



*GEOTECNOLOGIE AMBIENTALI APPLICATE ALLE STRUTTURE  
Napoli, 9 Maggio 2019*

## I GEOSINTETICI NELL'INGEGNERIA CIVILE E AMBIENTALE



Giuseppe CARDILE

Università Mediterranea di Reggio Calabria – Dipartimento DICEAM

2

### INTRODUZIONE



*"Geosynthetics - THE most important development  
in Civil Engineering practice in the 20th Century."  
(J.-P. Giroud, 2008 Terzaghi Lecture)*



3 FUNZIONI E APPLICAZIONI DEI GEOSINTETICI

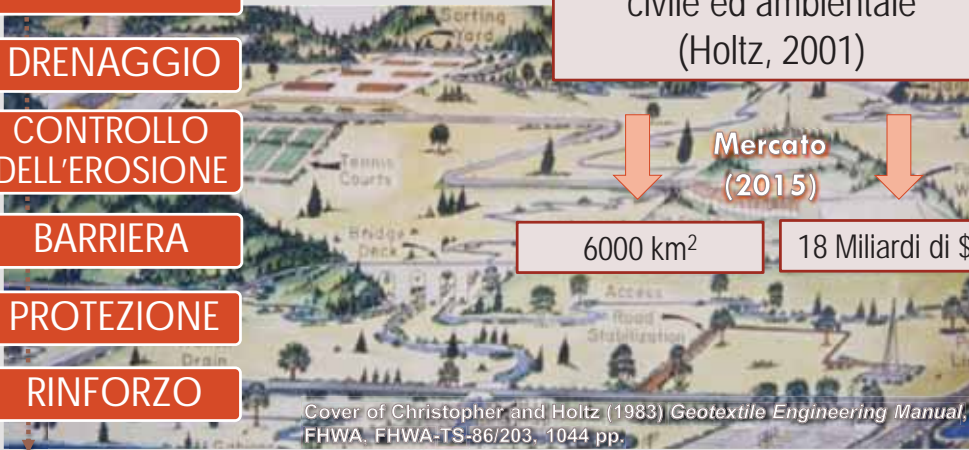
FUNZIONI → APPLICAZIONI

- SEPARAZIONE
- FILTRAZIONE
- DRENAGGIO
- CONTROLLO DELL'EROSIONE
- BARRIERA
- PROTEZIONE
- RINFORZO

Più di **150 differenti applicazioni** nell'ingegneria civile ed ambientale (Holtz, 2001)

Mercato (2015)

6000 km<sup>2</sup>      18 Miliardi di \$



Cover of Christopher and Holtz (1983) *Geotextile Engineering Manual*, FHWA. FHWA-TS-86/203. 1044 pp.

4 FUNZIONI E APPLICAZIONI DEI GEOSINTETICI

OPERE DI SOSTEGNO – SPALLE DA PONTE – PENDII RINFORZATI

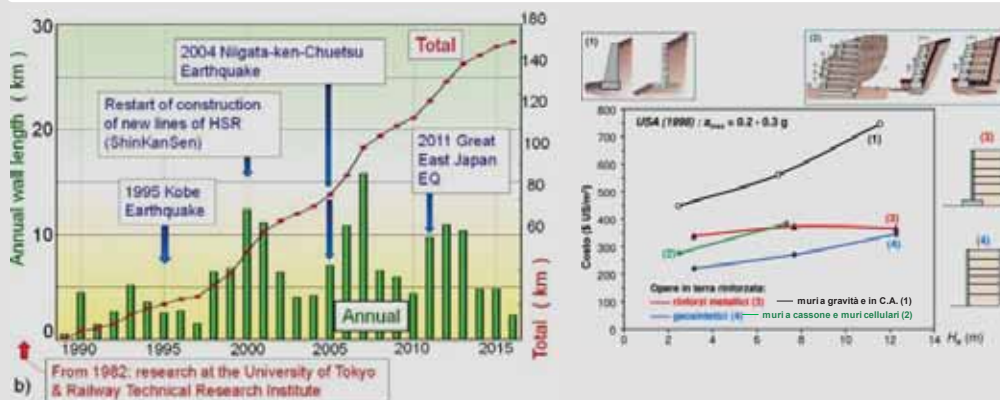


5

## FUNZIONI E APPLICAZIONI DEI GEOSINTETICI



## OPERE DI SOSTEGNO – SPALLE DA PONTE – PENDII RINFORZATI

Altri **Vantaggi**:

- Tolleranza cedimenti differenziali
- Stabilità in occasione di eventi sismici
- Semplicità e velocità di costruzione
- Minore impatto ambientale



6

## FUNZIONI E APPLICAZIONI DEI GEOSINTETICI

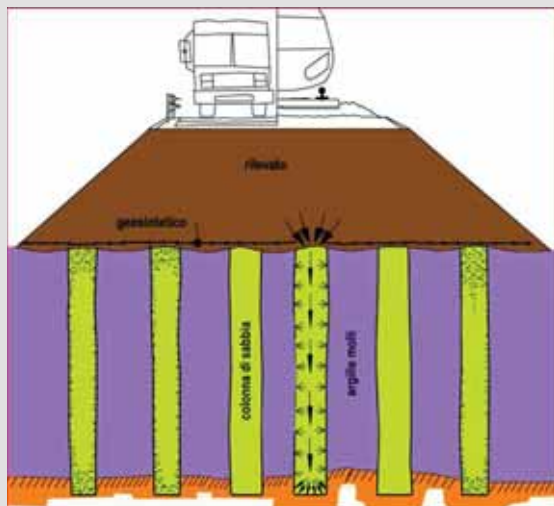
RINFORZO ALLA BASE DI RILEVATI SU TERRENI COMPRESSIBILI  
EVENTUALMENTE IN PRESENZA DI PALI O TRATTAMENTI COLONNARI

7

## FUNZIONI E APPLICAZIONI DEI GEOSINTETICI



## RINFORZO DI COLONNE DI GHIAIA O SABBIA (GEC)

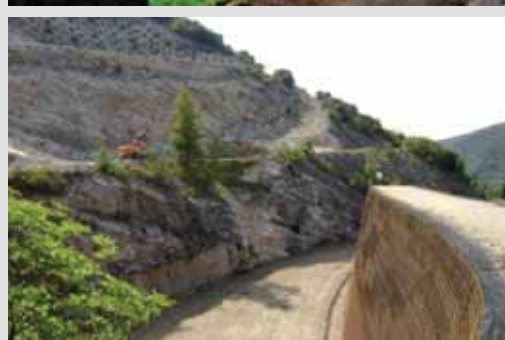


8

## FUNZIONI E APPLICAZIONI DEI GEOSINTETICI



## OPERE DI DIFESA PASSIVA DA FRANE DI CROLLO E DI COLATA



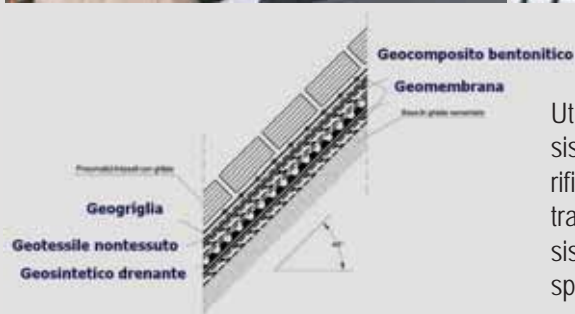
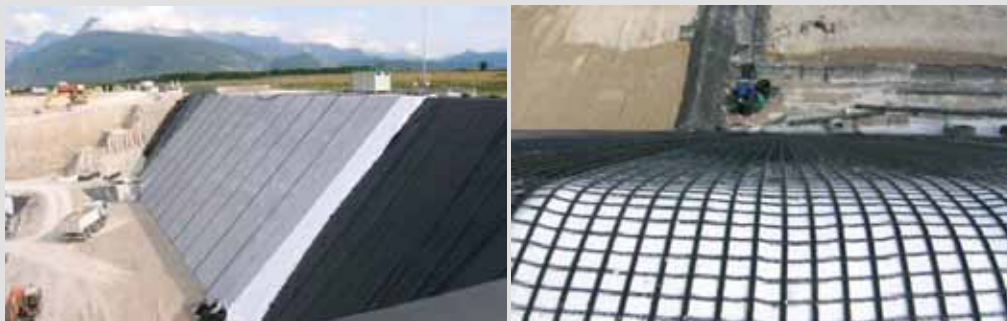


9

## FUNZIONI E APPLICAZIONI DEI GEOSINTETICI



## RINFORZO DI SISTEMI BARRIERA DI COPERTURA E DI SPONDA DI DISCARICHE



Utilizzati per assicurare la stabilità dei sistemi di copertura delle discariche di rifiuti e per ridurre lo stato tensionale di trazione agente sulle geomembrane dei sistemi barriera perimetrali realizzati sulle sponde delle discariche.

10

## FUNZIONI E APPLICAZIONI DEI GEOSINTETICI



## COSTRUZIONI E RIPRISTINO DI STRADE



11

## FUNZIONI E APPLICAZIONI DEI GEOSINTETICI



## ATTRAVERSAMENTO DI CAVITÀ SUPERFICIALI LOCALIZZATE



L'effetto membranale nel geosintetico di rinforzo può essere sfruttato per realizzare piattaforme stradali e ferroviarie in aree che presentano cavità superficiali localizzate di modeste dimensioni.

