Fili e prodotti trafilati di acciaio per recinzioni e reti - Gabbioni prodotti in rete elettrosaldata -" Paragrafo 7.4	Sforzo massimo di rottura a trazione > 500 MPa	Carico max di rottura = 14567 N Sforzo max di rottura = 554,12 MPa Deformazione massima = 6,47 %
Resistenza al taglio della saldatura	EN 10223-8 "Fili e prodotti trafilati di acciaio per recinzioni e reti - Gabbioni prodotti in rete elettrosaldata -" Paragrafo 7.5	Resistenza della saldatura $\geq 75\%$ dello sforzo massimo di rottura a trazione	Val. medio = 14181,25 N > 11037 N Val. medio su filo doppio = 16231 N
Misura dello spessore della lega di protezione del filo in zinco alluminio con metodo gravimetrico	EN 10244-2 "Fili e prodotti trafilati di acciaio - Rivestimenti metallici non ferrosi sui fili di acciaio - Parte 2: Rivestimenti di zinco o di leghe di zinco"; Paragrafi 5.2.2.1/5.2.2.2 e Tabella 2	Misura dello spessore della lega di protezione del filo in zinco alluminio con metodo gravimetrico ≥ 290 g/mq per la classe A	Valore medio su 5 provini della massa del rivestimento = 401,8 g/mq

PROVE SVOLTE SUI PANNELLI IN ACCIAIO LEDROSTEELBOX SECONDO LA EN 10223-8

Verifica dell'aderenza del rivestimento sul filo mediante prove di avvolgimento	EN ISO 7802 "Materiali metallici - Prova di avvolgimento del filo "	Nessun distacco del rivestimento	Nessun distacco del rivestimento
Prove di corrosione in atmosfere artificiali	EN ISO 9227 "Prove di corrosione in atmosfere artificiali - Prove di nebbia salina"	Superficie interessata a ruggine < 5% dopo 1000 ore di nebbia salina	Superficie interessata a ruggine < 5%
Prove di resistenza dei ganci	Prova non necessaria e svolta secondo le indicazioni dell'Università degli Studi di Trento, dipartimento Industriale	Mantenimento della forma	Valore di resistenza all'apertura = 2000 N

PROVE SVOLTE SUI PANNELLI IN ACCIAIO LEDROSTEEL[®]ECOBX SECONDO LA EN 10223-8

Caratteristiche essenziali	Riferimento normativo	Prestazione minima da normativa	Prestazione verificata ETA 17/0059
Resistenza a trazione e deformazione del filo	EN 10223-8 "Fili e prodotti trafilati di acciaio per recinzioni e reti" Paragrafo 7.4	Sforzo massimo di rottura a trazione > 500 MPa	Carico max di rottura = 7712 N Sforzo max di rottura = 641,64 MPa Deformazione massima = 7,22 %
Resistenza al taglio della saldatura	EN 10223-8 "Fili e prodotti trafilati di acciaio per recinzioni e reti" Paragrafo 7.5	Resistenza della saldatura $\geq 75\%$ dello sforzo massimo di rottura a trazione	Val. medio = 9241 N > 5784 N
Misura dello spessore della lega di protezione del filo in zinco alluminio con metodo gravimetrico	EN 10244-2 "Fili e prodotti trafilati di acciaio - Rivestimenti metallici non ferrosi sui fili di acciaio - Parte 2: Rivestimenti di zinco o di leghe di zinco"; Paragrafi 5.2.2.1/5.2.2.2 e Tabella 2	Misura dello spessore della lega di protezione del filo in zinco alluminio con metodo gravimetrico ≥ 290 g/mq per la classe A	Valore medio su 5 provini della massa del rivestimento = 394,8 g/mq

PROVE SVOLTE SUI PANNELLI IN ACCIAIO LEDROSTEEL[®]ECOB[®]BOX SECONDO LA EN 10223-8

Verifica dell'aderenza del rivestimento sul filo mediante prove di avvolgimento	EN ISO 7802 "Materiali metallici - Prova di avvolgimento del filo "	Nessun distacco del rivestimento	Nessun distacco del rivestimento
Prove di corrosione in atmosfere artificiali	EN ISO 9227 "Prove di corrosione in atmosfere artificiali - Prove di nebbia salina"	Superficie interessata a ruggine < 5% dopo 1000 ore di nebbia salina	Superficie interessata a ruggine < 5%
Prove di resistenza dei ganci	Prova non necessaria e svolta secondo le indicazioni dell'Università degli Studi di Trento, dipartimento industriale	Mantenimento della forma	Valore di resistenza all'apertura = 1500 N

OBBIETTIVI DEL CAMPO PROVE SVOLTO ALL'UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO CON L'ASSISTENZA DEL DIPARTIMENTO DI GEOTECNICA

Le prove di laboratorio, come da accordi tra l'Università degli Studi di Trento e Metallurgica Ledrense, sono state eseguite con lo scopo di studiare il comportamento meccanico dei gabbioni riempiti con materiali frantumati ed alluvionali, in particolare ci si era posti l'obiettivo di:

- definire accelerazione, frequenza e tempo della piastra vibrante che assicurano un costipamento ottimale del materiale di riempimento dei gabbioni;
- valutare la resistenza a schiacciamento del gabbione;
- valutare l'attrito gabbione-piano di posa monotona e ciclica;
- valutare l'attrito gabbione-gabbione monotona e ciclica;
- valutare il comportamento a taglio semplice monotono del gabbione ed in presenza di carichi ciclici.

CARATTERISTICHE DEL MATERIALE DI RIEMPIMENTO EN 13383-1 “AGGREGATI PER OPERE DI PROTEZIONE, ARMOURSTONE”

Il materiale di riempimento deve essere conforme alla norma armonizzata EN 13383-1:2002/AC:2004 – “Aggregati per opere di protezione (armourstone) - Specifiche”, la quale indica le proprietà che devono avere gli “aggregati ottenuti mediante lavorazione di materiali naturali, artificiali o riciclati e miscele di questi, per l'utilizzo in qualità di aggregati per opere di protezione”. L'uso previsto dalla norma è per “opere idrauliche di protezione e di regolazione”, la cui Marcatura CE, come prodotto da costruzione, è obbligatoria dal 01/06/2004.

Di seguito si riportano le prestazioni minime del materiale di riempimento da utilizzare affinché i risultati della campagna di prove sperimentali, condotta dall'Università degli Studi di Trento, possano essere considerati applicabili alle condizioni di progetto.

CARATTERISTICHE DEL MATERIALE DI RIEMPIMENTO FRANTUMATO EN 13383-1 “AGGREGATI PER OPERE DI PROTEZIONE, ARMOURSTONE”

Caratteristiche essenziali	Prestazioni del materiale Campo prove - Ammissibili		Riferimento	Vincoli, commenti e prestazioni minime richieste dalla EN 13383-1
Granulometria	CP _{90/180}	CP _{90/180}	Paragrafo 4.2.1, prosp. 1	La granulometria 90/180 mm è una granulometria stretta progettata per applicazioni speciali come i gabbioni.
Forma	6%	20%	Paragrafo 4.3.2, prosp. 6	LT _A la percentuale di aggregato con rapporto lunghezza-spessore maggiore di 3 deve essere $\leq 20\%$;
Proporzione di superfici frantumate o rotte	0%	$\leq 5\%$	Paragrafo 4.4, prospetto 7	RO ₅ proporzione di pezzi di aggregato con meno del 50% di superfici frantumate o rotte $\leq 5\%$
Massa volumica dei granuli	$\geq 2,77$ Mg/mc	$\geq 2,50$ Mg/mc	Paragrafo 5.2, prospetto 8	$\geq 2,30$ Mg/mc
Massa volumica in mucchio dei granuli	1,44 Mg/mc	1,30 Mg/mc	UNI EN 1097-3	Caratteristica non prevista
Massa volumica in mucchio costipata dei granuli	1,60 Mg/mc	Porosità max 44%	Campo prove Università degli Studi di Trento	Caratteristica non prevista
Resistenza a rottura degli aggregati	215 MPa	160 MPa	Paragrafo 5.3, prospetto 9	CS ₈₀ maggiore di 80 MPa
Resistenza all'usura degli aggregati	11	Scelta vincolata al luogo di utilizzo	Paragrafo 5.4, prosp. 10	M _{DE10} coefficiente micro Deval ≤ 10 M _{DE20} coefficiente micro Deval ≤ 20 M _{DE30} coefficiente micro Deval ≤ 30

CARATTERISTICHE DEL MATERIALE DI RIEMPIMENTO FRANTUMATO EN 13383-1 “AGGREGATI PER OPERE DI PROTEZIONE, ARMOURSTONE”

Disintegrazione del silicato bicalcico	NPD	NPD		Solo per loppe di altoforno. Non previste nel progetto.
Disintegrazione del ferro	NPD	NPD		Solo per loppe di altoforno. Non previste nel progetto.
Disintegraz. della scoria di acciaio	NPD	NPD		Solo per loppe di altoforno. Non previste nel progetto.
Rilascio di sostanze pericolose	Conforme	Conforme	D.M. 05/04/2006 n. 186	Il prodotto dovrebbe essere accompagnato dalla documentazione che elenca eventuali legislazioni su sostanze pericolose di cui si rivendica la conformità, nonché eventuali informazioni richieste da tali legislazioni.
Assorbimento dell'acqua	0,4%	Scelta vincolata al luogo di utilizzo	Paragrafo 7.3, prosp.12	WA ₁ assorbimento medio di acqua ≤ 0,5% per garantire adeguata durabilità, percentuale in massa.
Resistenza a gelo e disgelo	0,1%	Scelta vincolata al luogo di utilizzo	Paragrafo 7.4, prosp. 13	FT _A perdita di massa inferiore dello 0,5 % o formazione di fratture aperte
Resistenza alla cristallizzazione salina	24%	Scelta vincolata al luogo di utilizzo	Paragrafo 7.5, prosp. 14	MS ₂₅ perdita di massa ≤ 25%
Indagine petrografica				Classificazione del tipo di roccia. Un'indagine petrografica e una classificazione del tipo di roccia può spesso fornire una chiara indicazione di alta resistenza al
Sonnenbrand del basalto	NPD	NPD	Paragrafo 7.6, prosp.15	Solo per basalto.

CARATTERISTICHE DEL MATERIALE DI RIEMPIMENTO ALLUVIONALE TONDO EN 13383-1 “AGGREGATI PER OPERE DI PROTEZIONE, ARMOURSTONE”

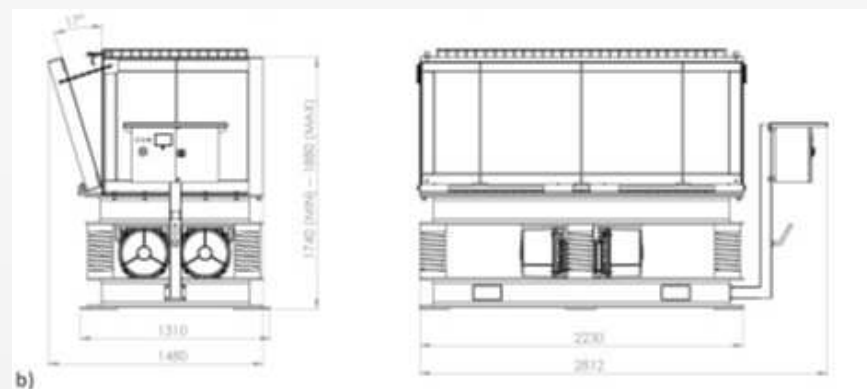
Caratteristiche essenziali	Prestazioni del materiale Campo prove - Ammissibili		Riferimento	Vincoli, commenti e prestazioni minime richieste dalla EN 13383-1
Granulometria	CP _{90/180}	CP _{90/180}	Paragrafo 4.2.1, prosp. 1	La granulometria 90/180 mm è una granulometria stretta progettata per applicazioni speciali come i gabbioni.
Forma	6%	20%	Paragrafo 4.3.2, prosp. 6	LT _A la percentuale di aggregato con rapporto lunghezza-spessore maggiore di 3 deve essere $\leq 20\%$;
Proporzione di superfici frantumate o rotte	87%	90%	Paragrafo 4.4, prospetto 7	RO ₉₀ proporzione di pezzi di aggregato con meno del 50% di superfici frantumate o rotte $\leq 90\%$
Massa volumica dei granuli	$\geq 2,70$ Mg/mc	$\geq 2,55$ Mg/mc	Paragrafo 5.2, prospetto 8	$\geq 2,30$ Mg/mc
Massa volumica in mucchio dei granuli	1,57 Mg/mc	1,48 Mg/mc	UNI EN 1097-3	Caratteristica non prevista
Massa volumica in mucchio costipata dei granuli	1,75 Mg/mc	Porosità max 39%	Campo prove Università degli Studi di Trento	Caratteristica non prevista
Resistenza a rottura degli aggregati	169 MPa	160 MPa	Paragrafo 5.3, prospetto 9	CS ₈₀ maggiore di 80 MPa
Resistenza all'usura degli aggregati	11	Scelta vincolata al luogo di utilizzo	Paragrafo 5.4, prosp. 10	M _{DE10} coefficiente micro Deval ≤ 10 M _{DE20} coefficiente micro Deval ≤ 20 M _{DE30} coefficiente micro Deval ≤ 30

