

Considerazioni Progettuali sul Rinforzo di Pavimentazioni con Geocompositi

Prof. Ing. Francesco Canestrari

Università Politecnica delle Marche – f.canestrari@univpm.it



■ Sommario Presentazione

- **Raccomandazioni di Impiego in Campo Stradale**
- **Rinforzo di Conglomerati Bituminosi Modificati**
- **Dimensionamento Razionale di Pavimentazioni Rinforzate**
- **Conclusioni**

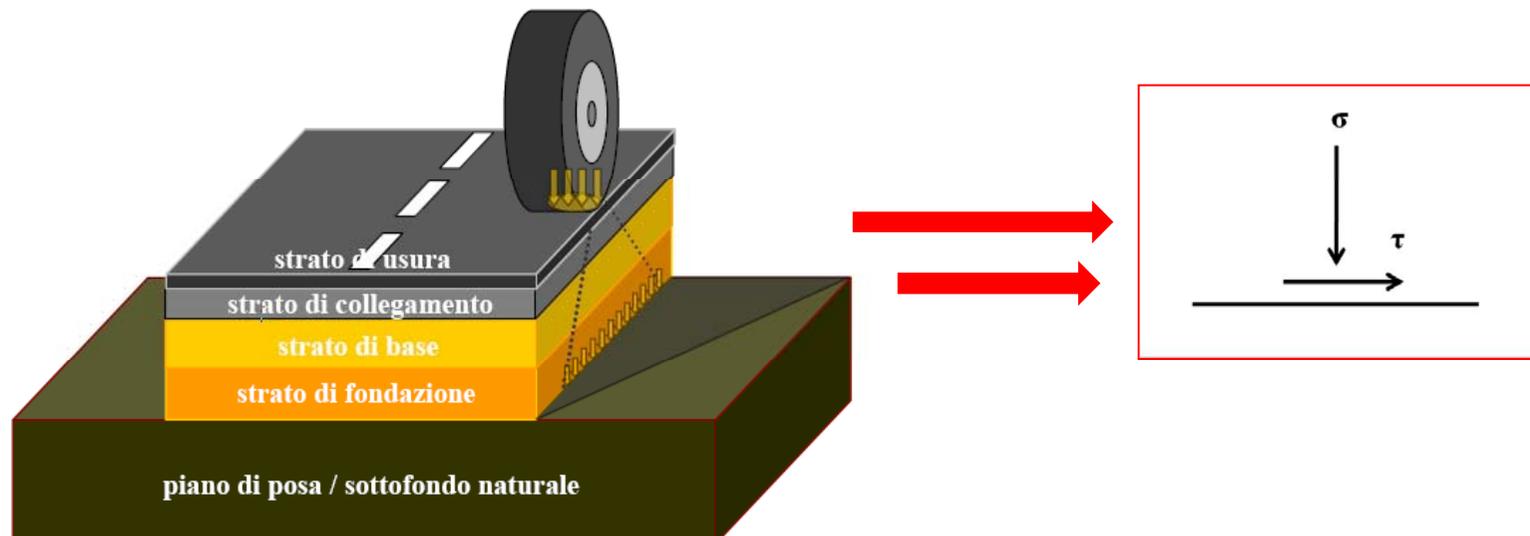


Raccomandazioni di Impiego in Campo Stradale



■ Raccomandazioni di Impiego in Campo Stradale

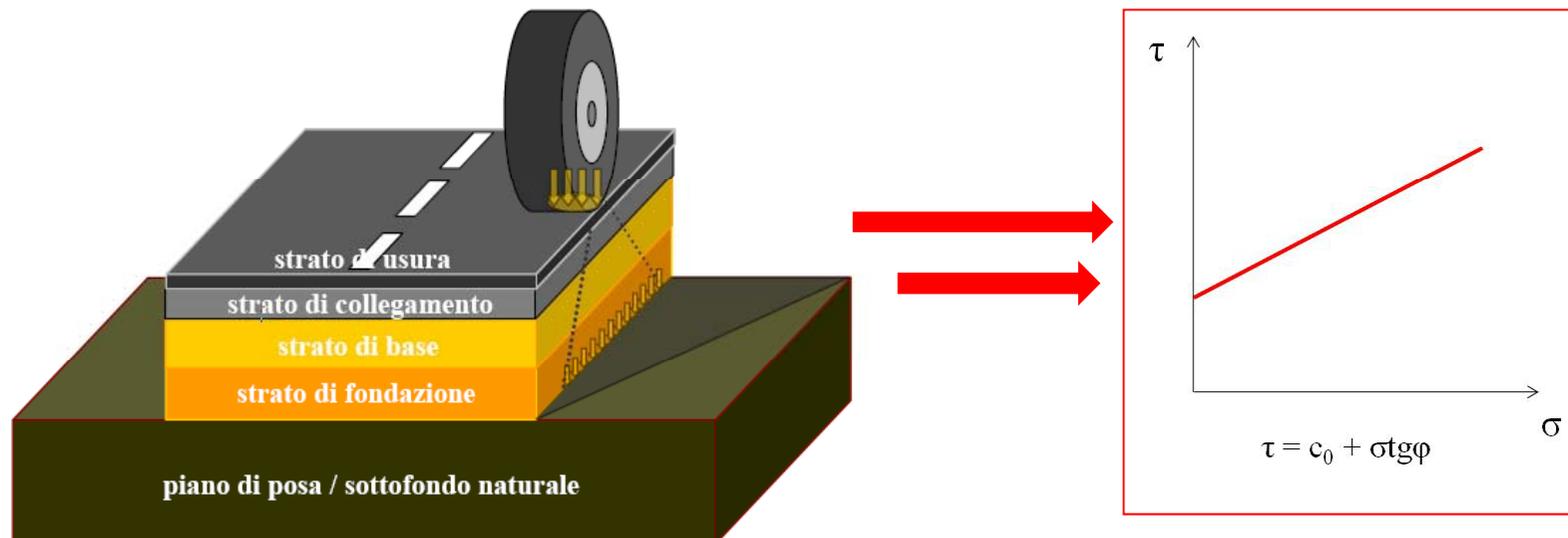
Interfacce di pavimentazioni bituminose