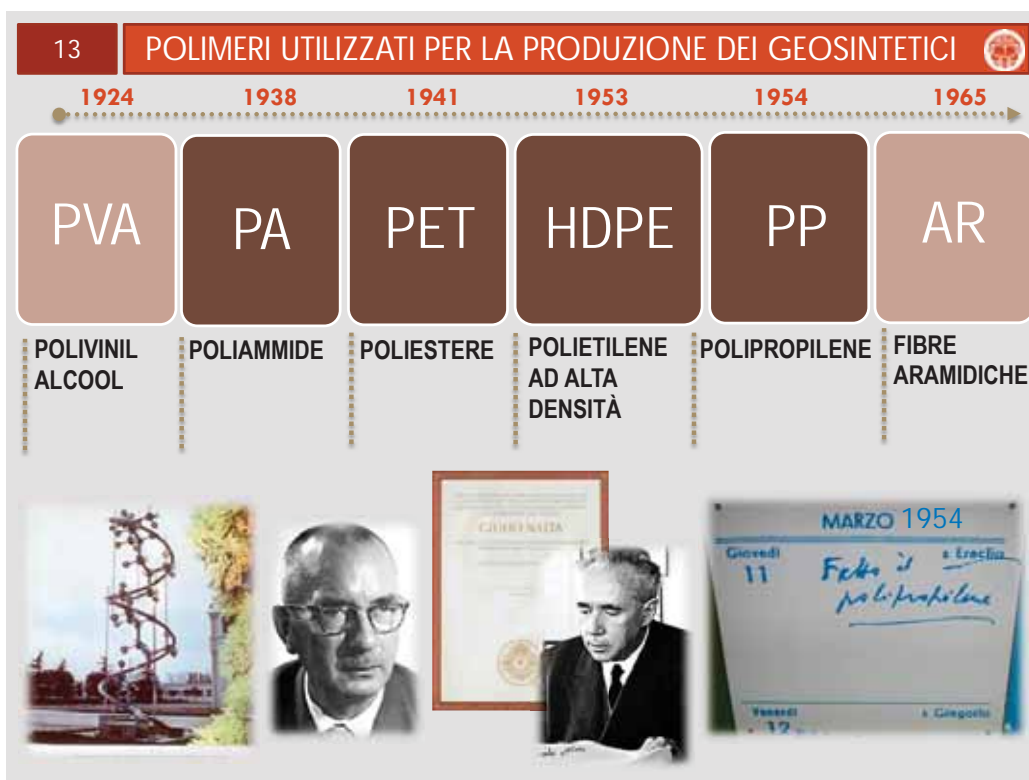
12

## MATERIALI UTILIZZATI PER IL RINFORZO DEI TERRENI



Northumberland, U.K.

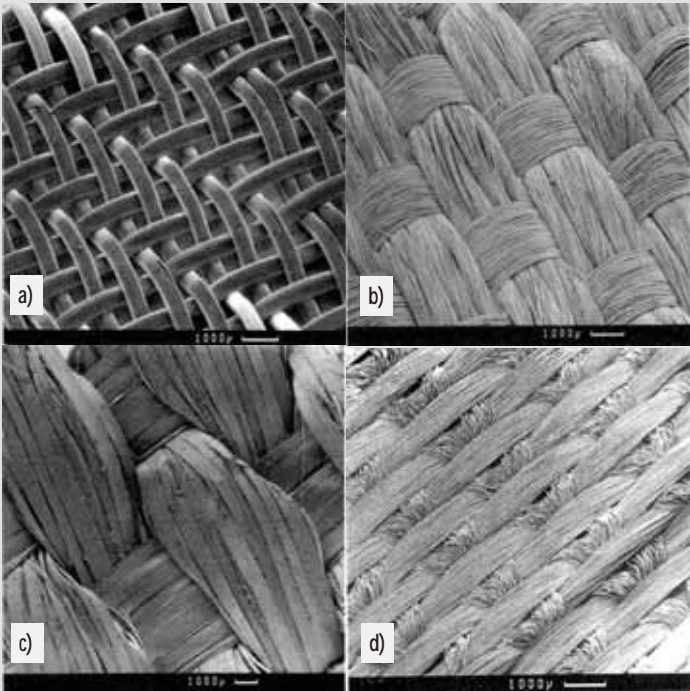




14 CARATTERISTICHE CHIMICO – FISICHE DEI POLIMERI


POLIETILENE AD ALTA DENSITÀ (HDPE)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Elevata resistenza</b> agli <b>acidi</b>, alle <b>basi</b> e agli agenti <b>alcalini</b>;</li> <li>• <b>Scarsa resistenza</b> agli agenti <b>ossidanti</b> e alle <b>radiazioni UV</b> (migliorata in fase di produzione);</li> <li>• <math>T_g = -80\text{ °C}</math> → Effetti di Creep a trazione <b>f(Carico, Temperatura)</b>.</li> </ul>
POLIESTERE (PET)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Buona resistenza</b> a molti <b>acidi</b> e molti <b>solventi</b>;</li> <li>• Può essere soggetto ad <b>idrolisi</b> in ambiente <b>fortemente alcalino</b> e/o in presenza di <b>acqua</b> (non adatto se il <math>\text{pH} &gt; 9</math>);</li> <li>• <math>T_g = 80\text{ °C}</math> → Effetti di Creep a trazione modesti e principalmente <b>f(Carico)</b>.</li> </ul>
<p><math>T &lt; T_G</math> PREVALE IL COMPORTAMENTO ELASTICO</p> <p><math>T &gt; T_G</math> PREVALE IL COMPORTAMENTO VISCO-PLASTICO</p>	

15 **GEOTESSILI TESSUTI**



*I geotessili tessuti (GTW) sono strutture piane e regolari formate dall'intreccio di due o più serie di fili costituiti da fibre sintetiche: fili di ordito (paralleli alla direzione di produzione) e fili di trama (perpendicolari al senso di produzione), che consentono di ottenere aperture di piccole dimensioni e regolari. In base alla sezione della fibra e alla tipologia di tessitura possono essere suddivisi in geotessili tessuti mono-filamento, multi-filamento, a bandelle (nastri appiattiti) ed a struttura orientata.*

16 **GEOGRIGLIE**



Estrusa monodirezionale	Tessuta	A nastri saldati
Sono strutture piane realizzate con materiali polimerici mediante un processo di estrusione e successiva stiratura.	Sono strutture piane a forma di rete costituite da fibre sintetiche ad elevato modulo ricoperte da un ulteriore strato protettivo in grado di garantire una resistenza strutturale delle giunzioni.	Sono strutture piane, in cui due o più serie di fibre o altri elementi sintetici vengono connessi ad intervalli regolari per mezzo di saldatura.

*Le geogriglie (GGR) sono strutture piane che hanno l'aspetto di griglie con maglie aperte (aperture >6,35 mm) e possono essere di tipo estruso, tessuto o a nastri saldati.*



17

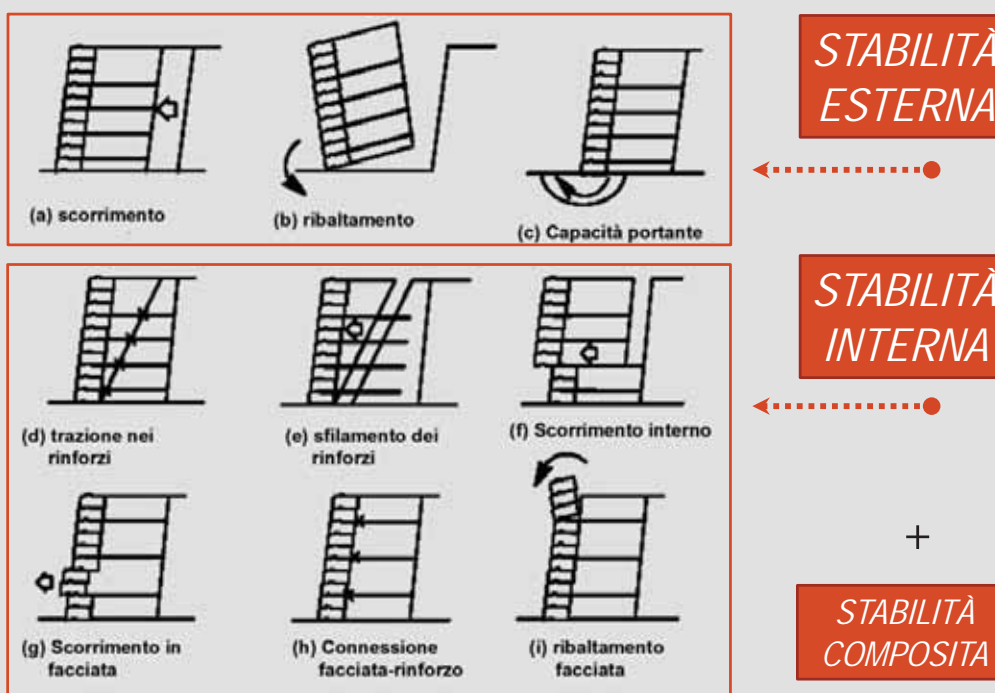
## CARATTERISTICHE MECCANICHE GEOSINTETICI (EBGEO 2011)



	POLIMERO	TIPO DI PRODOTTO	$T_F$ (kN/m)	$\epsilon_F$ (%)
Comunemente usati	PET	Geogriglia tessuta	20 - 1.200	8 - 15
		Geogriglia saldata	20 - 500	6 - 10
		Geotessile tessuto	100 - 1.600	8 - 15
	HDPE	Geogriglia tessuta	20 - 300	15 - 20
		Geogriglia estrusa	40 - 200	10 - 15
		Geotessile tessuto	30 - 400	15 - 20
	PP	Geogriglia tessuta	20 - 500	8 - 15
		Geogriglia saldata	20 - 400	8 - 15
		Geogriglia estrusa	20 - 50	8 - 20
Geotessile tessuto		20 - 600	8 - 20	
AR	Geogriglia tessuta	40 - 2.200	2 - 4	
	Geotessile tessuto	10 - 2.400	2 - 4	
Applicazioni particolari	PVA	Geogriglia tessuta	30 - 1.600	4 - 5
		Geotessile tessuto	30 - 1.800	4 - 5