CARATTERISTICHE DEL MATERIALE DI RIEMPIMENTO ALLUVIONALE TONDO EN 13383-1 “AGGREGATI PER OPERE DI PROTEZIONE, ARMOURSTONE”

Disintegrazione del silicato bicalcico	NPD	NPD		Solo per loppe di altoforno. Non previste nel progetto.
Disintegrazione del ferro	NPD	NPD		Solo per loppe di altoforno. Non previste nel progetto.
Disintegraz. della scoria di acciaio	NPD	NPD		Solo per loppe di altoforno. Non previste nel progetto.
Rilascio di sostanze pericolose	Conforme	Conforme	D.M. 05/04/2006 n. 186	Il prodotto dovrebbe essere accompagnato dalla documentazione che elenca eventuali legislazioni su sostanze pericolose di cui si rivendica la conformità, nonché eventuali informazioni richieste da tali legislazioni.
Assorbimento dell'acqua	0,4%	Scelta vincolata al luogo di utilizzo	Paragrafo 7.3, prosp.12	WA ₁ assorbimento medio di acqua $\leq 0,5\%$ per garantire adeguata durabilità, percentuale in massa.
Resistenza a gelo e disgelo	0,1%	Scelta vincolata al luogo di utilizzo	Paragrafo 7.4, prosp. 13	FT _A perdita di massa inferiore dello 0,5 % o formazione di fratture aperte
Resistenza alla cristallizzazione salina	24%	Scelta vincolata al luogo di utilizzo	Paragrafo 7.5, prosp. 14	MS ₂₅ perdita di massa $\leq 25\%$
Indagine petrografica	sediment. 62% magmat. 18% metamorf. 20%			Classificazione del tipo di roccia. Un'indagine petrografica e una classificazione del tipo di roccia può spesso fornire una chiara indicazione di alta resistenza al
Sonnenbrand del basalto	NPD	NPD	Paragrafo 7.6, prosp.15	Solo per basalto.

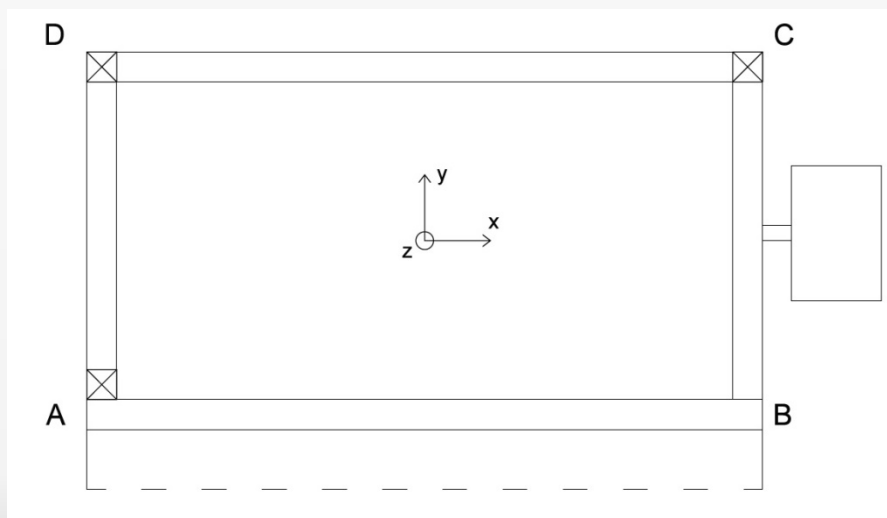
PROVE DI COSTIPAMENTO SU PIASTRA VIBRANTE PER GABBIONE LEDROSTEELBOX

Il materiale di riempimento del gabbione Ledrosteelbox va costipato utilizzando una tavola vibrante. La tavola vibrante utilizzata durante le prove è composta da un alloggiamento di 2 mc circa, 106 x 206 x 100 cm, sul quale si può porre un gabbione da 2 mc oppure due gabbioni affiancati da 1 mc. Il sistema vibrante è composto da 8 molle e due motori che generano la forzante delle vibrazioni. La tavola vibrante utilizzata consente di impostare il tipo di vibrazione indicata come “moto ondulatorio” e “moto sussultorio”



PROVE DI COSTIPAMENTO SU PIASTRA VIBRANTE PER GABBIONE LEDROSTEELBOX

Sono stati collocati 10 accelerometri in vari punti della tavola vibrante ed orientati nelle tre direzioni principali; gli accelerometri sono in numero ridondante in modo da rilevare eventuali anomalie dei singoli sensori ed escluderli.



PROVE DI COSTIPAMENTO SU PIASTRA VIBRANTE PER GABBIONE LEDROSTEELBOX

Le prove sono state eseguite con 2 diversi tipi di materiali:

- R1 calcareo frantumato;
- R2 alluvionale tondo.

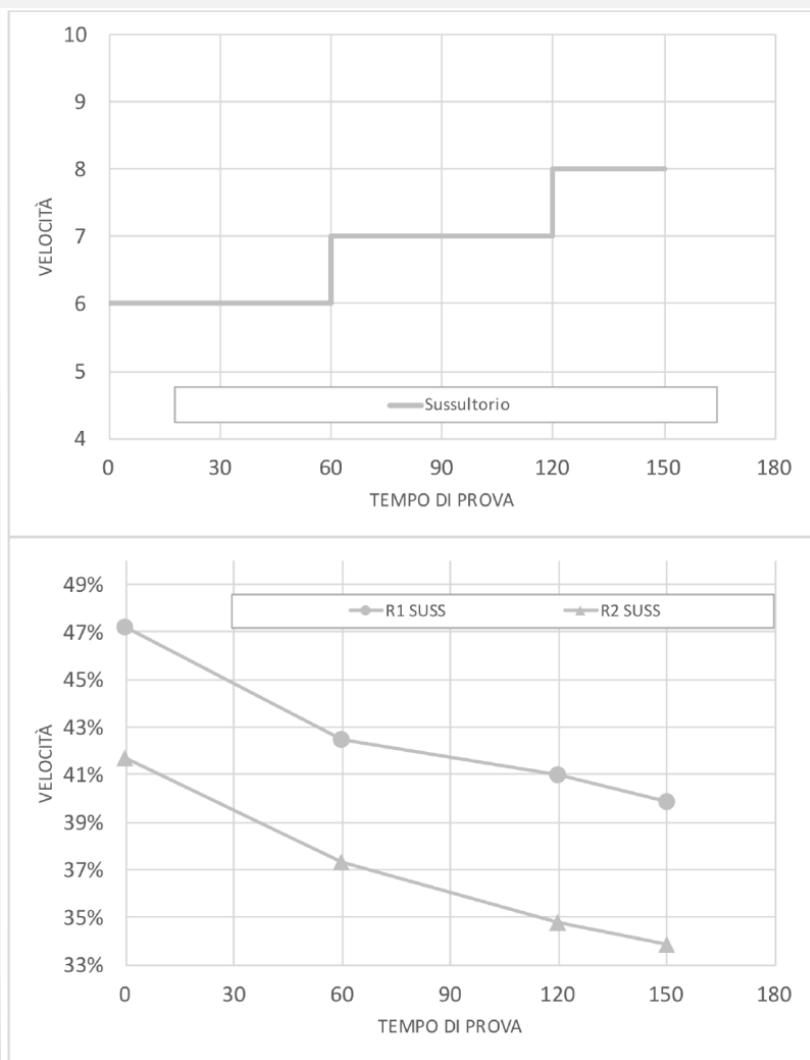
Si è scelto un intervallo di valori di potenza, “velocità vibro”, per tipo forzante, “Ondulatorio/sussultorio”, in cui si prevede un effetto significativo di costipamento del materiale. Previsioni fatte in base alle misure accelerometriche e comparazioni con prove presenti riportate da Morgan and Markland (1981) sugli effetti delle vibrazioni su ballast ferroviari, dalle quali emerge che il costipamento del pietrame risulta efficace se applicate vibrazioni aventi accelerazioni verticali massime superiori all’accelerazione di gravità media, 1g.

Il criterio di scelta è quindi vincolato al superamento di una componente di accelerazione del valore 10 m/s^2 , corrispondente approssimativamente ad accelerazione 1^*g .

PROVE DI COSTIPAMENTO SU PIASTRA VIBRANTE PER GABBIONE LEDROSTEELBOX

Forzante		Sussultorio		
Liv. Velocità		6	7	8
Tempo progressivo (sec)		60	120	150
Δt (sec)		60	60	30
Riempiment o R1	porosità iniziale	47.2%	42.5%	41.0%
	porosità finale	42.5%	41.0%	39.9%
	Δn	-4.7%	-1.5%	-1.1%
	deformazioni X (mm)	0	0	> 0
	deformazioni Y (mm)	0	0	> 0
Riempiment o R2	porosità iniziale (%)	41.7%	37.3%	34.8%
	porosità finale (%)	37.3%	34.8%	33.9%
	Δn (%)	-4.4%	-2.5%	-0.9%
	deformazioni X (mm)	0	> 0	> 0
	deformazioni Y (mm)	0	> 0	> 0

PROVE DI COSTIPAMENTO SU PIASTRA VIBRANTE PER GABBIONE LEDROSTEELBOX



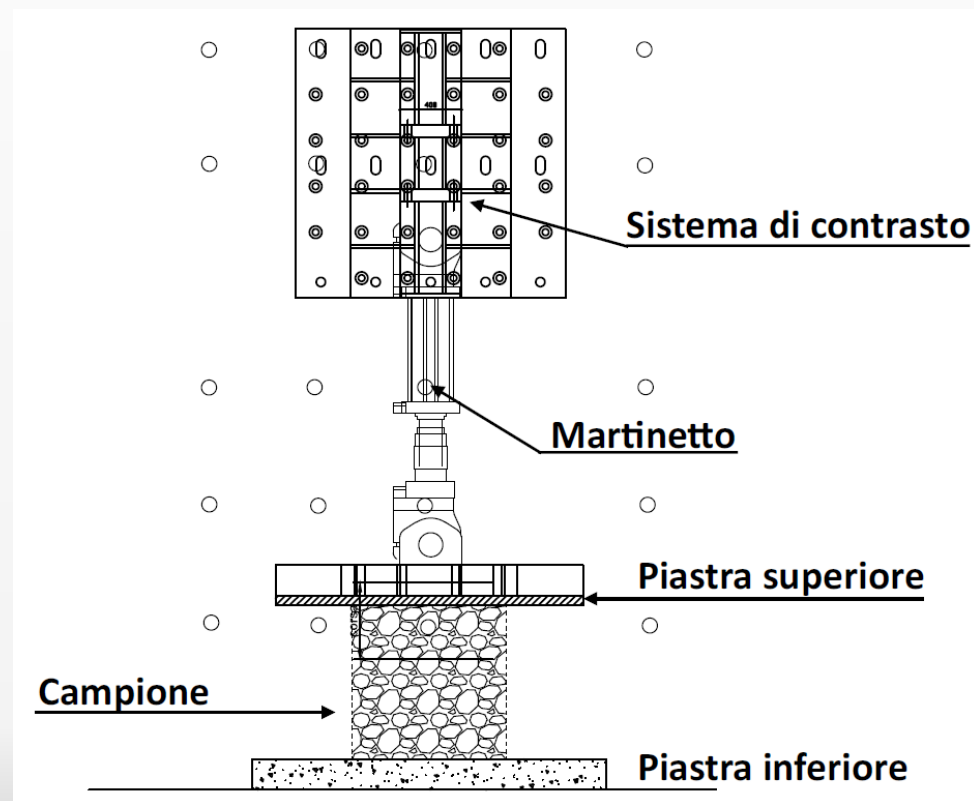
PROVE DI COSTIPAMENTO SU PIASTRA VIBRANTE PER GABBIONE LEDROSTEELBOX

Procedura operativa per il riempimento:

- posizionamento dei gabbioni nella tavola vibrante e successivo riempimento completo con il materiale scelto;
- applicazione di moto sussultorio per 50 secondi, con accelerazione di picco pari a $25,70 \text{ m/s}^2$ e frequenza pari a $9,70 \text{ Hz}$;
- aggiunta di uno strato di riempimento;
- applicazione di moto sussultorio supplementare per 10 secondi, con accelerazione di picco pari a $25,70 \text{ m/s}^2$ e frequenza pari a $9,70 \text{ Hz}$, per permettere il costipamento del materiale aggiunto;
- intervento manuale in maniera da creare un piano di appoggio superficiale il più possibile uniforme.