- ❑ Pavimentazione come sovrapposizione di strati: **multistrato elastico**
- ❑ Ruolo delle Interfacce: F(grado di collegamento tra gli strati)
- ❑ Sollecitazioni indotte dal traffico
- ❑ Resistenza delle interfacce bituminose

■ Raccomandazioni di Impiego in Campo Stradale

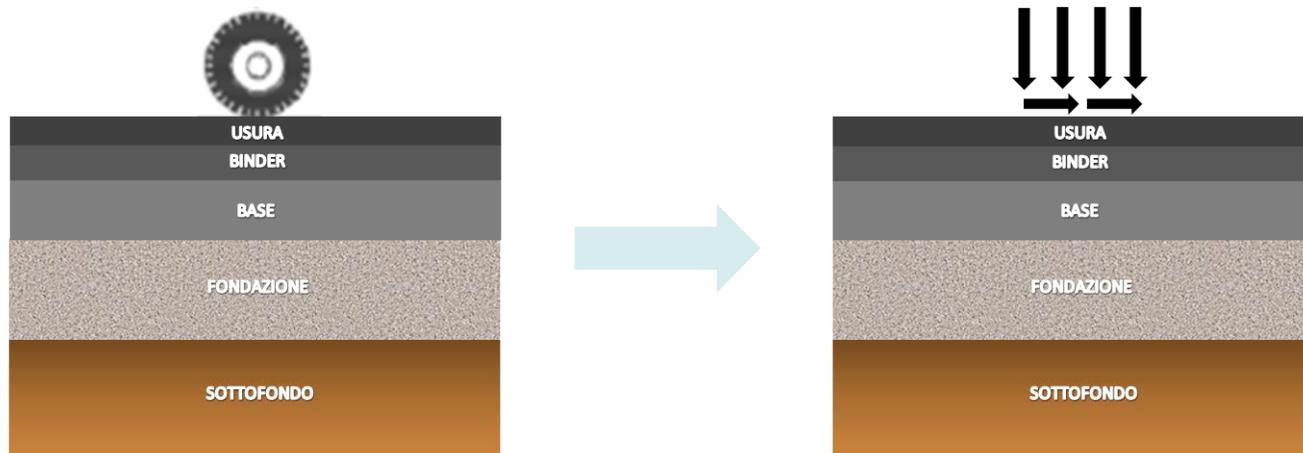
Interfacce di pavimentazioni bituminose



- ❑ Pavimentazione come sovrapposizione di strati: **multistrato elastico**
- ❑ Ruolo delle Interfacce: F(grado di collegamento tra gli strati)
- ❑ Sollecitazioni indotte dal traffico
- ❑ Resistenza delle interfacce bituminose