18

## POSSIBILI MECCANISMI DI COLLASSO



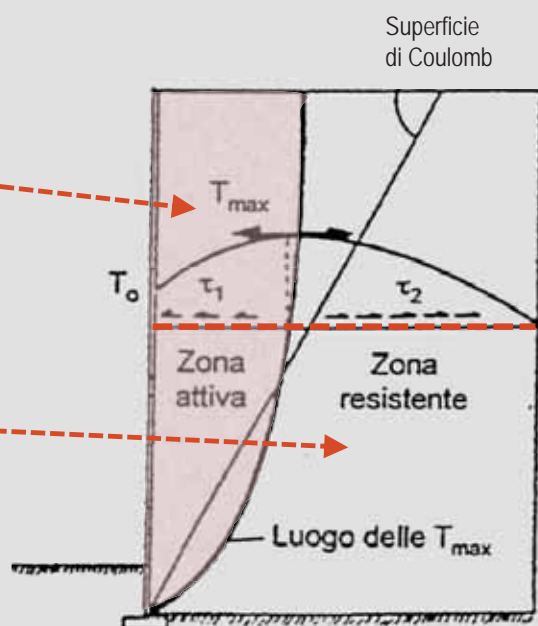
## 19 PRINCIPI DI FUNZIONAMENTO



zona **attiva** situata immediatamente a monte del paramento, all'interno della quale il terreno compreso tra le inclusioni tende a muoversi verso il paramento stesso

zona passiva o **resistente** in cui il terreno è sostanzialmente fermo, mentre le inclusioni sono sollecitate a sfilarsi per effetto delle forze di trazione verso l'esterno a cui sono assoggettate nella zona attiva

Il luogo geometrico delle forze di trazione massime nelle inclusioni ( $T_{max}$ ) rappresenta il limite di separazione tra la zona attiva e la zona resistente



## 20 STABILITÀ INTERNA



Nella sezione di separazione tra la zona attiva e quella resistente la forza di trazione massima agente nel generico rinforzo opera come **forza di sfilamento per il tratto di inclusione ancorato alla zona resistente**.

$T_i$  deve essere confrontato con:

- la **resistenza a trazione** del rinforzo

$$T_i \leq R_{t;d} = \frac{R_{t;k}}{\gamma_{R;t}}$$



Standard	$\gamma_{R;t}$ (SLU)
NF P94-270 (2009)	1.25
EBGEO (2010)	1.40-1.20

- la **resistenza allo sfilamento**

$$T_i \leq R_{f;d} = \frac{R_{f;k}}{\gamma_{R,f}}$$



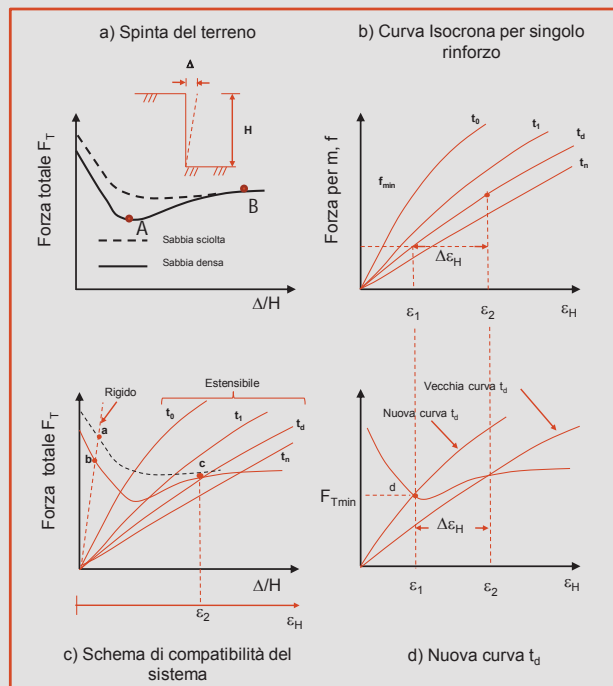
Standard	$\gamma_{R,f}$ (SLU)
NF P94-270 (2009)	1.35
EBGEO (2010)	1.40-1.20
BS 8006 (2010)	1.30

- la **resistenza delle connessioni**

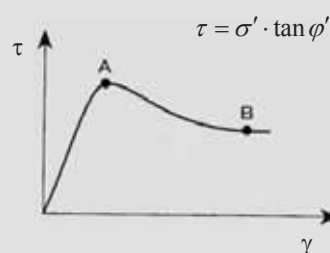
$$T_i \leq R_{conn;d} = \frac{R_{conn;k}}{\gamma_{R,conn}}$$

21

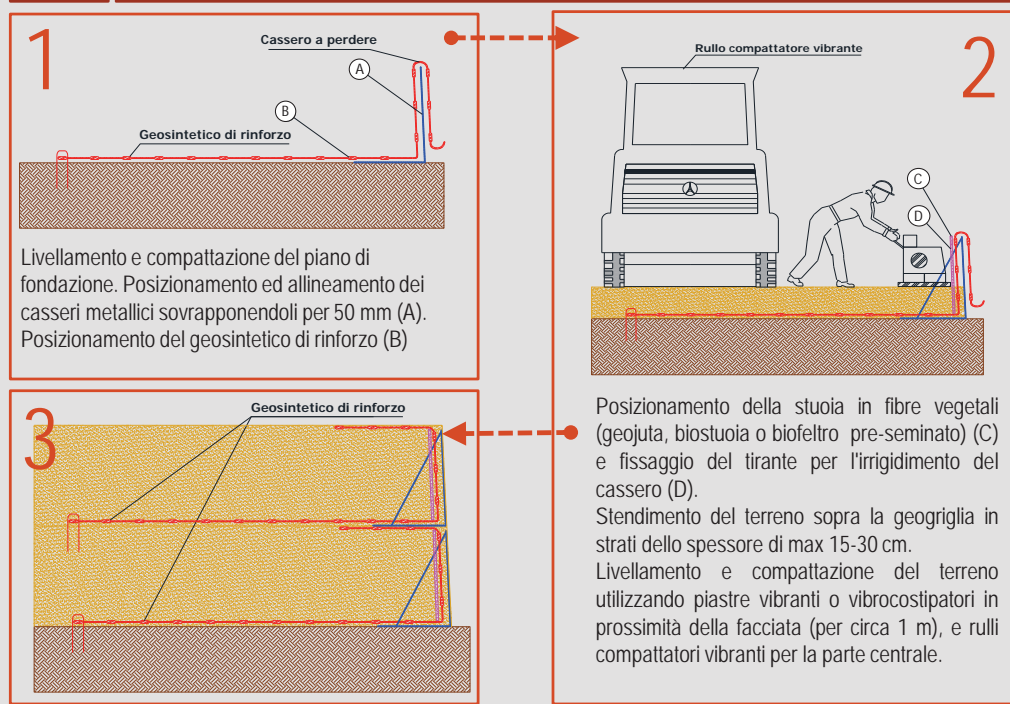
## ANALISI STATICHE - SLE



## COMPATIBILITÀ DELLE DEFORMAZIONI

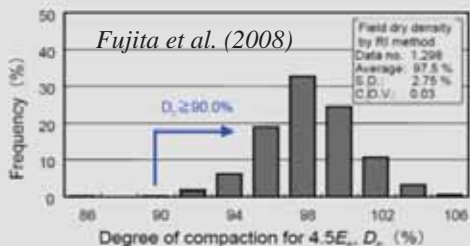


22

MODALITÀ COSTRUTTIVE OPERE DI SOSTEGNO (*wrap-around*)

23 COMPATTAZIONE IN SITU

UN BUONA COMPATTAZIONE È FONDAMENTALE!



$\gamma_d$  almeno pari al **95%** di quello massimo ottenuto attraverso la **prova Proctor Standard** o al **90%** di quello massimo ottenuto attraverso la **prova Proctor Modificata**.