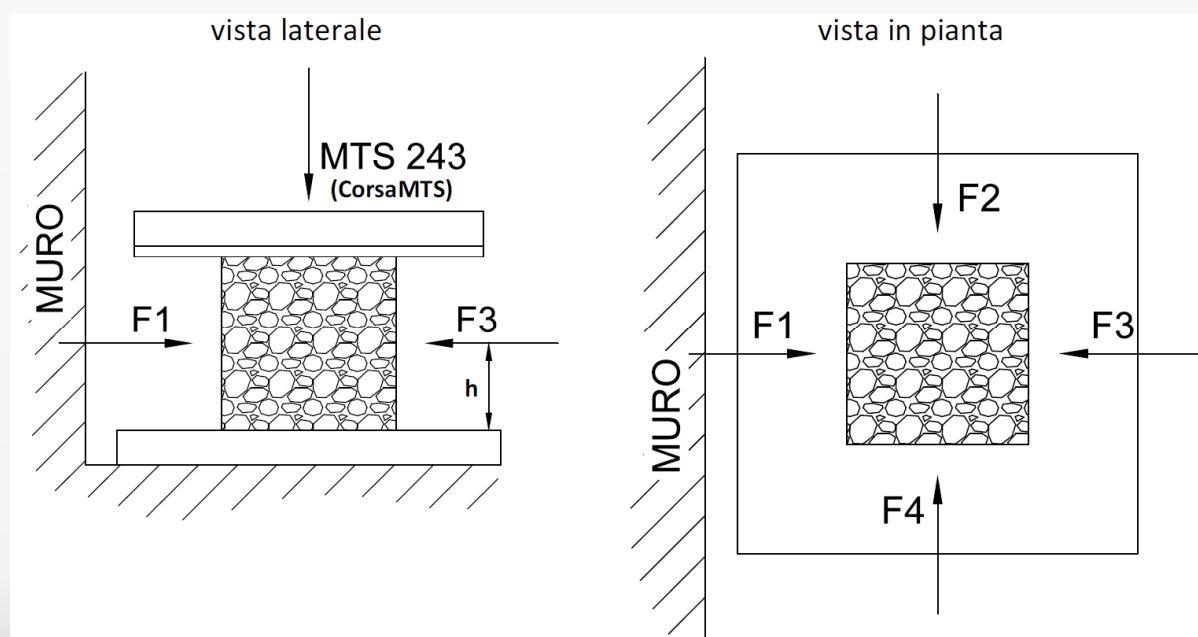
PROVE DI SCHIACCIAMENTO

Le prove di schiacciamento si pongono l'obiettivo di descrivere il comportamento a compressione semplice del sistema gabbione, composto dalla struttura metallica e dal riempimento, sia in condizioni di esercizio che in condizioni ultime.



PROVE DI SCHIACCIAMENTO

Le prove sono state svolte in controllo di spostamento con velocità imposta all'attuatore di 5 mm/min. Ai quattro lati sono stati posti i sensori di spostamento a filo, F1, F2, F3, F4, ad altezza h , in corrispondenza dei presunti massimi spostamenti laterali della gabbia metallica. Le direzioni dei versi delle frecce indicano l'orientamento dei cinque sensori.

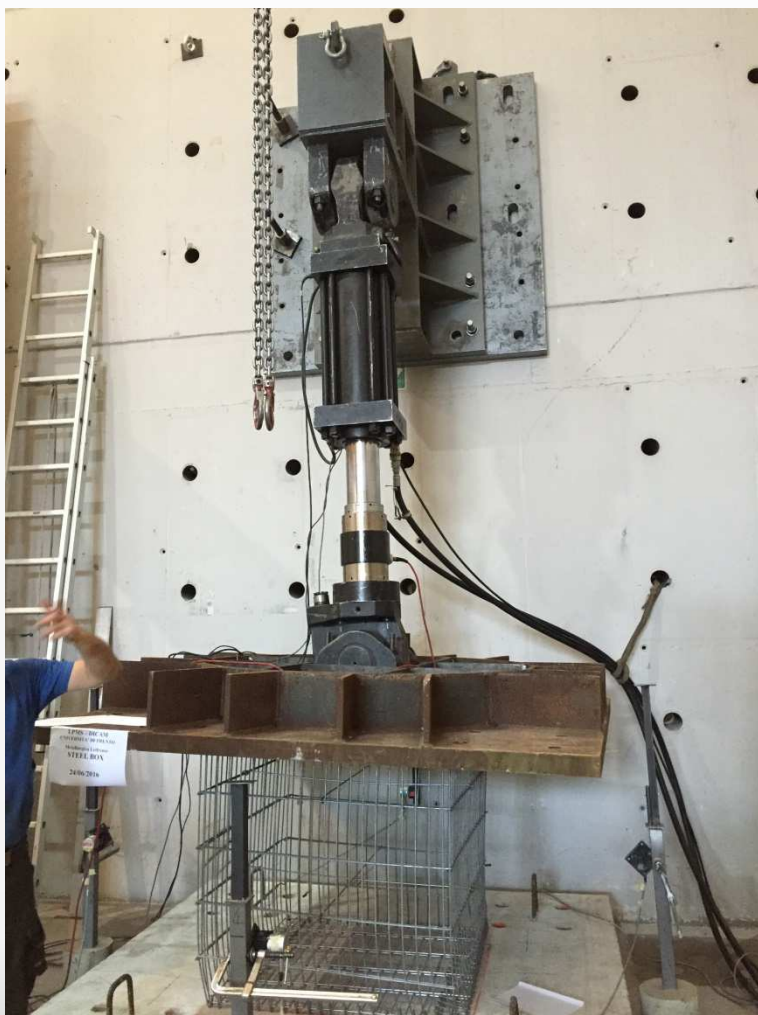


PROVE DI SCHIACCIAMENTO

Le prove sono state eseguite su ambedue i gabbioni utilizzando sia il calcareo frantumato, R1, che l'alluvionale tondo, R2. La prima prova è stata eseguita sulla gabbia metallica senza riempimento, nelle stesse condizioni delle prove successive, in questo modo è stata stimata la resistenza e la deformabilità della struttura metallica. La massa per unità di volume dei gabbioni viene misurata prima di ogni prova.

Prova	Riempimento	Struttura
C0	Vuoto	Steelbox 1mc
C1_R1	R1	Steelbox 1mc
C2_R2	R2	Steelbox 1mc
C0_2mc	Vuoto	Steelbox 2mc
C1_R1_2mc	R1	Steelbox 2mc
C0e	Vuoto	Ecobox
C1e_R1	R1	Ecobox
C2e_R2	R2	Ecobox

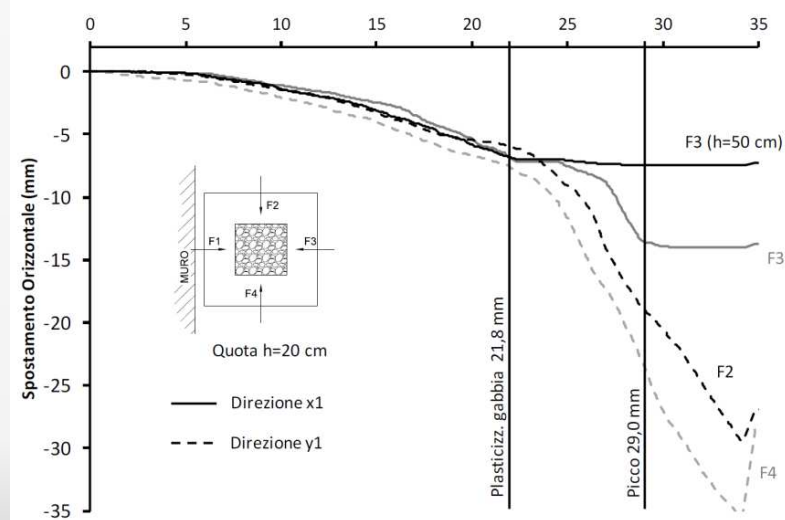
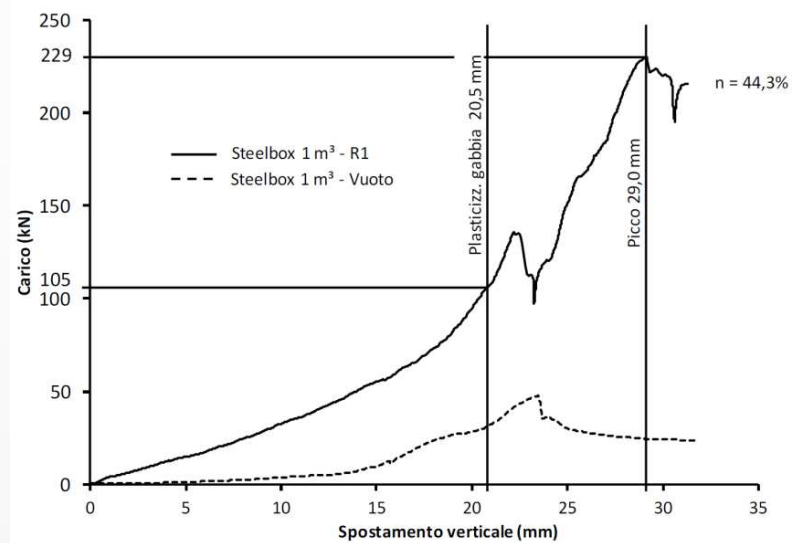
PROVE DI SCHIACCIAMENTO



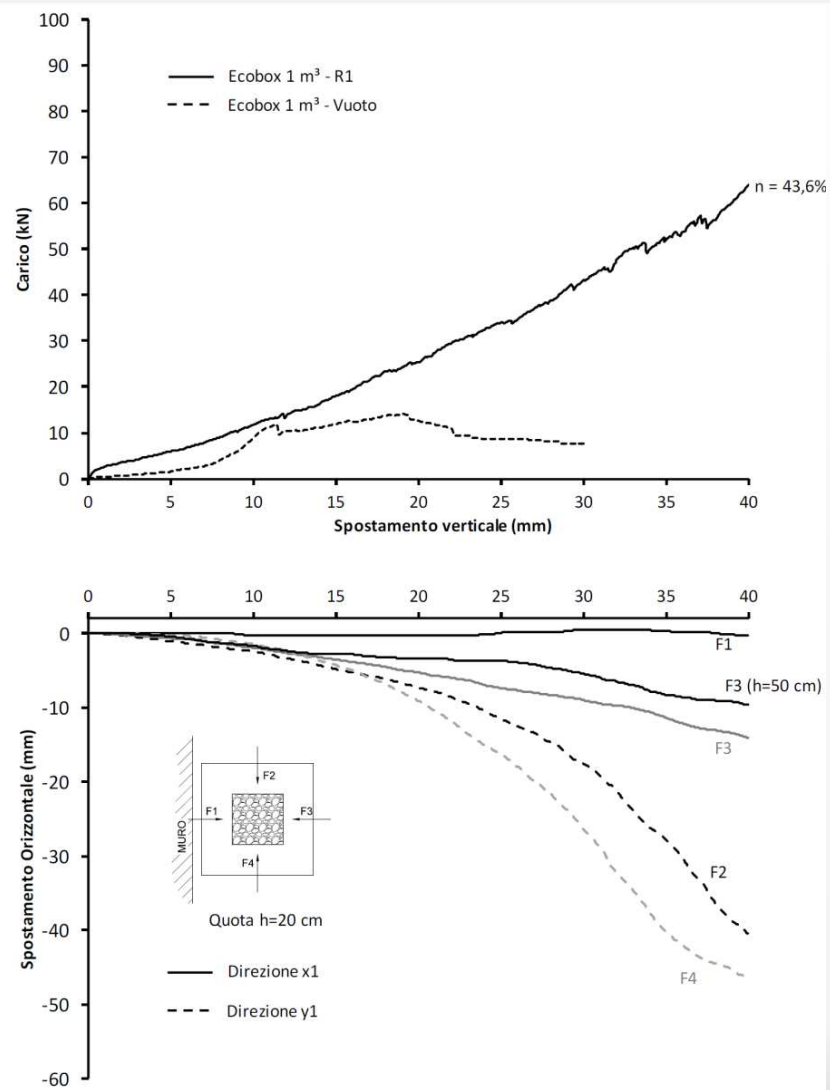
PROVE DI SCHIACCIAMENTO



PROVE DI SCHIACCIAMENTO



PROVE DI SCHIACCIAMENTO



PROVE DI SCHIACCIAMENTO

Si osserva:

- deformazioni concentrate della gabbia LedroSteelbox in prossimità del picco;
- instabilità degli angoli, prima del carico a cui inizia la plasticizzazione della gabbia;
- rottura fragile dei ganci ai bordi del gabbione e dei tiranti interni, in prossimità del carico di picco;
- deformazioni e rotture oltre la fase di picco;
- deformazioni estese del gabbione LedroSteelEcobox;
- la resistenza in condizioni di esercizio è correlata al comportamento della gabbia che sembra plasticizzarsi in corrispondenza di deformazioni verticali $e_y \cong 2,1 \%$, tuttavia il valore di resistenza è fortemente influenzato dalla sistemazione manuale dello strato superficiale di riempimento;
- la resistenza ultima è influenzata dalla perdita di confinamento della gabbia e successivo assestamento veloce del riempimento;
- Il comportamento non sembra essere influenzato dalla porosità globale del riempimento, bensì dalla disposizione reciproca dei grani, ovvero dai punti di contatto

PROVE DI SCHIACCIAMENTO

Si osserva:

- la resistenza in condizioni di esercizio è correlata al comportamento della gabbia che sembra plasticizzarsi in corrispondenza di deformazioni verticali $e_y \cong 2,1 \%$, tuttavia il valore di resistenza è fortemente influenzato dalla sistemazione manuale dello strato superficiale di riempimento;
- la resistenza ultima è influenzata dalla perdita di confinamento della gabbia e successivo assestamento veloce del riempimento;
- Il comportamento non sembra essere influenzato dalla porosità globale del riempimento, bensì dalla disposizione reciproca dei grani, ovvero dai punti di contatto

PROVE DI SCHIACCIAMENTO

Conclusioni:

- carico massimo di schiacciamento applicabile su un gabbione LedroSteelbox in condizioni di esercizio $\sigma_y = 93$ kPa con deformazione massima $\varepsilon_y = 2,1\%$;
- carico massimo di schiacciamento applicabile su un gabbione LedroSteelEcobox in condizioni di esercizio $\sigma_y = 32$ kPa con deformazione massima $\varepsilon_y = 2,1\%$

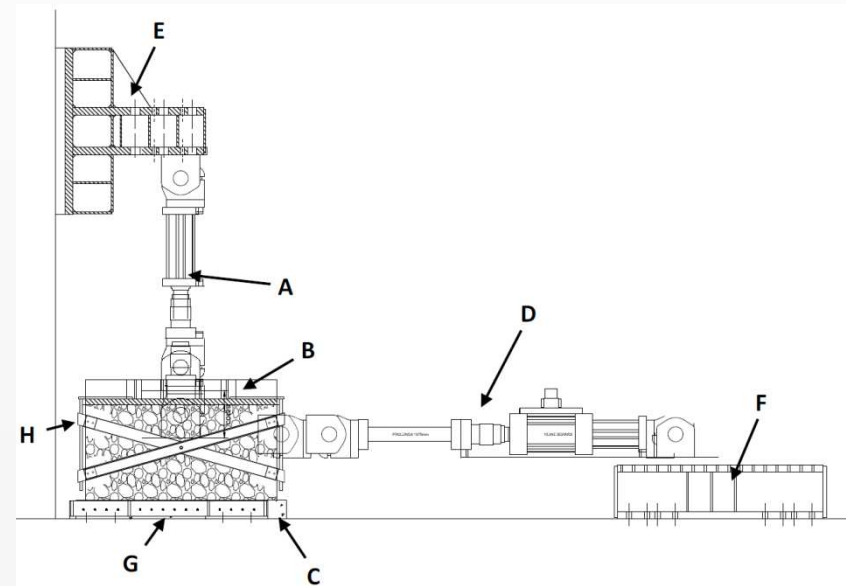
PROVE DI ATTRITO GABBIONE PIANO DI POSA MONOTONE E CICLICHE

Le prove di attrito gabbione-piano di posa sono state eseguite solo sui gabbioni LedroSteelbox da 1 e 2 mc riempiti con calcare frantumato. L'obiettivo è determinare il coefficiente di attrito tra la gabbia ed il magrone. La prova di attrito gabbione-piano di posa ciclica ha lo scopo di determinare l'eventuale decadimento della resistenza di attrito per effetto dell'applicazione di un carico ciclico.



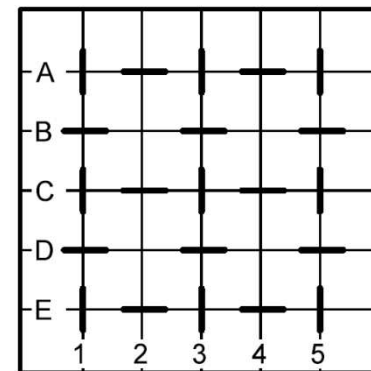
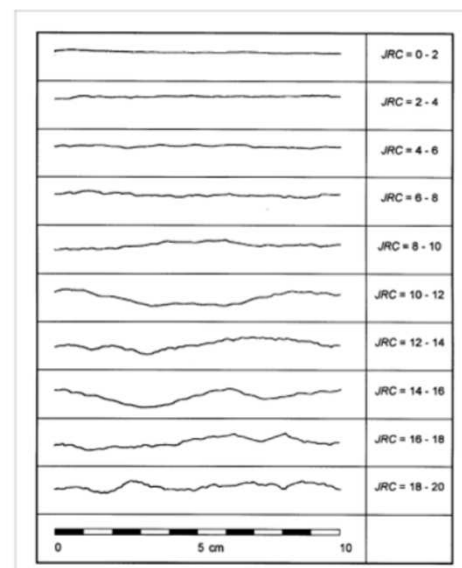
PROVE DI ATTRITO GABBIONE PIANO DI POSA MONOTONE E CICLICHE

- A. Martinetto verticale per l'applicazione del carico assiale (N);
- B. Piastra di ripartizione del carico verticale;
- C. Piastra di base in calcestruzzo;
- D. Martinetto orizzontale per l'applicazione del carico tagliante (T);
- E. Sistema di contrasto del martinetto verticale;
- F. Sistema di contrasto del martinetto orizzontale;
- G. Sistema di vincolo a terra della piastra in calcestruzzo;
- H. Sistema di trasferimento e ripartizione del carico orizzontale al gabbione.



PROVE DI ATTRITO GABBIONE PIANO DI POSA MONOTONE E CICLICHE

E' stata eseguita la caratterizzazione della rugosità del piano di posa con il metodo detto "pettine di Barton", utilizzato in genere per caratterizzare le discontinuità in roccia. Consiste nel misurare il profilo dalla superficie con lo strumento e nel confrontare il profilo misurato con i profili di rugosità presenti in letteratura. La superficie risulta, in termini descrittivi, appartenente alla categoria "Rugosa o irregolare, ondulata"



PROVE DI ATTRITO GABBIONE PIANO DI POSA MONOTONE E CICLICHE

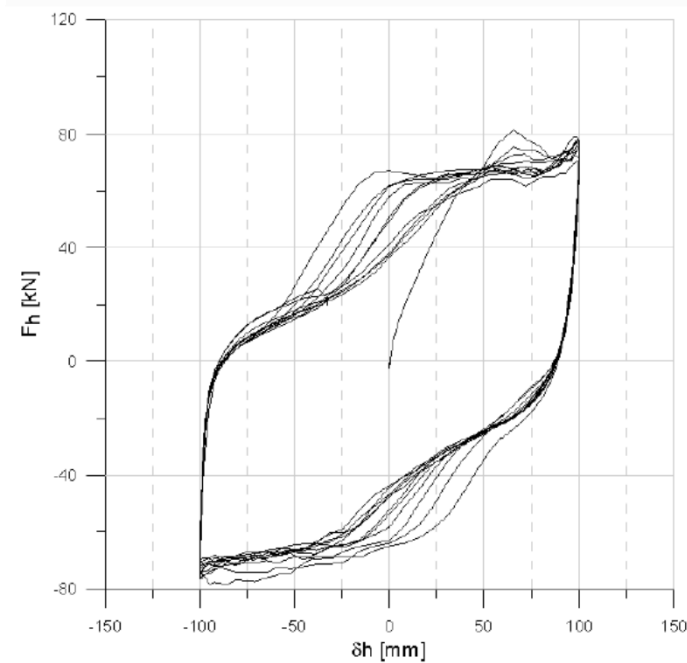
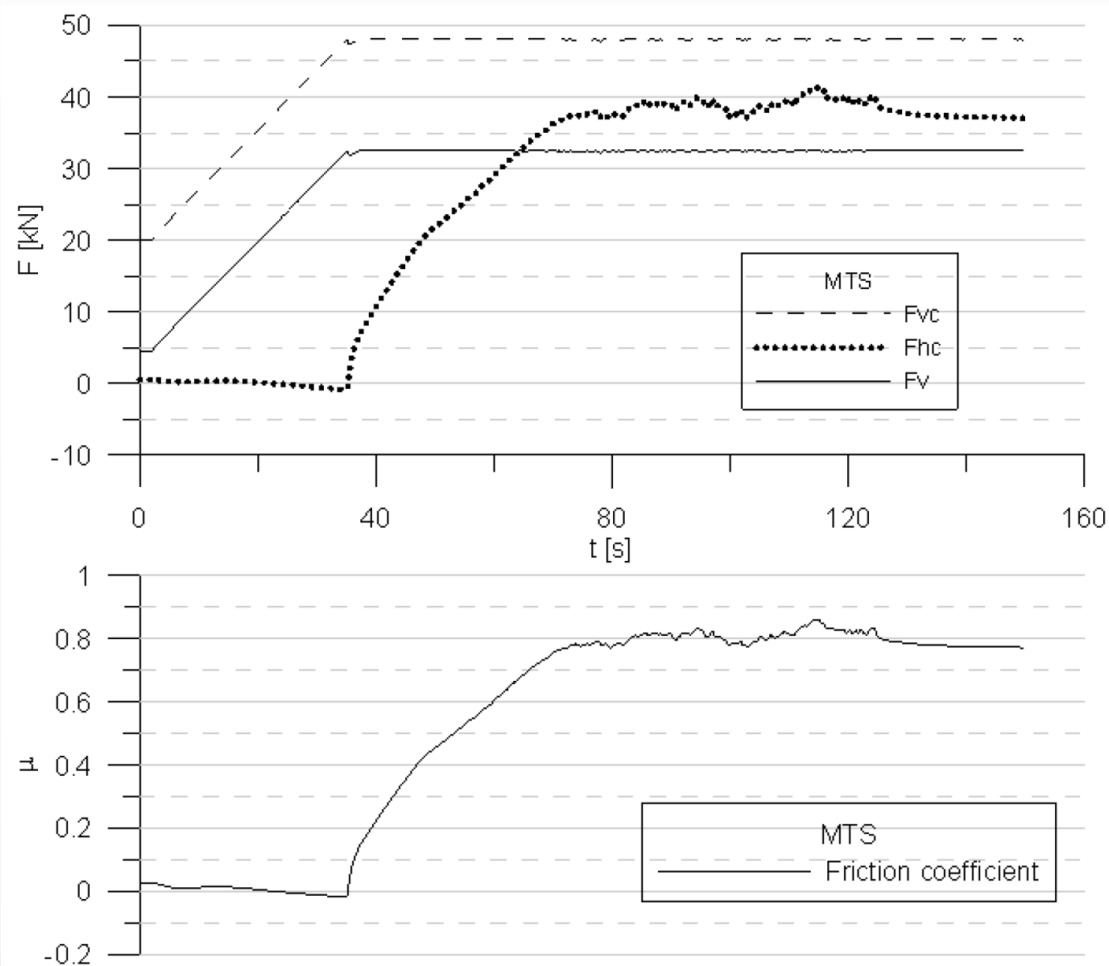
Gabbione LedroSteelbox 1 mc