■ Raccomandazioni di Impiego in Campo Stradale

Sollecitazioni da traffico veicolare



CARICHI DI TRAFFICO

VERTICALI

ORIZZONTALI

$$F_H = f_a \cdot F_V$$



■ Raccomandazioni di Impiego in Campo Stradale

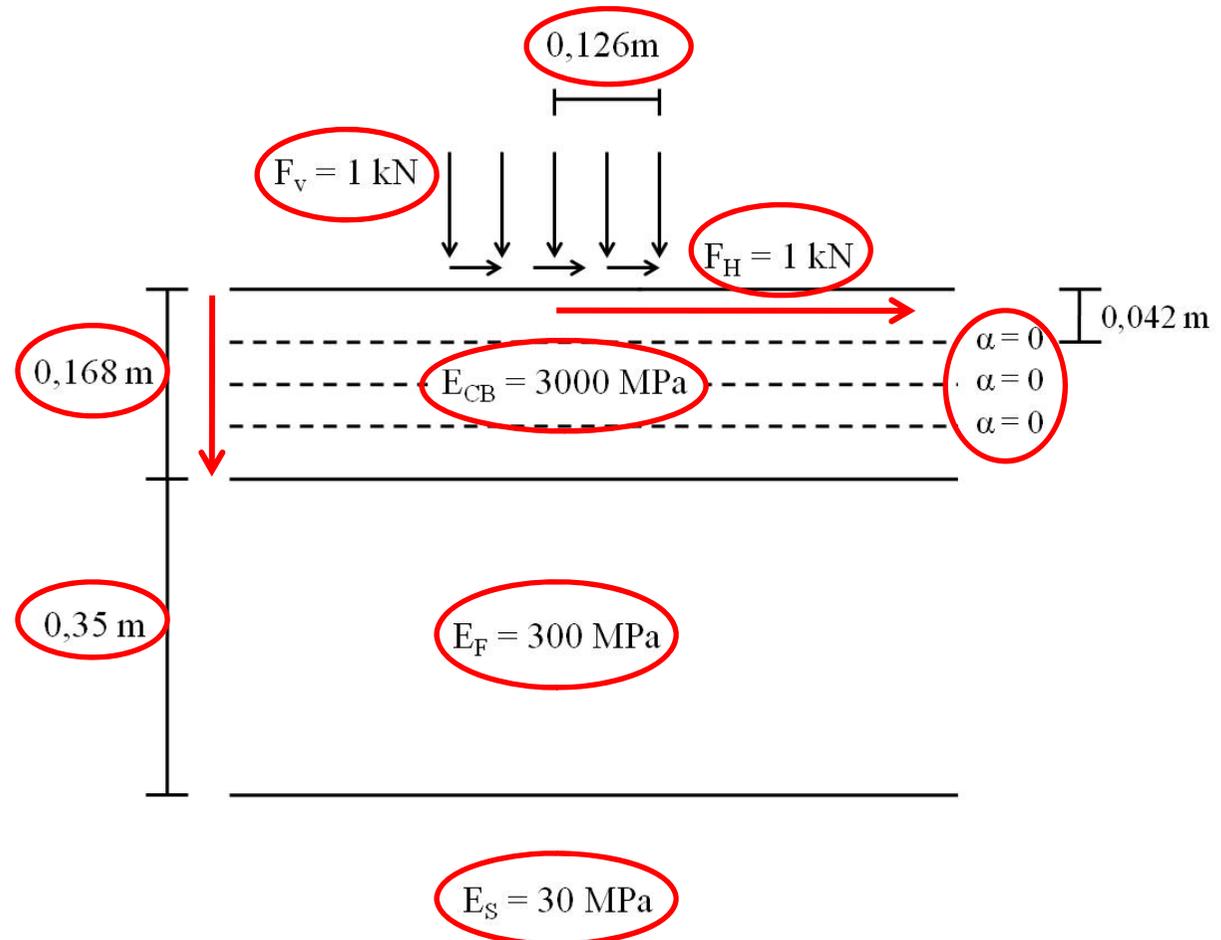
Risoluzione del multistrato elastico

■ Dati di input:

- Raggio dell'area di carico
- Carico verticale
- Carico orizzontale
- Strati legati
- Strato di fondazione
- Collegamento all'interfaccia
- Costanti elastiche:
 - Modulo di Young
 - Coefficiente di Poisson

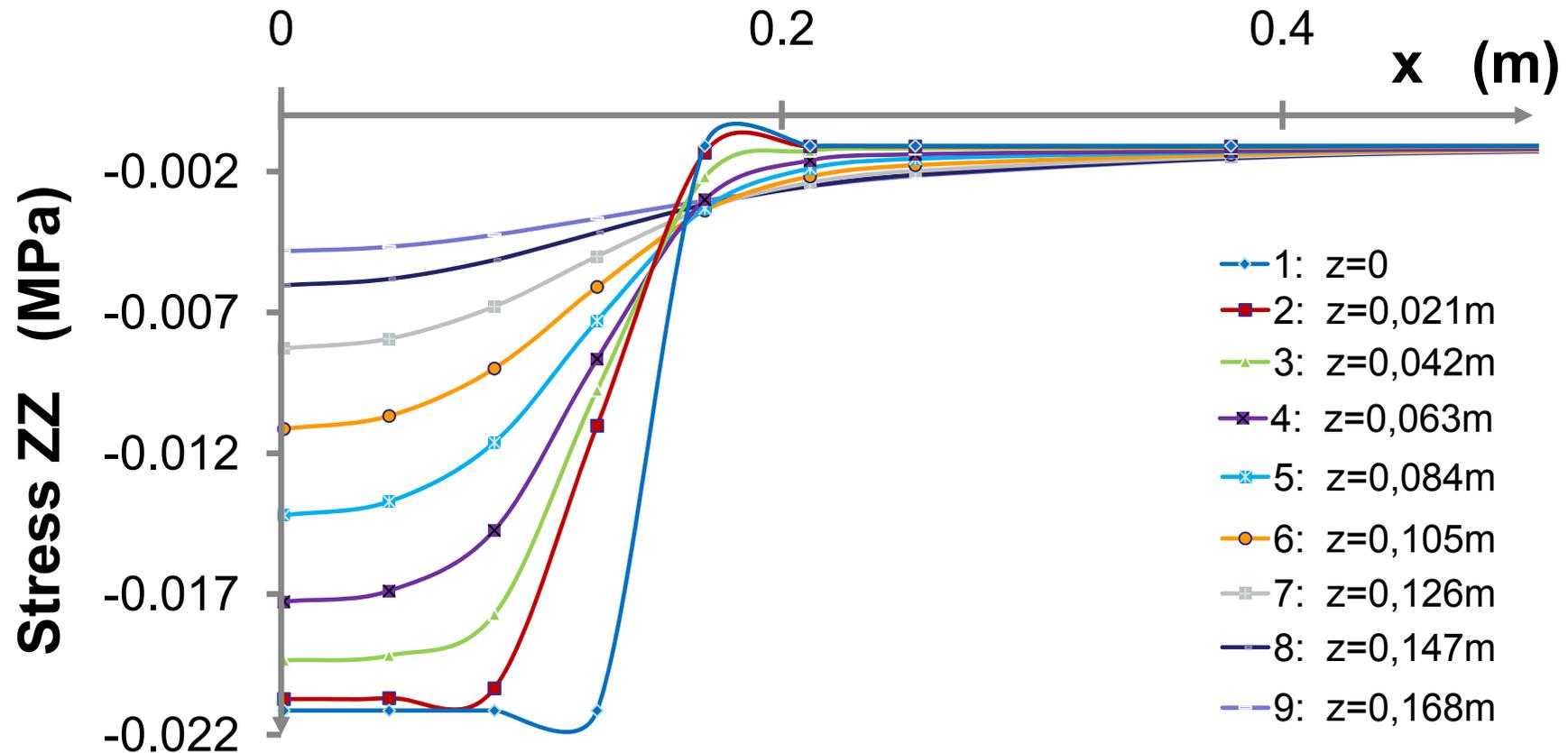
■ Soluzioni al variare di:

- Distanza dall'area di carico
- Profondità



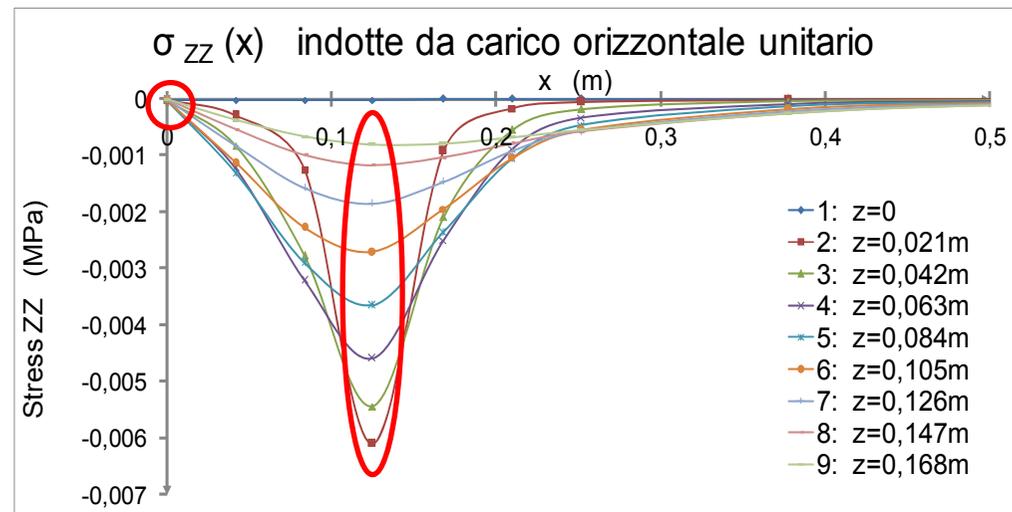
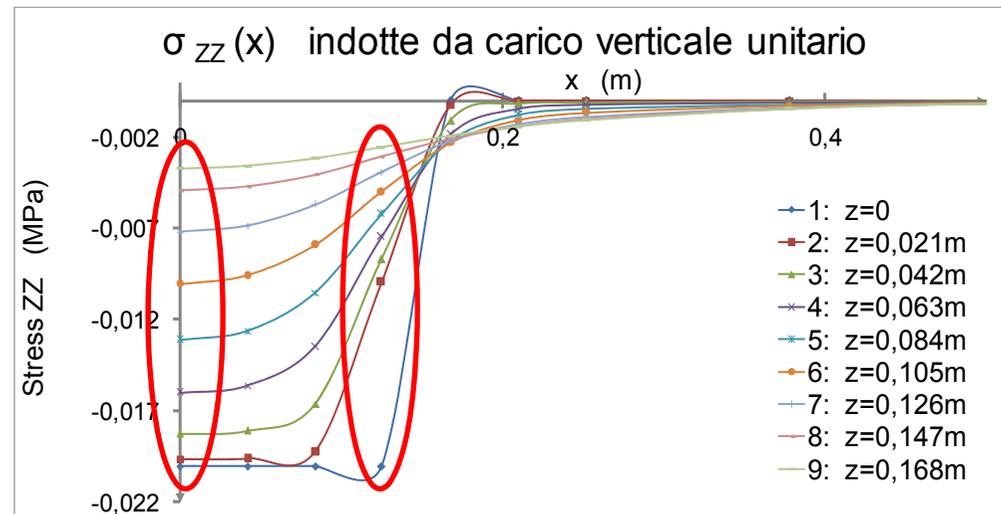
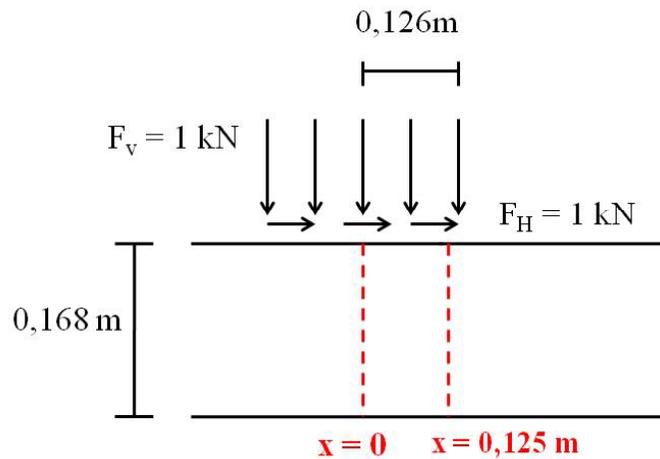
■ Raccomandazioni di Impiego in Campo Stradale

Sollecitazioni al variare della distanza dall'area di carico



■ Raccomandazioni di Impiego in Campo Stradale

Sollecitazioni al variare della distanza dall'area di carico



In corrispondenza del centro:

- σ_{ZZ} da carico verticale massime;
- σ_{ZZ} da carico orizzontale nulle.