CONTROLLO DELLA COMPATTAZIONE

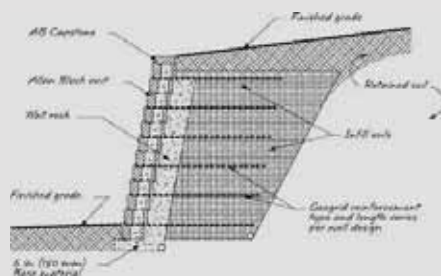
METODI DI CONTROLLO DISTRUTTIVI  
(rimozione di parte del materiale)

- SABBIA TARATA (ASTM D1556M-15e1)
- PALLONCINO (ASTM D2167-15)

METODI DI CONTROLLO NON DISTRUTTIVI

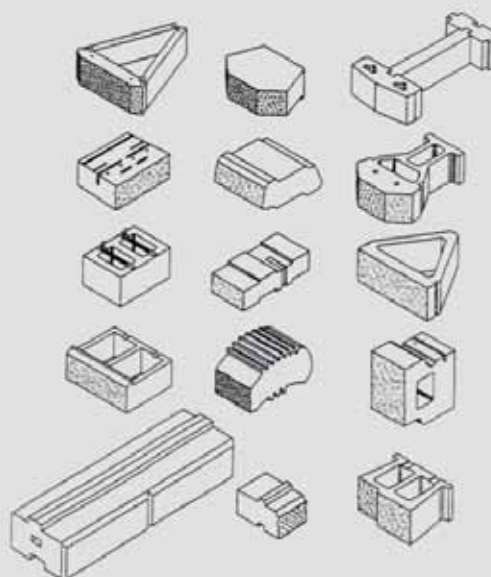
NUCLEODENSIMETRO  
ASTM D6938-15

24 MODALITÀ COSTRUTTIVE OPERE DI SOSTEGNO (SRW)



SRW – Segmental Retaining Wall

Tipologie di blocchi in facciata



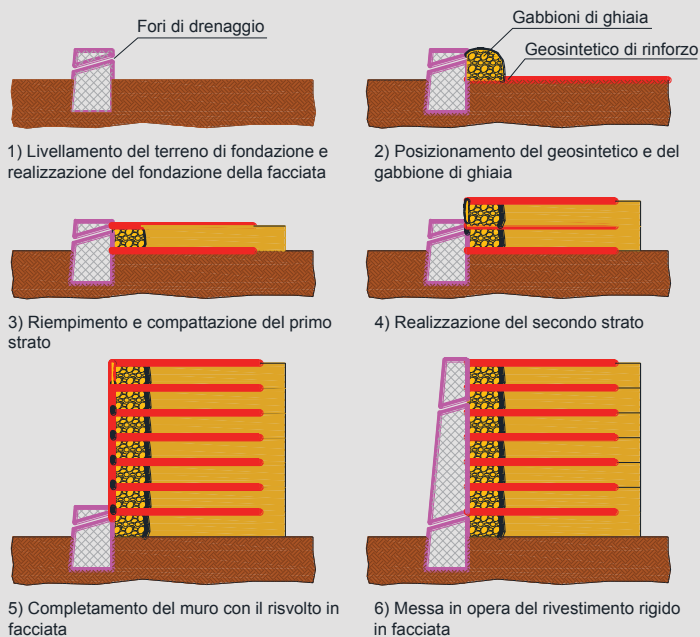


25

## MODALITÀ COSTRUTTIVE OPERE DI SOSTEGNO (GRS RW-FHR)



## FHR – Full Height Rigid

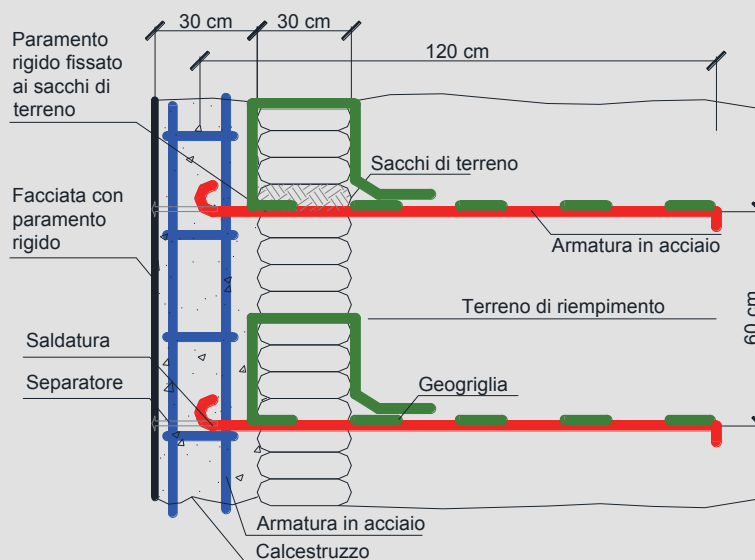


26

## MODALITÀ COSTRUTTIVE OPERE DI SOSTEGNO (GRS RW-FHR)

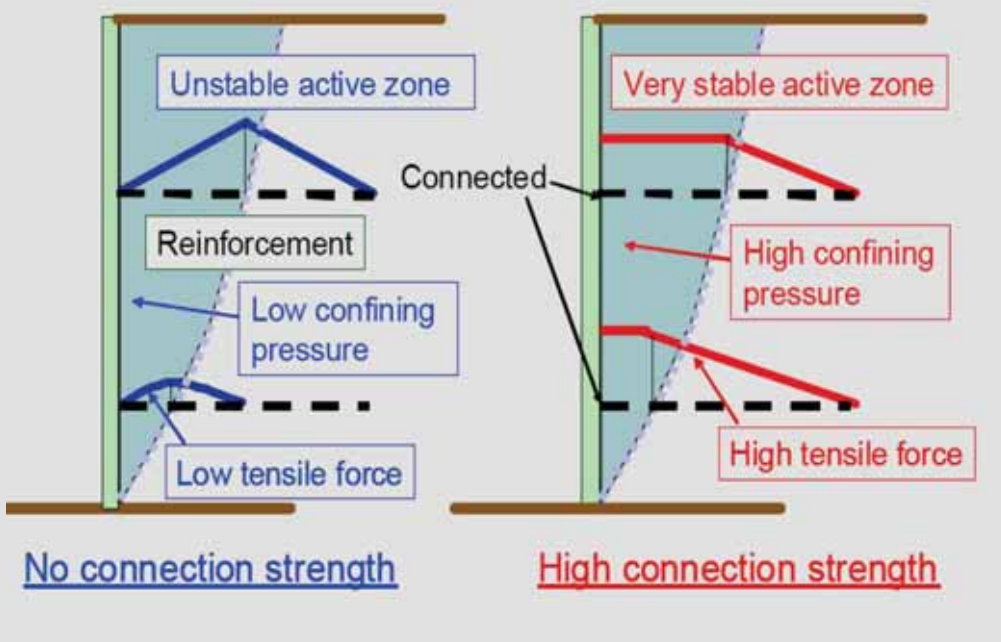


## Dettaglio costruttivo della connessione in facciata



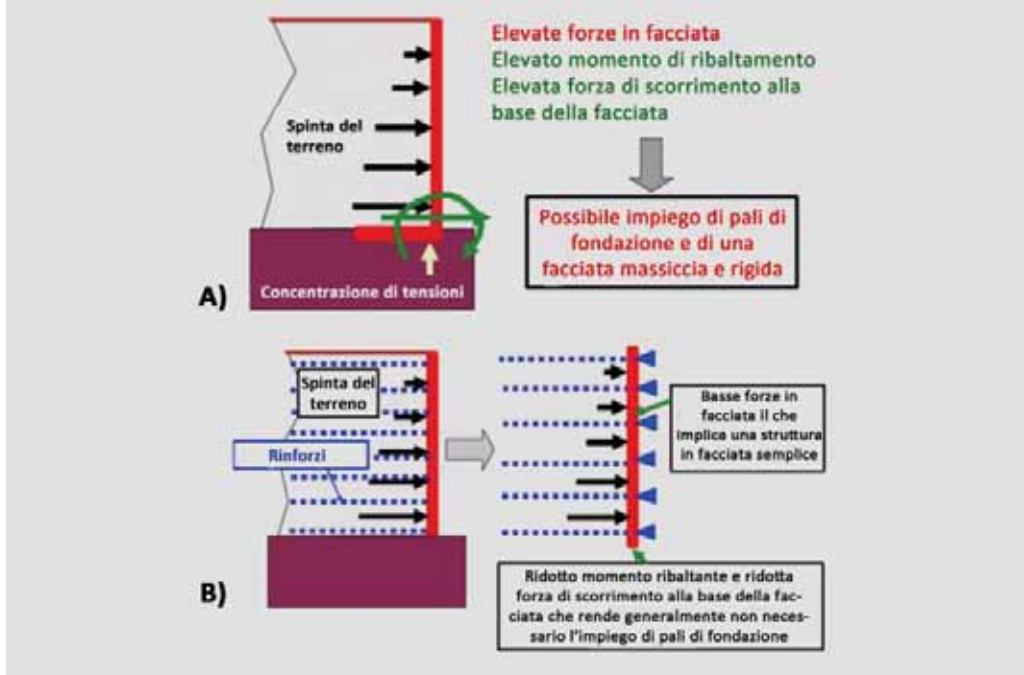
27

## CONSEGUENZE DELLE DIVERSE MODALITÀ COSTRUTTIVE



28

## CONSEGUENZE DELLE DIVERSE MODALITÀ COSTRUTTIVE

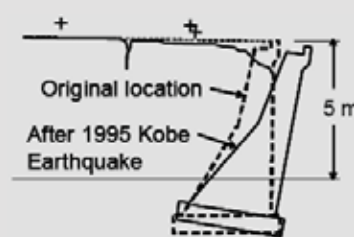


29

## COMPORTAMENTO IN CONDIZIONI SISMICHE



## CONSEGUENZE DEGLI EVENTI SISMICI SU OPERE ESISTENTI



(Tatsuoka, 2009)

30

## CASE HISTORY



Analisi dei **danneggiamenti** subiti da **171 muri** realizzati in terra rinforzata

Danneggiamenti **entro pochi anni** dalla costruzione (86% entro i 4 anni, 67% entro i 2 anni).

**Cause** quasi esclusivamente (98%) imputabili:

- (i) a una **cattiva compattazione** del terreno (72%);
- (ii) all'**uso**, per la costruzione del blocco rinforzato, di **terreni limosi o argillosi** presenti in sito (61%);
- (iii) alla **presenza di acqua**, di provenienza interna o esterna al blocco rinforzato (60%, mancanza o inadeguatezza del sistema di drenaggio interno ed esterno, tubazioni presenti all'interno dell'ammasso rinforzato, etc.).