Nome prova	F _{hc} [kN]	F _{vc} [kN]	Corsa MTS orizzontale [mm]	μ	δ [°]
BF1_1_32.5	Prova interrotta				
BF2_1_32.5	37.5	48.0	38	0.78	38.0
BF4_1_32.5	Prova interrotta				
BF5_1_1	13.7	16.3	28	0.84	40.0
BF6_1_85	74.5	100.5	110	0.74	36.5
BF7_1_65	60.7	79.9	70	0.76	37.2
BF8_1_16.5	25.8	31.4	60	0.82	39.5
BF9_1_48.5	48.8	63.3	90	0.77	37.6
BF10_1_82	78.2	96.7	117	0.81	38.9

Gabbione LedroSteelbox 2 mc

Nome prova	F _{hc} [kN]	F _{vc} [kN]	Corsa MTS orizzontale [mm]	μ	δ [°]
BF11_2_0	23.8	32.2	27	0.74	36.5
BF12_2_65	75.0	97.1	60	0.77	37.7
BF13_2_97.5	93.9	129.5	66	0.73	36.0
BF14_2_130	120.1	161.9	74	0.74	36.6
BF15_2_162.5	144.1	194.5	78	0.74	36.5

PROVE DI ATTRITO GABBIONE PIANO DI POSA MONOTONE E CICLICHE



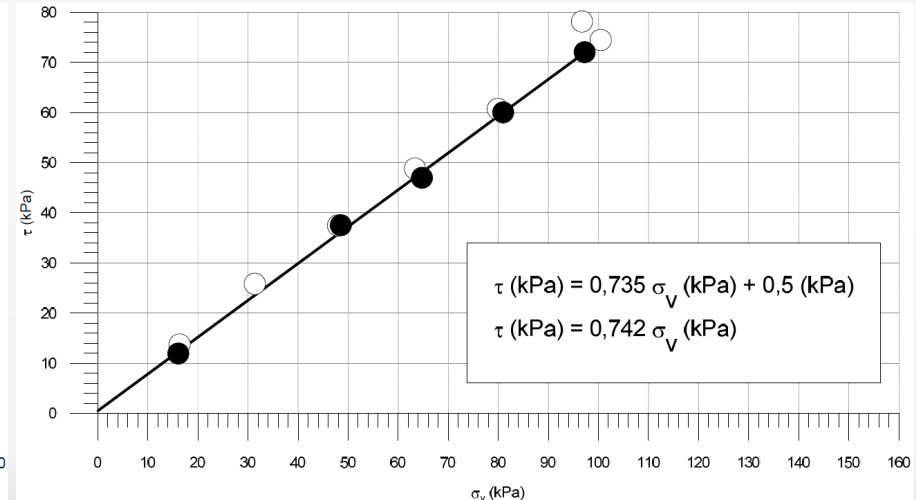
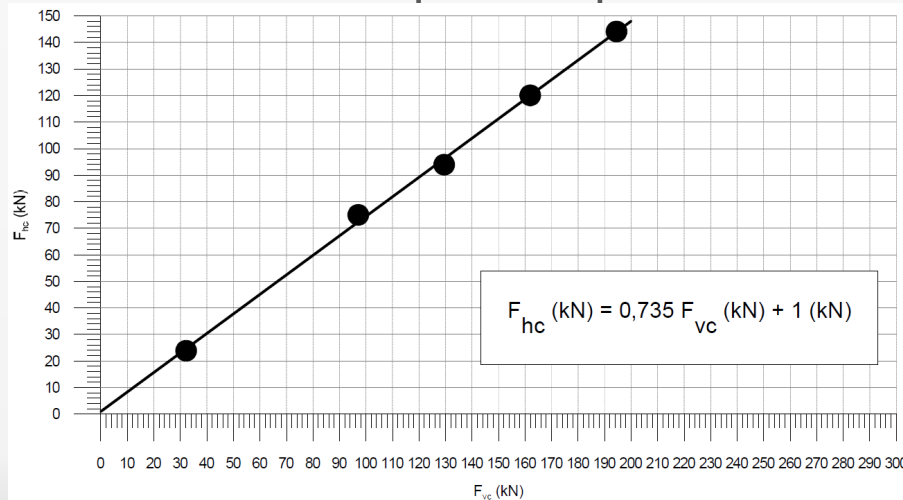
PROVE DI ATTRITO GABBIONE PIANO DI POSA MONOTONE E CICLICHE

La relazione fra forza verticale e forza orizzontale può essere descritta con la seguente formula: $F_h[\text{kN}] = 0,735 \times F_v[\text{kN}] + 1 \text{ kN}$

$$\tau_h[\text{kPa}] = 0,742 \times \sigma_v[\text{kPa}]$$

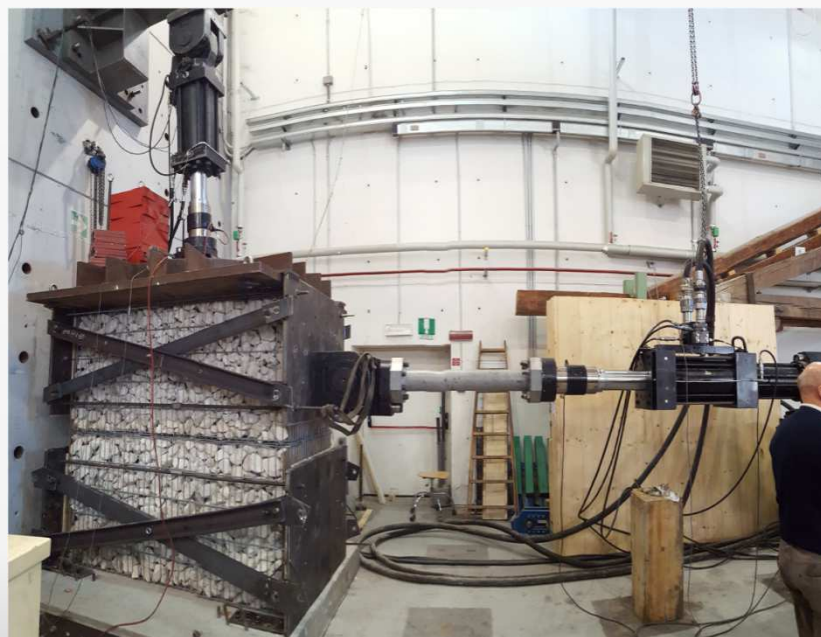
La relazione tra la forza verticale e la forza orizzontale permette di individuare un valore del coefficiente di attrito $\mu = 0,742$ ed un angolo di attrito $\delta = 36,6^\circ$.

I valori della forza F_{hc} calcolata durante i cicli di spostamento orizzontale non subisce una riduzione col progredire del numero di cicli, per cui la resistenza allo scorrimento con il piano di posa non diminuisce.



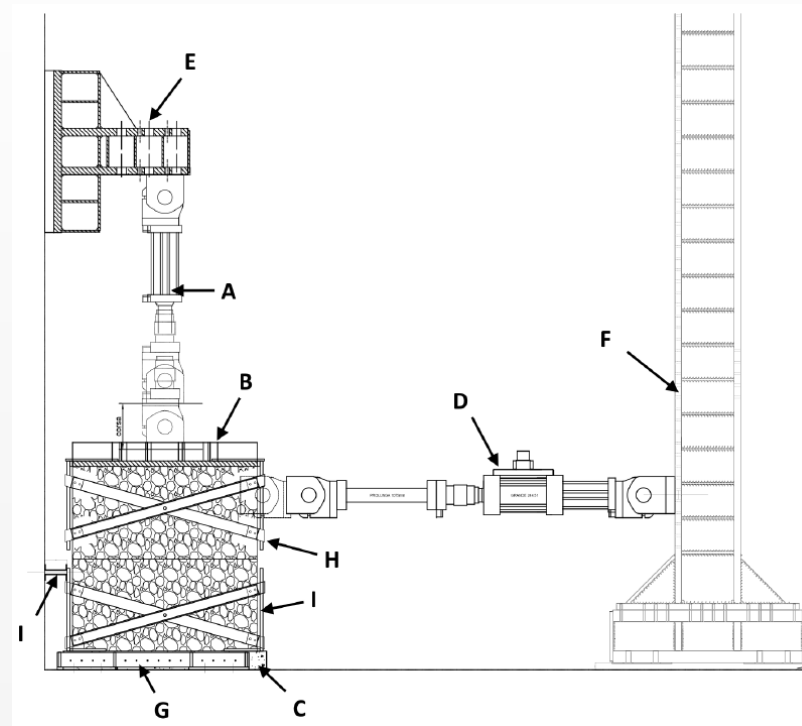
PROVE DI ATTRITO GABBIONE-GABBIONE MONOTONE E CICLICHE

Le prove di attrito gabbione-gabbione sono state eseguite solo sui gabbioni strutturali da 2 mc riempiti con calcare frantumato. L'obiettivo è determinare il coefficiente di attrito tra le due superfici. La prova di attrito gabbione-gabbione ciclica ha lo scopo di determinare l'eventuale decadimento della resistenza di attrito.



PROVE DI ATTRITO GABBIONE-GABBIONE MONOTONE E CICLICHE

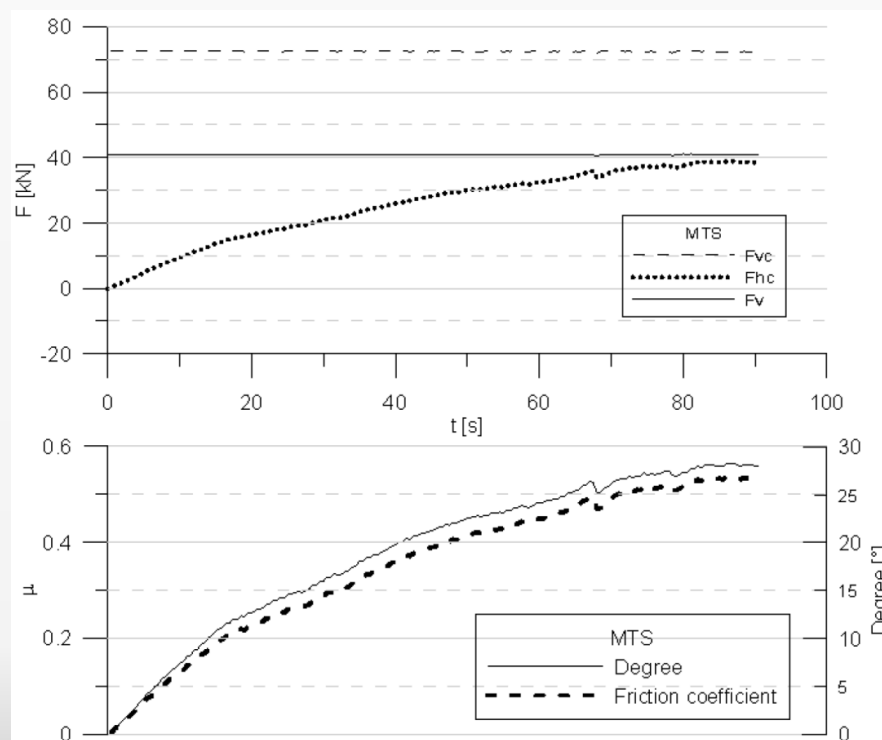
- A. Martinetto verticale per l'applicazione del carico assiale (N);
- B. Piastra di ripartizione del carico verticale;
- C. Piastra di base in calcestruzzo;
- D. Martinetto orizzontale per l'applicazione del carico tagliante (T);
- E. Sistema di contrasto del martinetto verticale;
- F. Sistema di contrasto del martinetto orizzontale;
- G. Sistema di vincolo a terra della piastra in calcestruzzo;
- H. Sistema di trasferimento e ripartizione del carico orizzontale al gabbione;
- I. Sistema di fissaggio del gabbione al piano di posa;