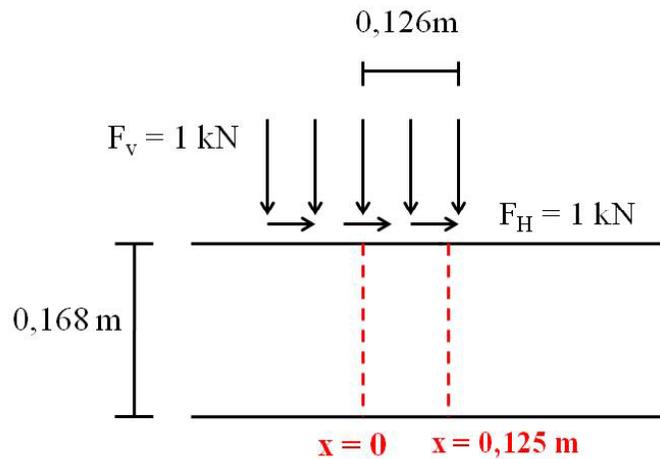
In prossimità del bordo:

- σ_{ZZ} da carico verticale decrescono
- σ_{ZZ} da carico orizzontale massime.



■ Raccomandazioni di Impiego in Campo Stradale

Sollecitazioni al variare della distanza dall'area di carico

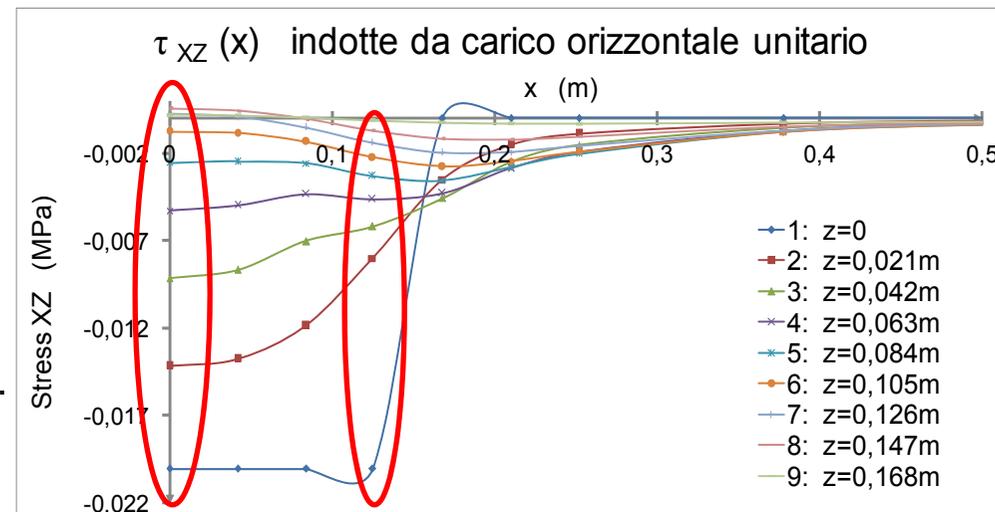
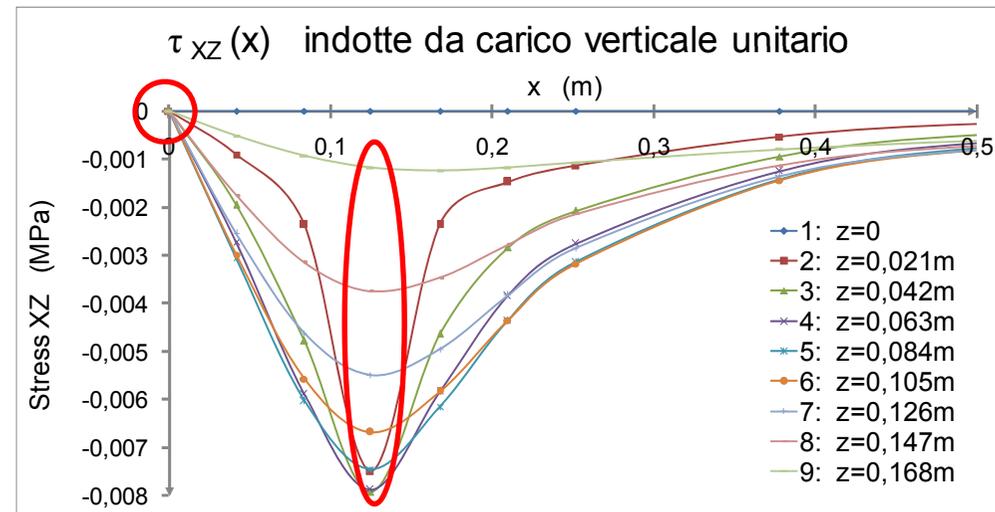