31 **DRENAGGI**

**DRAINAGE,  
DRAINAGE,  
DRAINAGE!**

(Karl Terzaghi, 1943)

BS8006 (2010)

diametro minimo di 150 mm e pendenza non inferiore al 2%

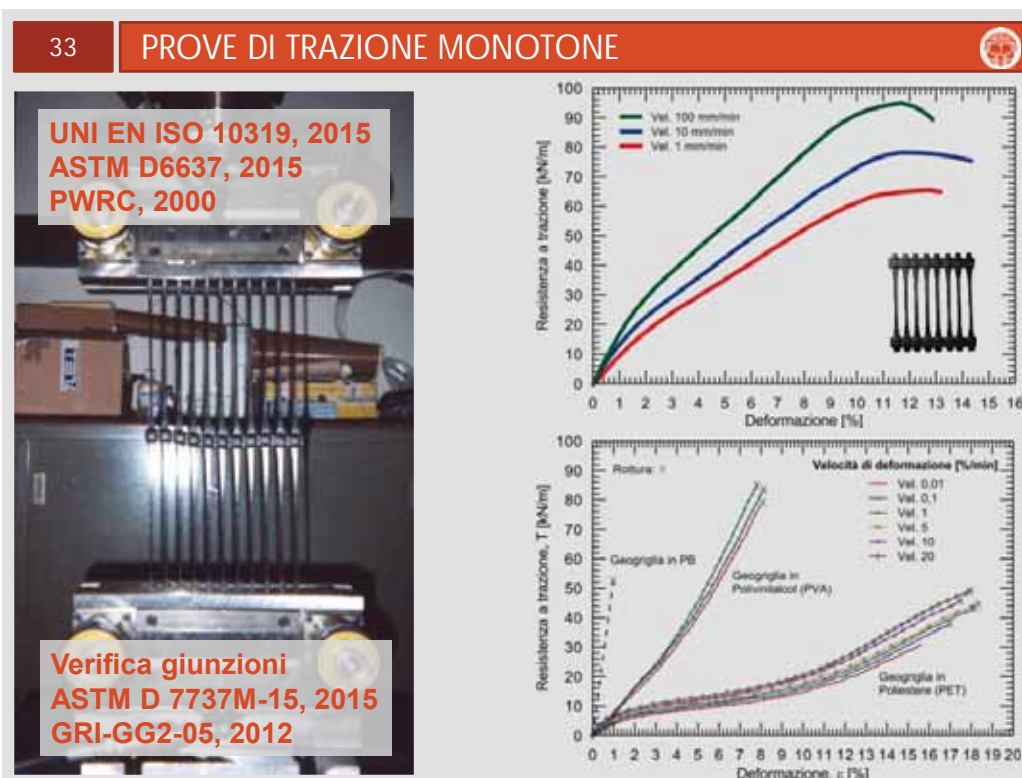
adeguata granulometria e tipologia di spessore non inferiore ai 30 cm

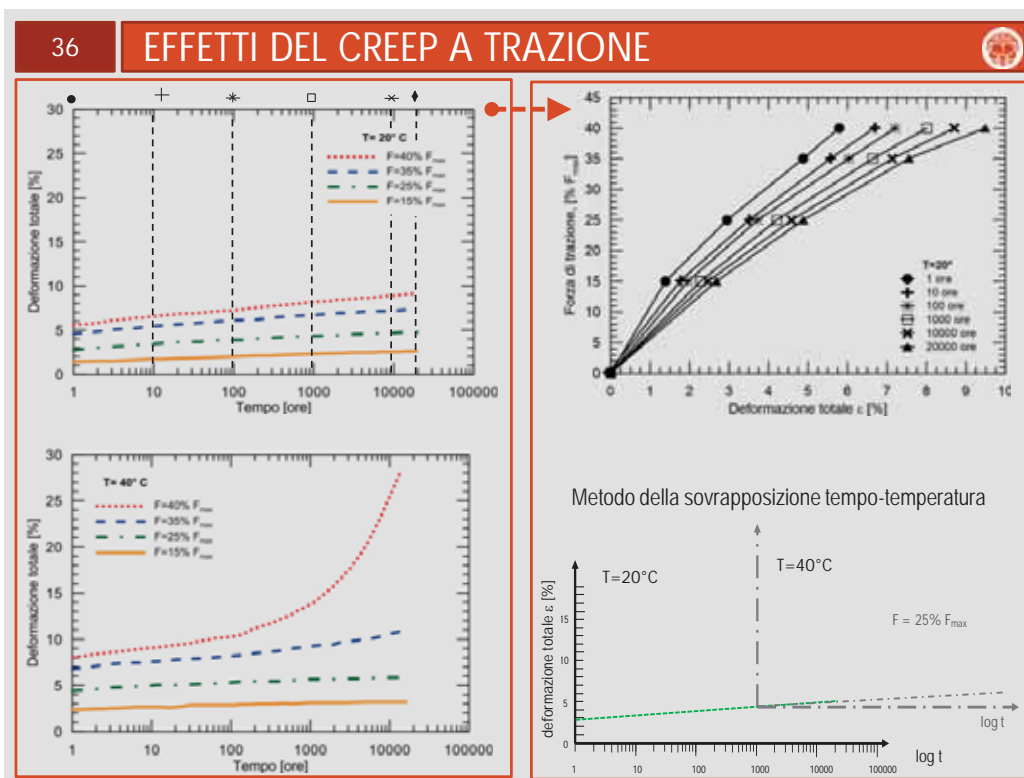
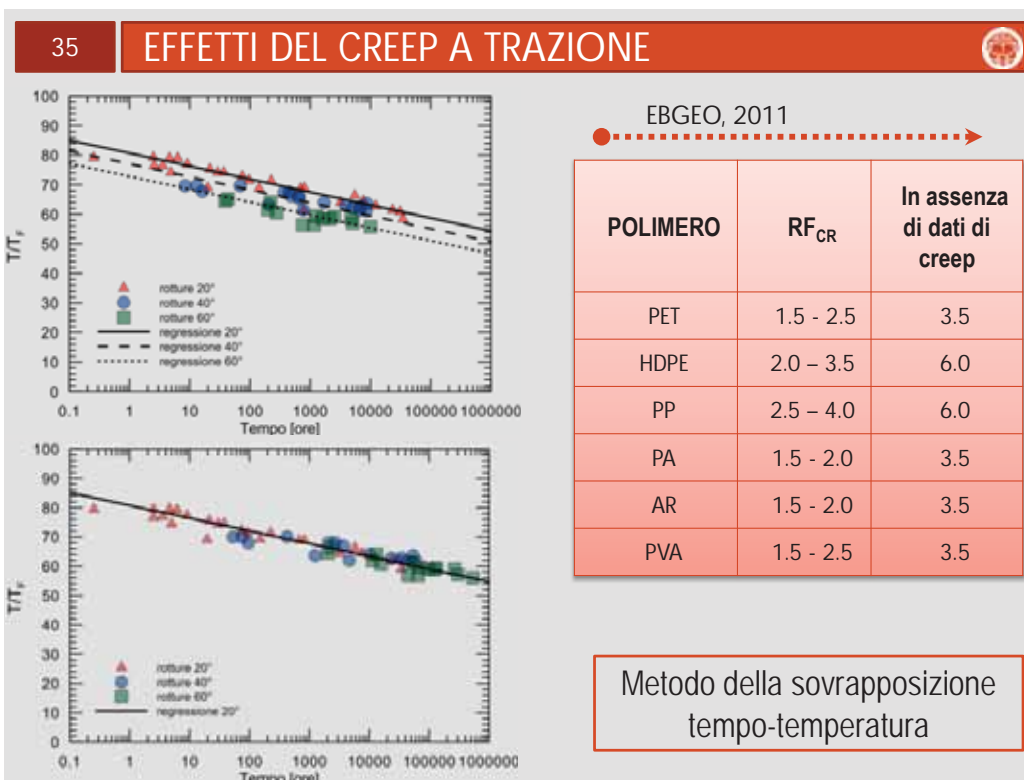
BS8006 (2010)

32 **CONOSCENZE NECESSARIE PER LA PROGETTAZIONE OTR**

- ▶ **COMPORTAMENTO MECCANICO DEI GEOSINTETICI**
- ▶ **COMPORTAMENTO DEL TERRENO COSTITUENTE IL BLOCCO RINFORZATO**
- ▶ **INTERAZIONE TERRENO-RINFORZO**
- ▶ **COMPORTAMENTO MECCANICO DELLE CONNESSIONI**







37

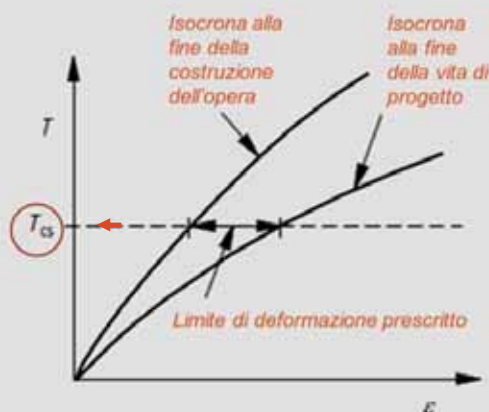
## EFFETTI DEL CREEP A TRAZIONE



**BS8006 (2010)** Determinazione del valore della resistenza a trazione del geosintetico di rinforzo da utilizzare nel dimensionamento dell'opera per tenere conto del creep.