PROVE DI ATTRITO GABBIONE-GABBIONE MONOTONE E CICLICHE

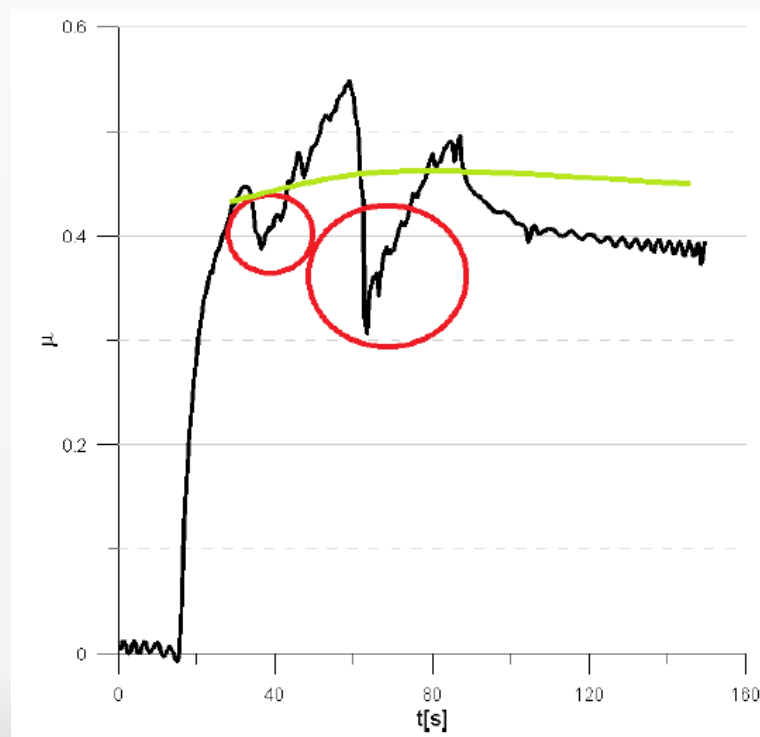
Gabbione LedroSteelbox 2 mc

Nome prova	F_{hc} [kN]	F_{vc} [kN]	Corsa MTS orizzontale [mm]	μ	δ [°]
IF1_2_8.6	20.0	41.1	16	0.49	26.0
IF2_2_65	44.9	97.3	45	0.46	24.8
IF3_2_97.5	65.7	129.7	74	0.51	26.9
IF4_2_32.5	37.7	65.0	75	0.58	30.1



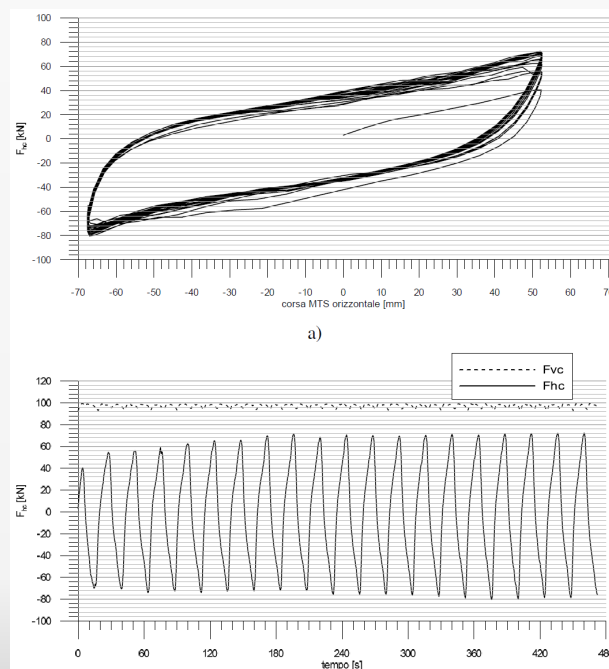
PROVE DI ATTRITO GABBIONE-GABBIONE MONOTONE E CICLICHE

Nei grafici è evidente la presenza di rapidi decadimenti, della forza orizzontale, con una ripresa graduale dei valori. Tali salti sono dovuti, analizzando anche i video della prova, alla rottura delle pietre del riempimento oppure allo scorrimento repentino di una maglia della gabbia soprastante su una maglia del gabbione sottostante.



PROVE DI ATTRITO GABBIONE-GABBIONE MONOTONE E CICLICHE

Nei primi sette cicli la forza orizzontale F_{hc} subisce un lieve incremento stabilizzandosi, nei cicli successivi, su un valore di circa 70 kN. Il coefficiente di attrito μ aumenta da 0.406, equivalente ad un angolo di attrito di 22.1° , nel primo semi-ciclo, al valore stabile di circa 0.727, equivalente ad un angolo di attrito di 36° . Tale aumento potrebbe essere attribuito alla progressiva penetrazione del gabbione soprastante in quello sottostante.

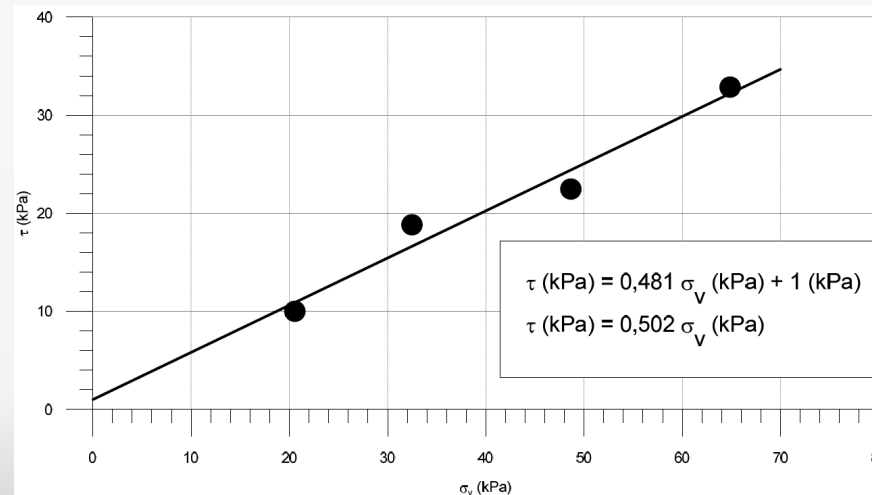
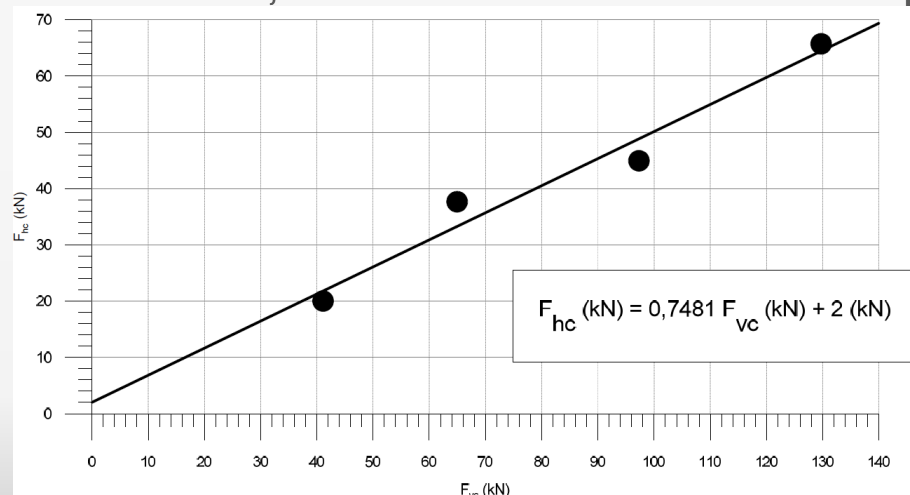


PROVE DI ATTRITO GABBIONE-GABBIONE MONOTONE E CICLICHE

La relazione fra forza verticale e forza orizzontale può essere descritta con la seguente formula: $F_h[\text{kN}] = 0,481 \times F_v[\text{kN}] + 2 \text{ kN}$; $\tau_h[\text{kPa}] = 0,502 \times \sigma_v[\text{kPa}]$

La relazione tra la forza verticale e la forza orizzontale permette di individuare un valore del coefficiente di attrito $\mu = 0,50$ ed un angolo di attrito $\delta = 26,7^\circ$.

La resistenza allo scorrimento subisce un lieve incremento iniziale e si stabilizza ad un valore corrispondente ad un coefficiente di attrito di 0.727, equivalente ad un angolo di attrito di 36° . Tale valore è superiore all'angolo di attrito ottenuto nella prova monotona allo stesso valore di carico verticale. Tale aumento potrebbe essere attribuito alla progressiva penetrazione del gabbione soprastante in quello sottostante, che si è verificata durante la prova ciclica.



PROVE DI TAGLIO SEMPLICE MONOTONE E CICLICHE

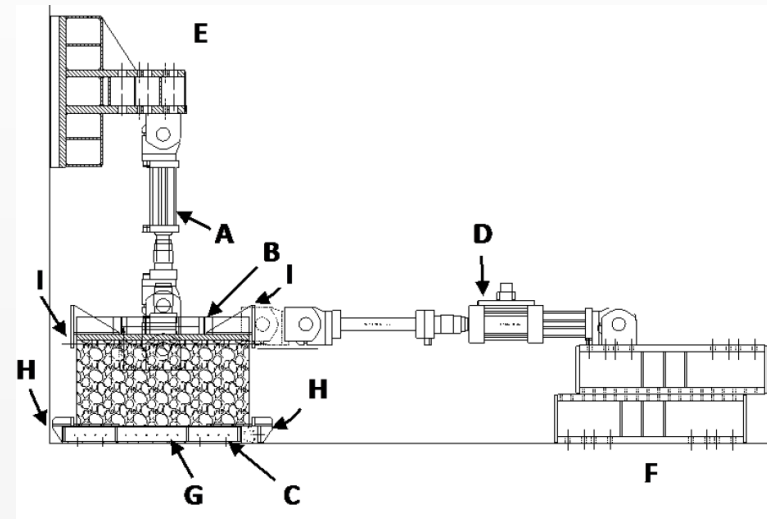
Le prove di taglio semplice monotone si pongono l'obiettivo di determinare i parametri meccanici di resistenza e di deformazione di un gabbione sottoposto ad un carico assiale ed a una forza di taglio applicata a controllo di spostamento sulla faccia superiore.

La prova serve anche come pre-prova per definire i carichi da applicare nella successiva prova ciclica.

La prova di taglio semplice ciclica ha lo scopo di determinare i parametri meccanici di deformabilità al variare dell'ampiezza della deformazione e del numero di cicli.