In corrispondenza del centro:

- τ_{XZ} da carico verticale nulle;
- τ_{XZ} da carico orizzontale massime.

In prossimità del bordo:

- τ_{XZ} da carico verticale massime;
- τ_{XZ} da carico orizzontale decrescono.



Raccomandazioni di Impiego in Campo Stradale

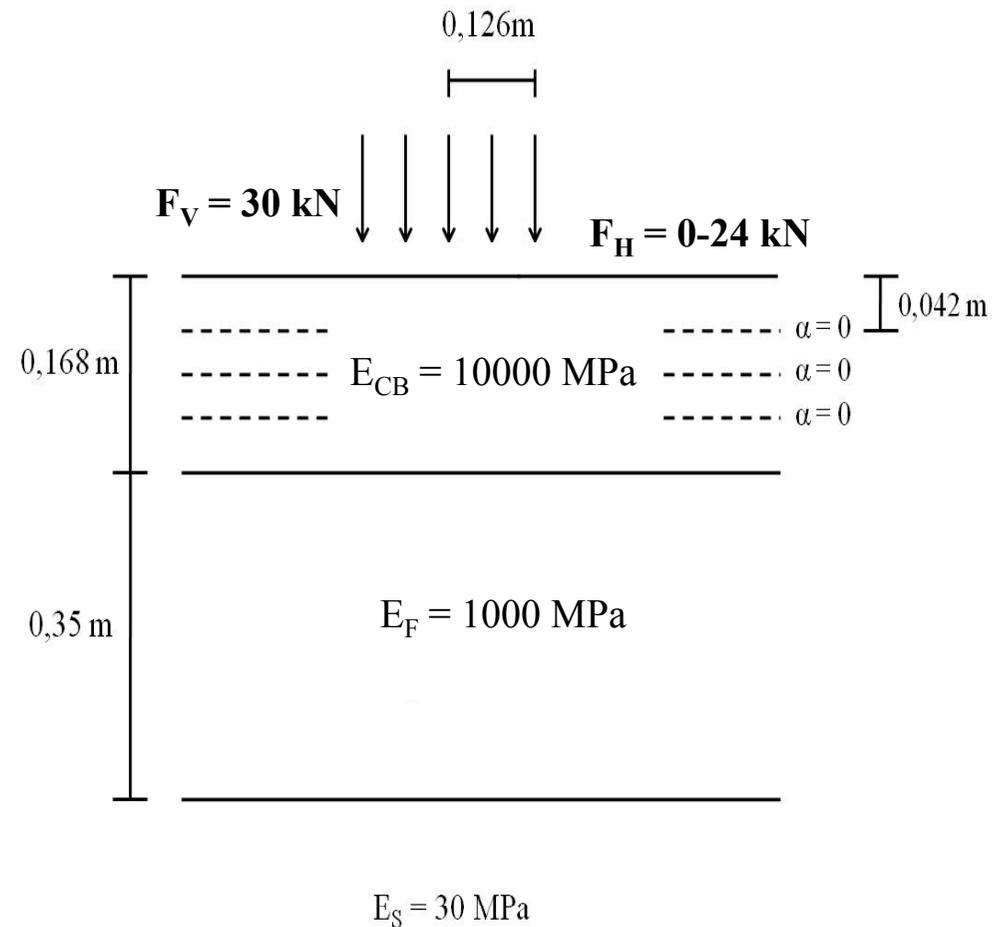
Programma sperimentale

| COMBINAZIONE | 1 | 2 | 3 | 4 |
|--------------|----|-----|-----|-----|
| F_V (kN) | 30 | 30 | 30 | 30 |
| f_a | 0 | 0,4 | 0,6 | 0,8 |
| F_H (kN) | 0 | 12 | 18 | 24 |