**Limite di deformazione prescritto:**

- Spalle da ponte e muri di sostegno con carichi permanenti strutturali **0,5%**
- Muri di sostegno senza carichi strutturali applicati (solo carico veicolare) **1%**



**IN REALTÀ IN CONDIZIONI CONFINATE IL CREEP SEMBRA ESSERE MOLTO MENO IMPORTANTE !**

38

## EFFETTI DEL DANNEGGIAMENTO MECCANICO



GSY	Argille limi e sabbie		Terreni grossolani arrotondati ( $d_{max} < 150$ mm)		Terreni grossolani a spigoli vivi ( $d_{max} < 150$ mm)	
	$\sigma'_{v} \leq 55$ kPa	$\sigma'_{v} > 55$ kPa	$\sigma'_{v} \leq 55$ kPa	$\sigma'_{v} > 55$ kPa	$\sigma'_{v} \leq 55$ kPa	$\sigma'_{v} > 55$ kPa
<b>BGG</b>	1.0-1.2	1.1-1.4	1.0-1.3	1.1-1.5	1.1-1.5	1.2-1.8
<b>UGG</b>	1.0-1.2	1.1-1.4	1.0-1.3	1.1-1.5	1.1-1.5	1.2-1.8
<b>STW</b>	1.1-1.6	1.2-1.9	1.2-1.7	1.3-2.0	1.2-1.9	1.3-2.2
<b>CG</b>	1.1-1.4	1.2-1.7	1.1-1.5	1.2-1.8	1.2-1.8	1.3-2.1
<b>GT<sub>w</sub></b>	1.3-2.0	1.4-2.3	1.3-2.1	1.4-2.4	1.4-2.4	1.5-2.7

Hufenus et al. 2005

BGG = geogriglie estruse bi-orientate  
 UGG = geogriglie estruse monorientate  
 STW = geotessili a nastri tessuti  
 CG = geogriglie tessute rivestite  
 GT<sub>w</sub> = geotessili tessuti a maglia

39

## EFFETTI DEGLI AGENTI ATMOSFERICI



Resistenza a trazione dopo degradazione (EN 12224)	Periodo massimo di esposizione agli agenti atmosferici consentito prima del ricoprimento col terreno	$RF_w$
$>80 \% T_F$	1 mese	$T_F / T_W$
$60 \% - 80 \% T_F$	2 settimane	1.25
$<60 \% T_F$	1 giorno	1.00
In assenza di prove	1 giorno	1.00

ISO TR 20432

40

## EFFETTI DEGLI AGENTI CHIMICI



In **assenza di prove** chimiche di durabilità e per  $4 \leq \text{pH} \leq 9$

POLIMERO	$RF_{CH}$
PET	2.0
HDPE	3.3
PP	3.3
PA	3.3
AR	3.3
PVA	2.0

EBGEO, 2011



41

CONOSCENZE NECESSARIE PER LA PROGETTAZIONE OTR



COMPORTAMENTO MECCANICO DEI  
GEOSINTETICI

COMPORTAMENTO DEL TERRENO  
COSTITUENTE IL BLOCCO RINFORZATO

INTERAZIONE TERRENO-RINFORZO

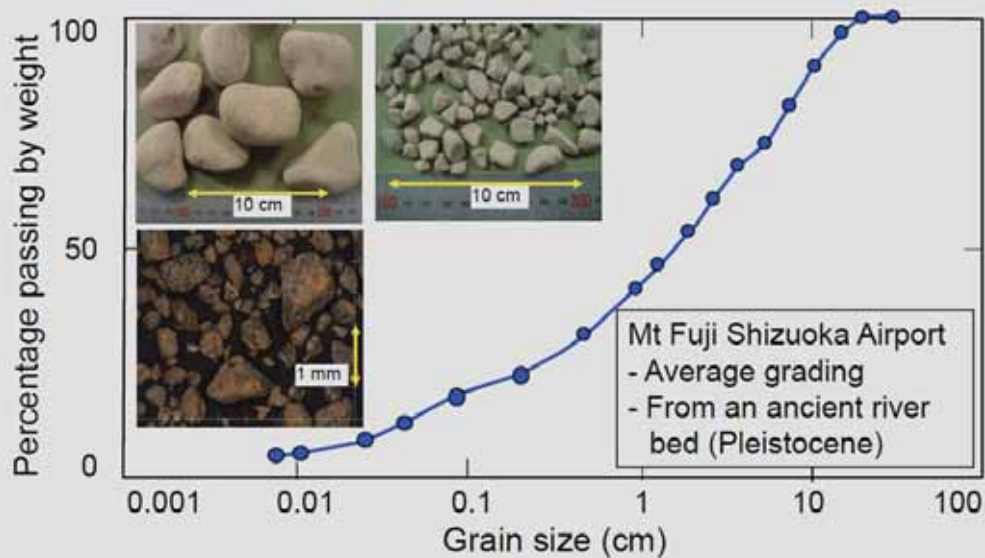
COMPORTAMENTO MECCANICO DELLE  
CONNESSIONI

42

SCELTA DEI PARAMETRI PER IL TERRENO



LA SCELTA DEL TERRENO DI RIEMPIMENTO È IMPORTANTISSIMA!



43

## SCELTA DEI PARAMETRI PER IL TERRENO



LA SCELTA DEL TERRENO DI RIEMPIMENTO È IMPORTANTISSIMA!

Prove per la determinazione della resistenza al taglio (prove di taglio diretto, prove triassiali, prove di taglio piano) (Raccomandazioni AGI, 1977)

Prove di compattazione (AASHTO T 99, 2015 o AASHTO T 180, 2015)

Prove di classificazione (ASTM D2488, 2009)

Prove per la determinazione del pH (AASHTO T289, 1991 e ASTM D4972, 2013)

**SI RACCOMANDANO**

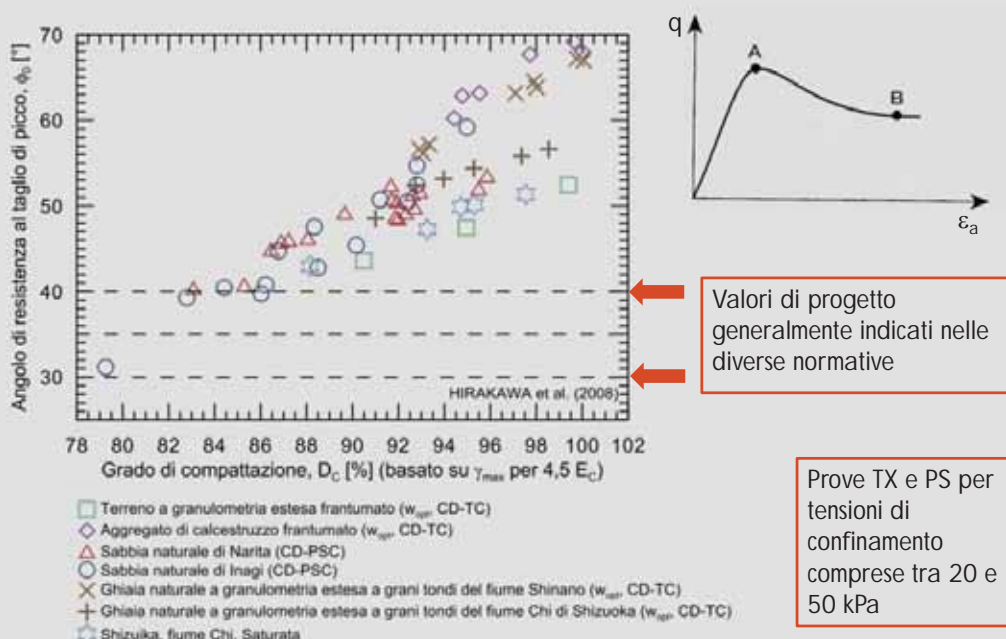
Prove per la determinazione della resistività elettrica e del contenuto in sali (solfati, AASHTO T290-95, 2016; solfuri e cloruri, ASTM D4327-11, 2011)

44

## TERRENO COMPATTATO COSTITUENTE IL BLOCCO RINFORZATO



• EFFETTO DELL'ELEVATA ENERGIA DI COMPATTAZIONE

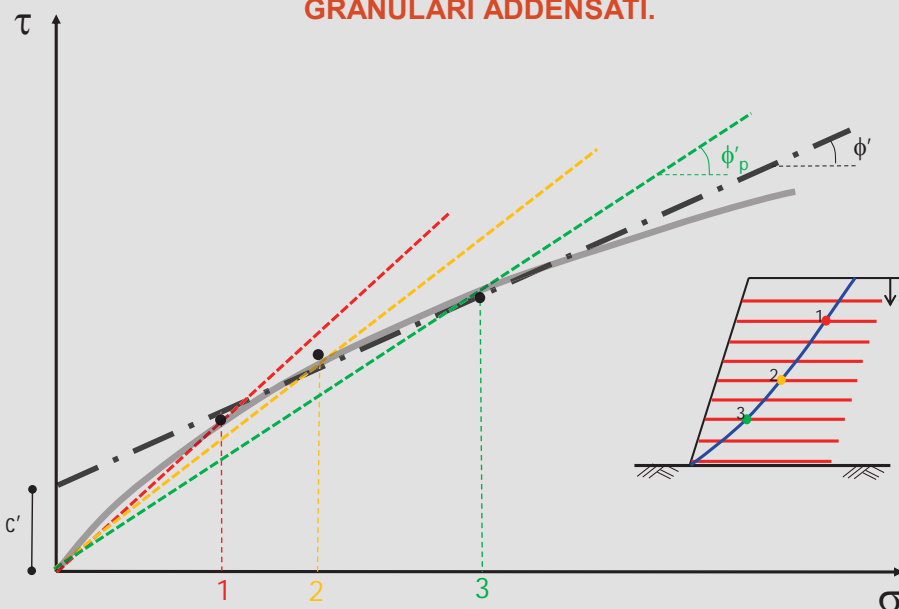


45

TERRENO COMPATTATO COSTITUENTE IL BLOCCO RINFORZATO



- EFFETTO DOVUTO A NON CONSIDERARE L'INVILUPPO DI ROTTURA MARCATAMENTE CURVILINEO DEI TERRENI GRANULARI ADDENSATI.