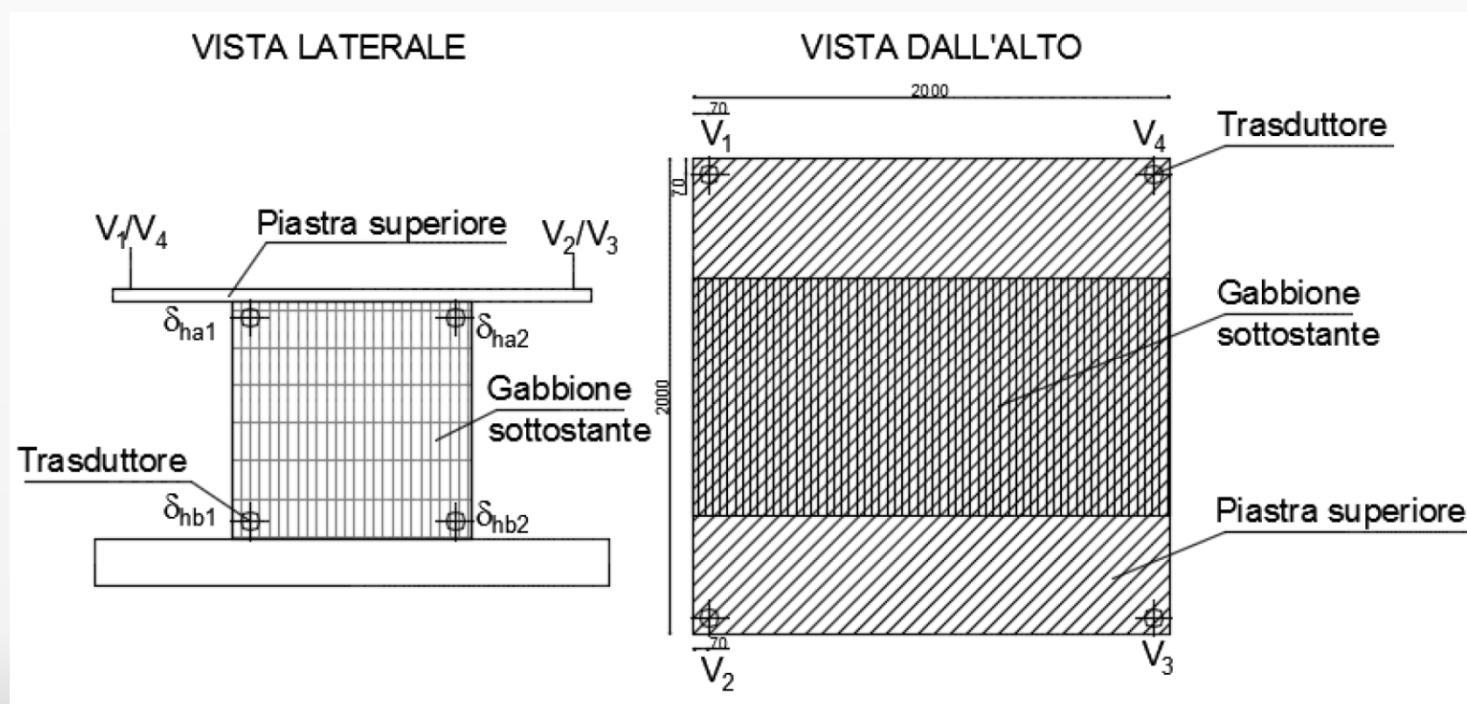
PROVE DI TAGLIO SEMPLICE MONOTONE E CICLICHE

- A. Martinetto verticale per l'applicazione del carico assiale;
- B. Piastra di ripartizione del carico verticale;
- C. Piastra di base in calcestruzzo;
- D. Martinetto orizzontale per l'applicazione del carico tagliante;
- E. Sistema di contrasto del martinetto verticale;
- F. Sistema di contrasto del martinetto orizzontale;
- G. Sistema di vincolo a terra della piastra in calcestruzzo;
- H. Sistema di fissaggio del gabbione alla piastra in calcestruzzo;
- I. Sistema di fissaggio del lembo superiore del gabbione.

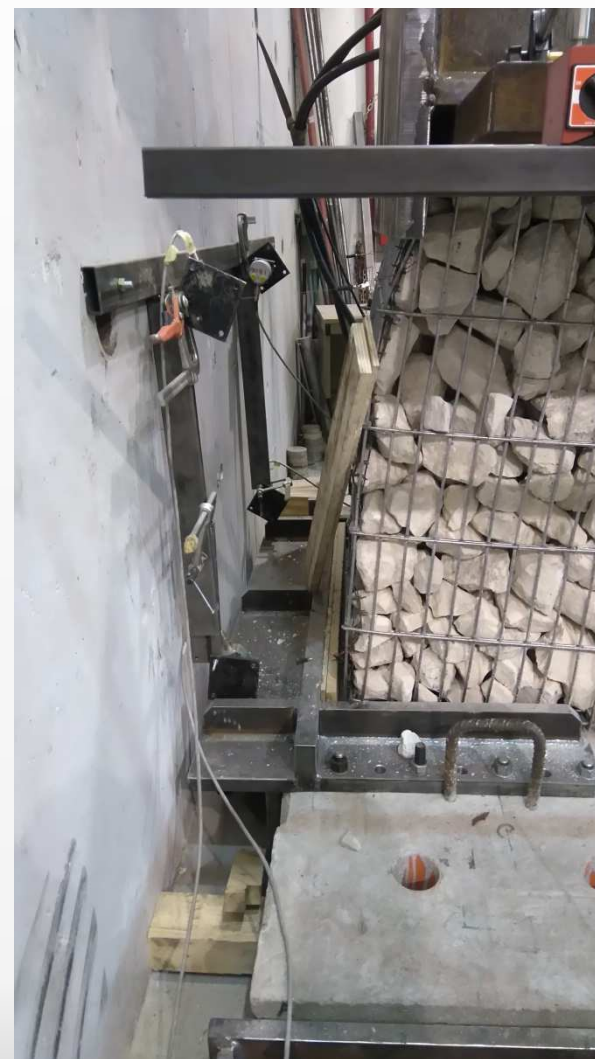


PROVE DI TAGLIO SEMPLICE MONOTONE E CICLICHE

Le prove di taglio semplice sono state effettuate a controllo di spostamento, solo sui gabbioni LedroSteelbx da 2 mc riempiti con calcareo frantumato. Nelle prove sono stati misurati, gli spostamenti e le forze impresse dai due attuatori, gli spostamenti verticali, tramite quattro trasduttori di spostamento verticale, e gli spostamenti orizzontali, tramite quattro trasduttori di spostamento a filo.



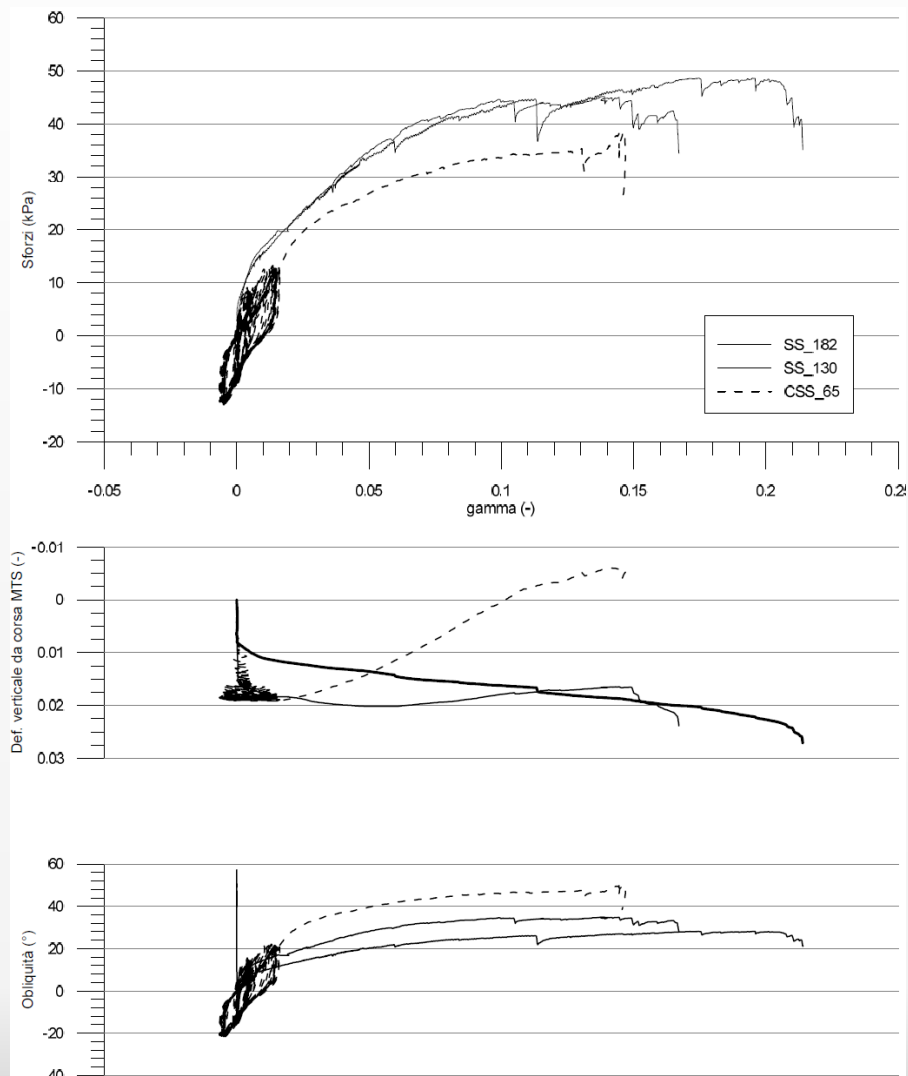
PROVE DI TAGLIO SEMPLICE MONOTONE E CICLICHE



PROVE DI TAGLIO SEMPLICE MONOTONE E CICLICHE

Taglio semplice: il comportamento a taglio semplice del sistema gabbione può essere definito duttile ed il valore massimo di F_{hs} può essere assunto come valore di resistenza a taglio semplice

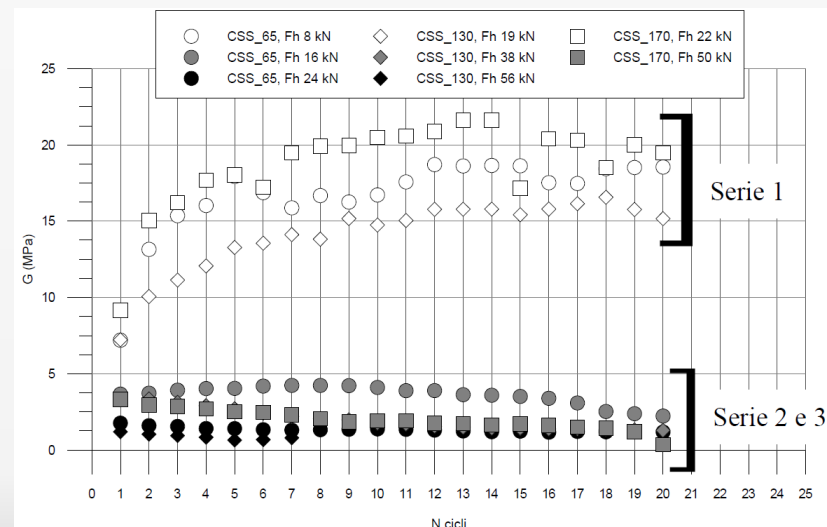
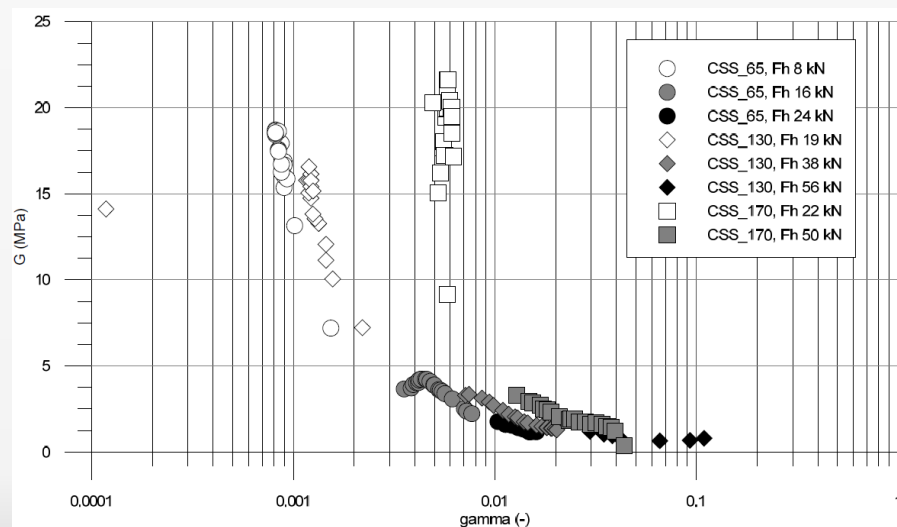
Nome prova	F_{vc} [kN]	F_{hs} [kN]	σ_v [kPa]	τ [kPa]	Corsa MTS orizzontale [mm]	$\arctan(F_{hs}/F_{vc})$ (°)
CSS_65	64,6	69,3	32,3	34,7	168	47
SS_170	129,5	87,5	64,7	43,8	166	34
SS_182	181,9	96,5	90,9	48,2	198	28



PROVE DI TAGLIO SEMPLICE MONOTONE E CICLICHE

Con le prove di taglio cicliche abbiamo valutato il comportamento del modulo di rigidezza a taglio $G = \Delta\tau / \Delta\gamma$ che è stato calcolato come rapporto tra le ampiezze picco-picco di tensioni e deformazioni tangenziali, per ogni ciclo di ciascuna serie.

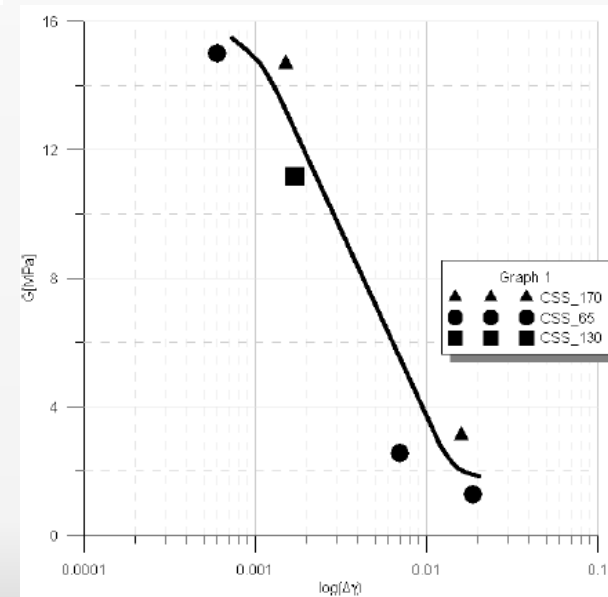
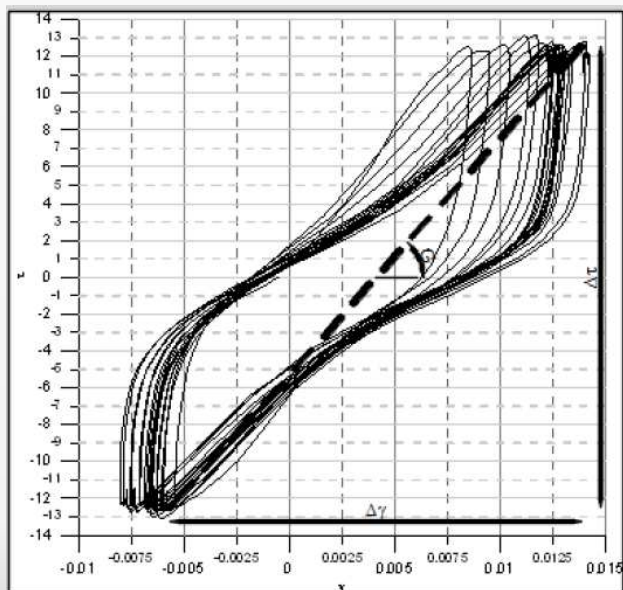
Nome prova	T ₁ [kN]	T ₂ [kN]	T ₃ [kN]
CSS_170	22	44	66 (interrotta)
CSS_65	8	16	24
CSS_130	19	38 (interrotta)	-



PROVE DI TAGLIO SEMPLICE MONOTONE E CICLICHE

Nella figura di inviluppo delle prove la linea continua nera rappresenta la linea di tendenza dei punti trovati che presenta un decadimento da 15 Mpa a circa 2 Mpa del modulo di rigidezza a taglio per poi stabilizzarsi.

Prova	$\Delta\tau$ [kPa]	$\Delta\gamma$	G[MPa]
CSS_ 65 serie 1	9	0.0006	15
CSS_ 65 serie 2	18	0.007	2.57
CSS_ 65 serie 3	24	0.0187	1.28
CSS_ 130 serie 1	19	0.0017	11.18
CSS_ 170 serie 1	22	0.0015	14.67
CSS_ 170 serie 2	50	0.016	3.13



PROVE DI TAGLIO SEMPLICE MONOTONE E CICLICHE

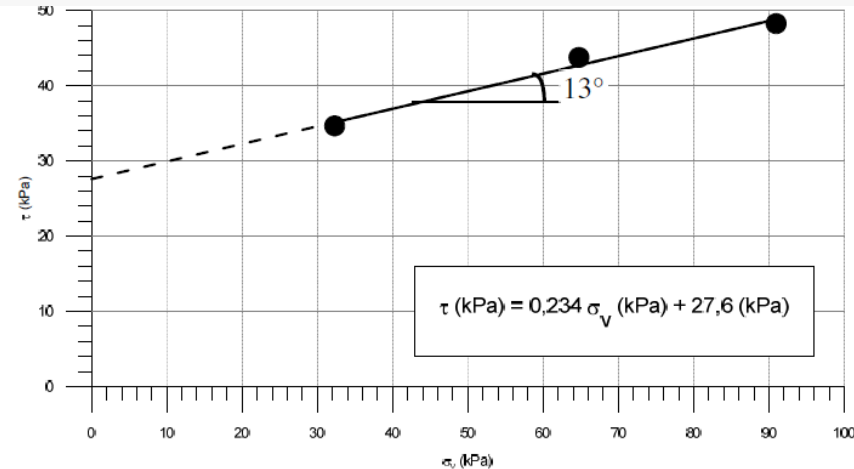
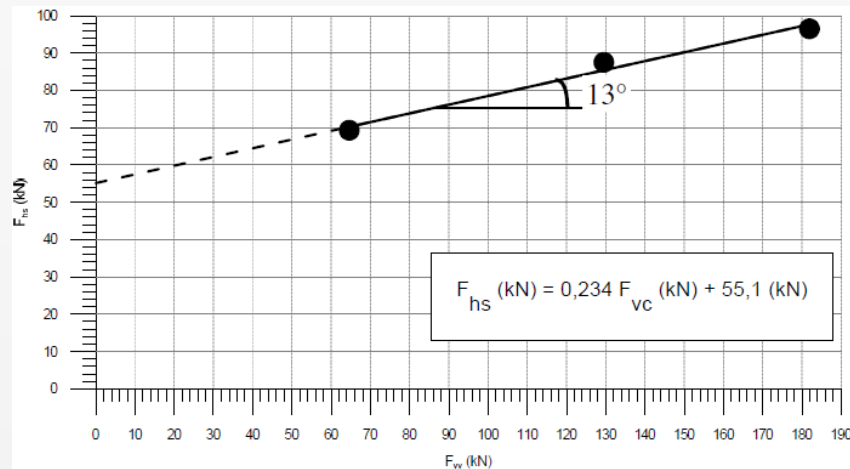
Con i dati elaborati abbiamo disegnato l'involuppo che mette in relazione le massime forze orizzontali F_h registrate alla forza verticale F_v .

La relazione fra le forze può essere descritta con la seguente formula:

$$F_h[\text{kN}] = 0,234 \times F_v[\text{kN}] + 55,1 \text{ kN}$$

$$\tau_h[\text{kPa}] = 0,234 \times \sigma_v[\text{kPa}] + 27,6 \text{ kPa}$$

$$\delta = 13^\circ$$



PROVE DI TAGLIO SEMPLICE MONOTONE E CICLICHE

Dalle prove di taglio semplice cicliche che sono state eseguite applicando 2 o 3 serie di cicli si evince che:

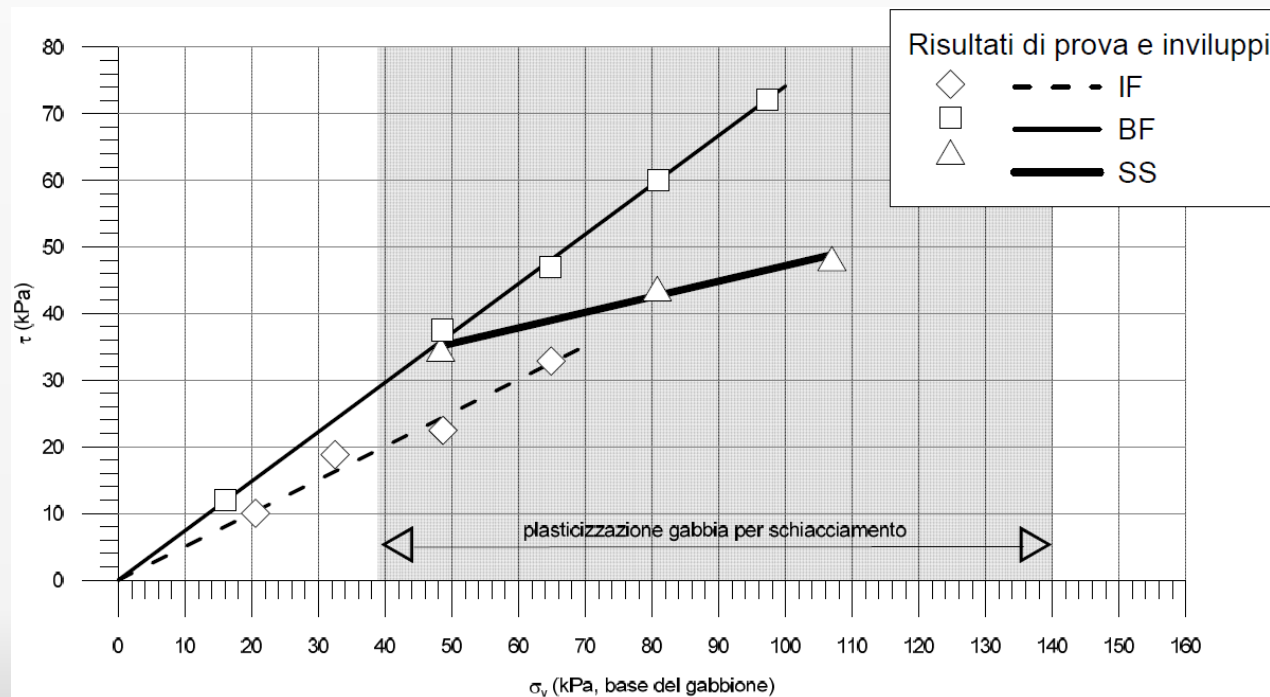
- il comportamento sforzi-deformazioni è non lineare, con una rigidezza al taglio G picco-picco compresa tra 1 MPa e 22 MPa;
- tali valori di G diminuiscono progressivamente con l'aumentare della deformazione γ ;
- nei cicli della prima serie la rigidezza G è generalmente compresa tra 7 MPa e 22 MPa ed aumenta, probabilmente in virtù di un progressivo addensamento del riempimento e di un aumento del grado di mutuo incastro tra i grani;
- nei cicli delle serie successive G subisce una diminuzione, con valori generalmente compresi tra 1 MPa e 5 MPa.

GERARCHIA DELLE RESISTENZE

- Le prove di taglio semplice monotone sono state eseguite su gabbioni Steelbox da 2 mc, riempiti con calcare frantumato. Tali prove hanno permesso di individuare un involucro della resistenza al taglio del sistema gabbione, gabbia metallica e riempimento, espressa in termini di sforzi di equazione: $\tau_h[\text{kPa}] = 0,234 \times \sigma_v[\text{kPa}] + 27,6 \text{ kPa}$;
- Le prove di attrito gabbione-piano di posa monotone sono state eseguite su gabbioni Steelbox da 1 mc e 2 mc, riempiti con calcare frantumato R1, e sono stati fatti scorrere sul piano di posa a controllo di spostamento. Tali prove hanno fornito un involucro di resistenza allo scorrimento, in termini di sforzi, di equazione: $\tau_h[\text{kPa}] = 0,742 \times \sigma_v[\text{kPa}]$;
- Le prove di attrito gabbione-gabbione monotone sono state eseguite su coppie di gabbioni sovrapposti Steelbox da 2 mc, riempiti con calcare frantumato R1, e sono stati fatti scorrere sul piano di interfaccia a controllo di spostamento. Tali prove hanno fornito un involucro di resistenza allo scorrimento, in termini di sforzi, di equazione: $\tau_h[\text{kPa}] = 0,502 \times \sigma_v[\text{kPa}]$.

GERARCHIA DELLE RESISTENZE

- Dal confronto degli involuipi di resistenza si può affermare che il meccanismo di rottura più penalizzante è quello di scorrimento all'interfaccia tra i gabbioni. Per bassi livelli tensionali ($\sigma_v < 50$ kPa), il meccanismo più discriminante, dopo quello di attrito all'interfaccia, è quello di attrito sul piano di posa; per livelli tensionali maggiori ($\sigma_v > 50$ kPa) il meccanismo più discriminante è quello di deformazione per taglio.



Grazie per l'attenzione