46

CONOSCENZE NECESSARIE PER LA PROGETTAZIONE OTR



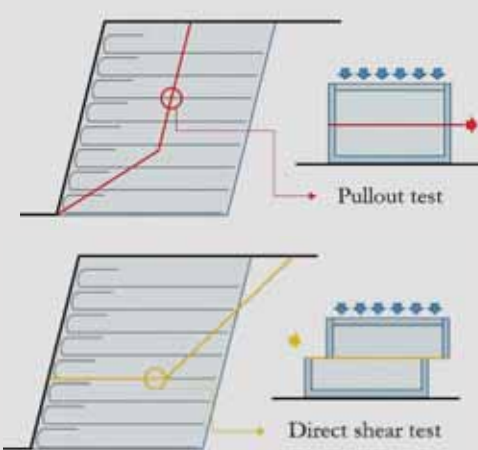
COMPORTAMENTO MECCANICO DEI  
GEOSINTETICI

COMPORTAMENTO DEL TERRENO  
COSTITUENTE IL BLOCCO RINFORZATO

**INTERAZIONE TERRENO-RINFORZO**

COMPORTAMENTO MECCANICO DELLE  
CONNESSIONI

47 POSSIBILI CINEMATISMI DI ROTTURA



$$T_p = P_R = 2 \cdot L_R \cdot W_R \cdot \sigma'_n \cdot f_p \cdot \tan \phi'$$

ASTM D6706-01 (2013);  
BS EN 13728 (2004)

$$T_{ds} = L_R \cdot W_R \cdot \sigma'_n \cdot f_{ds} \cdot \tan \phi'$$

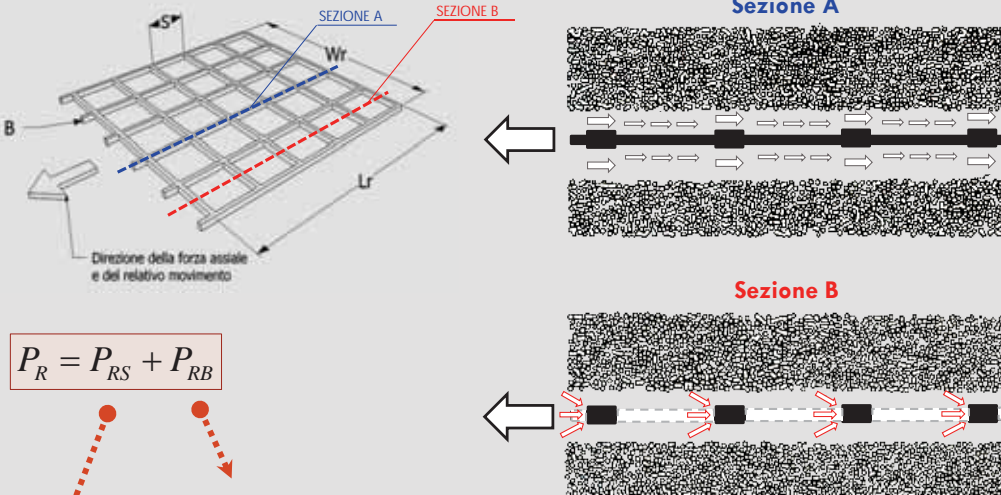
BS EN ISO 12957-1 (2005)  
ASTM D5321 (2014); DIN 18137-3 (2002-09)

IN ASSENZA DI PROVE

Standard Europei	$f_{ds}$ o $f_p$
<b>NF P94-270 (2009)</b>	0.5
<b>EBGEO (2010)</b>	0.5

(max 0.8)

48 INTERAZIONE TERRENO-RINFORZO IN CONDIZIONI DI SFILAMENTO

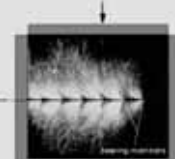


$$P_R = P_{RS} + P_{RB}$$

$$P_{RB} = \left( \frac{L_R}{S} \right) \cdot \alpha_B \cdot \sigma'_b \cdot B$$

$$P_{RS} = 2 \cdot \alpha_S \cdot L_R \cdot \tau = 2 \cdot \alpha_S \cdot L_R \cdot \sigma'_n \cdot \tan \delta$$

per  $W_R$  unitario





49

## INTERAZIONE TERRENO-RINFORZO IN CONDIZIONI DI SFILAMENTO

$$P_R = 2 \cdot \alpha_S \cdot L_R \cdot \sigma'_n \cdot \tan \delta + \left( \frac{L_R}{S} \right) \cdot \alpha_B \cdot \sigma'_b \cdot B$$

COEFFICIENTE DI INTERAZIONE  
TERRENO-GEOSINTETICO

[Jewell et al. (1990)]

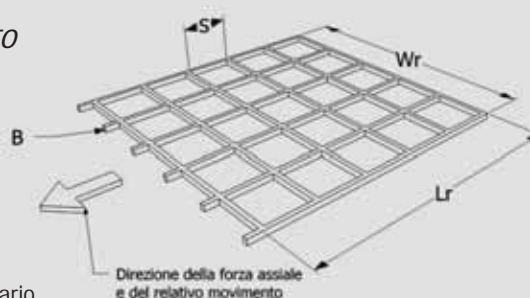
$$f_p = \alpha_S \cdot \left( \frac{\tan \delta}{\tan \phi'} \right) + \left( \frac{\alpha_B \cdot B}{S} \right) \cdot \left( \frac{\sigma'_b}{\sigma'_n} \right) \cdot \frac{1}{2 \tan \phi'}$$

$$P_R = 2 \cdot f_p \cdot L_R \cdot \sigma'_n \cdot \tan \phi'$$

DEFINENDO UN COEFFICIENTE DI ATTRITO  
APPARENTE TERRENO-GEOSINTETICO

$$\mu_{S/GSY} = f_p \cdot \tan \phi'$$

$$P_R = 2 \cdot L_R \cdot \sigma'_n \cdot \mu_{S/GSY}$$

per  $W_R$  unitario

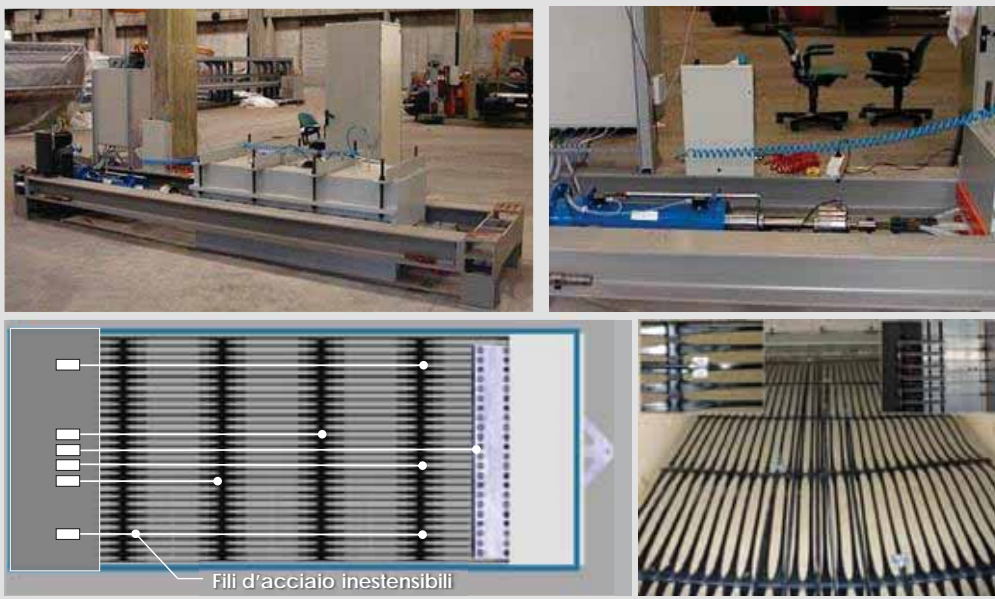
50

## APPARECCHIATURA DI SFILAMENTO

## DEVE ESSERE PROGETTATA PER NON RISENTIRE DI TUTTI I POSSIBILI EFFETTI SCALA!

Moraci e Recalcati (2006)

Moraci, Cardile e Pisano (2016) – KNL Euroge06



51 APPARECCHIATURA DI SFILAMENTO – PROCEDURA DI PROVA

1. RIVESTIMENTO SUPERFICI
2. COMPATTAZIONE STRATO INF.
3. POSIZIONAMENTO PROVINO
4. RIPIIMENTO STRATO SUP.
5. POSIZIONAMENTO CUSCINO
6. CHIUSURA SCATOLA
7. COLLEGAMENTO PINZA
8. COLLEG. STRUMENTAZIONE
9. INIZIO PROVA

52 RISULTATI SPERIMENTALI – PROVE CRD

a) Estensibilità

b) Dilatanza

$$P_R = 2 \cdot W_R \cdot L_R \cdot \sigma'_n \cdot \mu_{S/GSY}$$

Geogrid HDPE

- $L_w = 0.40\text{ m}$
- △  $L_w = 1.15\text{ m}$

Soil A (blue line), Soil B (red line)

References: Moraci e Recalcati (2006), Moraci e Cardile (2008)

53

CONOSCENZE NECESSARIE PER LA PROGETTAZIONE OTR



COMPORTAMENTO MECCANICO DEI  
GEOSINTETICI

COMPORTAMENTO DEL TERRENO  
COSTITUENTE IL BLOCCO RINFORZATO

INTERAZIONE TERRENO-RINFORZO

COMPORTAMENTO MECCANICO DELLE  
CONNESSIONI

54

COMPORTAMENTO MECCANICO DELLE CONNESSIONI



Molte sono le tecnologie sviluppate e commercializzate per la realizzazione del paramento in facciata di muri in terra rinforzata e conseguentemente molte sono le tipologie di sistemi di connessione rinforzo-paramento.



55 **COMPORTAMENTO MECCANICO DELLE CONNESSIONI**

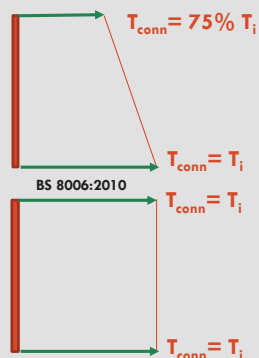
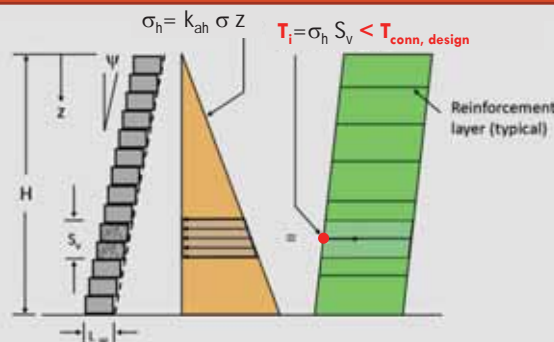
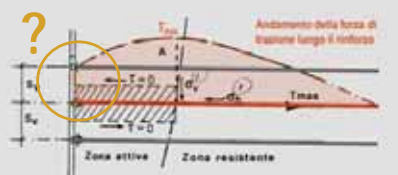
Se pensi che non sia necessario prestare attenzione alle connessioni in facciata....



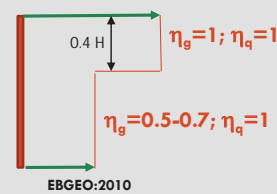
...fai una chiacchierata con i proprietari di questi muri a blocchi modulari!

56 **COMPORTAMENTO MECCANICO DELLE CONNESSIONI**

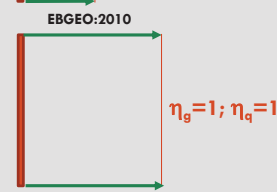
*CALCOLO DEL CARICO DI TRAZIONE AGENTE AL GENERICO LIVELLO RINFORZATO*



Facciata flessibile o connessioni con possibilità di spostamenti



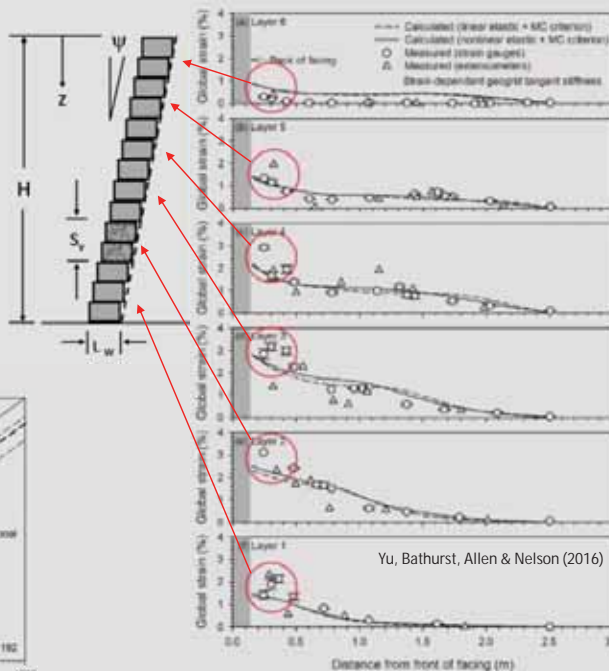
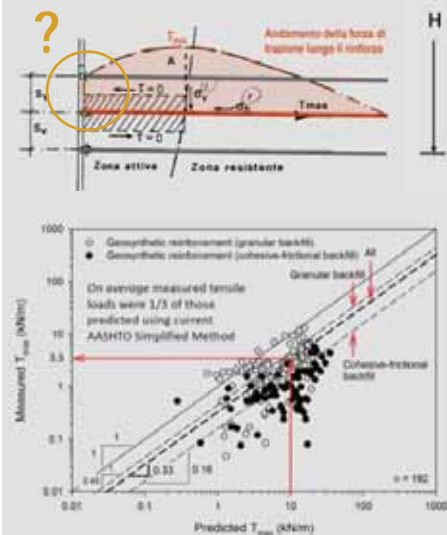
Facciata rigida (SRW, FHRW, ...) spostamenti non consentiti della facciata e delle connessioni





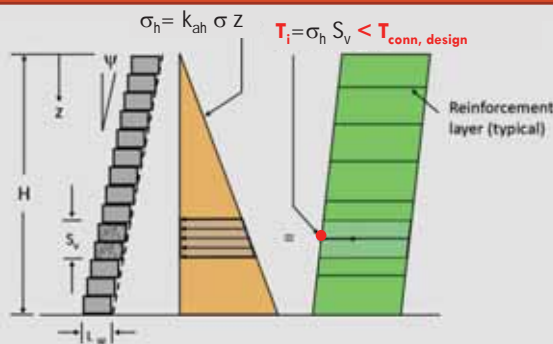
57 **COMPORTAMENTO MECCANICO DELLE CONNESSIONI**

*CALCOLO DEL CARICO DI TRAZIONE AGENTE AL GENERICO LIVELLO RINFORZATO*



58 **COMPORTAMENTO MECCANICO DELLE CONNESSIONI**

*CALCOLO DEL CARICO DI TRAZIONE AGENTE AL GENERICO LIVELLO RINFORZATO*



*Un'assunzione ragionevole e conservativa appare quella di considerare:*

Tutti i sistemi di facciata

Nessuna riduzione

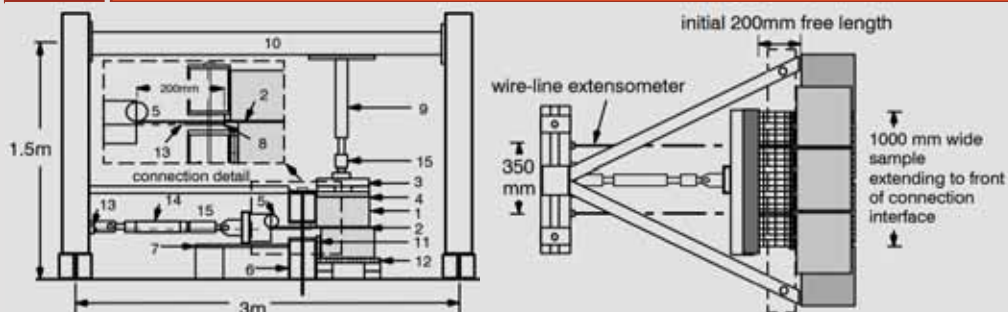
$T_{conn} = T_i$

$T_{conn} = T_i$

$T_{conn} = 100\% \text{ of } T_i$

59

## COMPORTAMENTO MECCANICO DELLE CONNESSIONI



*La resistenza delle connessioni  
NON PUÒ ESSERE PREDETTA  
in assenza di prove in scala reale*

*ASTM D6916 -18 – Standard Test Method for Determining the Shear Strength Between Segmental Concrete Units (Modular Concrete Blocks)*

*ASTM D6638-01 – Test Method for Determining the Connection Strength Between Segmental Concrete Units and Geosynthetic Reinforcement*

*NCMA (design manual for segmental retaining wall)*



60

## COMPORTAMENTO MECCANICO DELLE UNITÀ MODULARI

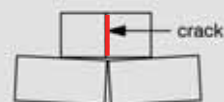


Devono rispettare alcuni requisiti tecnici riguardo resistenza a compressione, imbibizione, densità, contenuto in cemento e rapporto acqua-cemento.

Standard:



BS EN 771-3 (2015)  
BS EN 12878 (2014)  
ASTM C1262 (2018)



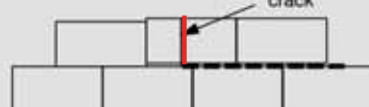
Cedimenti differenziali del piano di base



Disallineamento delle unità modulari



Dimensioni irregolari delle unità modulari



Inclusione di rinforzo posta in maniera discontinua

61

## CONSIDERAZIONI



- ✓ Le conoscenze acquisite sulla **durabilità dei geosintetici** e le tecniche sperimentali sviluppate **consentono di prevedere la resistenza a lungo termine degli stessi** considerando gli effetti di tutti i fattori che possono comportarne una riduzione nel tempo (creep, danneggiamento meccanico, degradazione chimica e ambientale)
- ✓ Gli effetti di **creep in sito** sono **meno marcati** rispetto a quelli determinati con le prove di creep a trazione in isolamento utilizzati nella progettazione

62

## CONSIDERAZIONI



- ✓ I **parametri di resistenza** al taglio del terreno utilizzati nella progettazione delle opere in terra rinforzata sono **cautelativi**
- ✓ L'attrito apparente mobilitato all'interfaccia in condizioni di sfilamento dipende, per una determinata interfaccia, dalla **dilatanza** del terreno all'interfaccia e dall'**estensibilità** del rinforzo
- ✓  $\mu_{s/gy}$  è  $f(L_R, \sigma'_V)$
- ✓ Attenzione alle connessioni in facciata (se presenti).