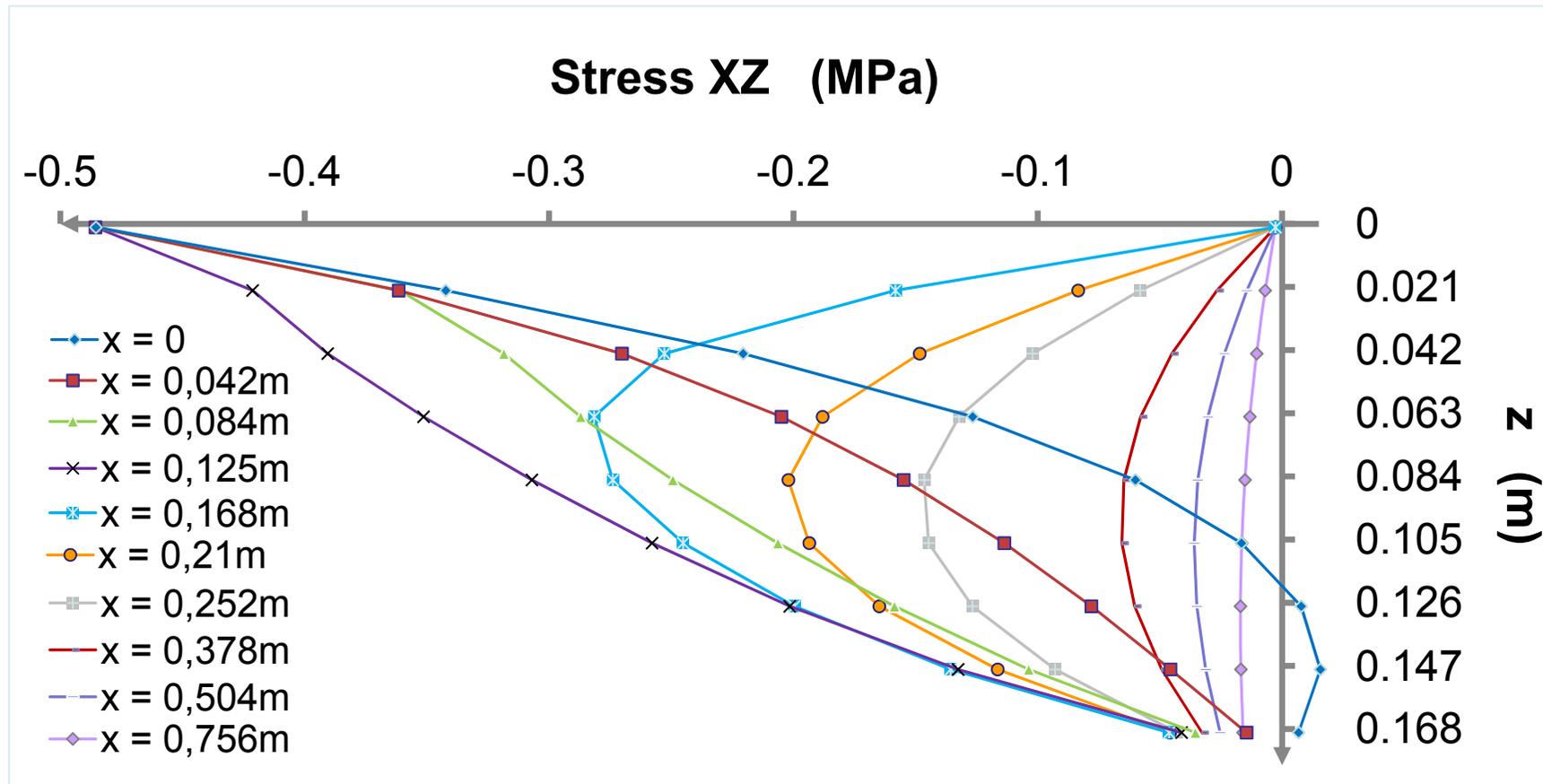
| COMBINAZIONE | 4 | 5 | 6 |
|--------------|-----|----|------|
| E_F (MPa) | 300 | 30 | 1000 |

| COMBINAZIONE | 4 | 7 | 8 |
|----------------|------|-----|-------|
| E_{CB} (MPa) | 3000 | 500 | 10000 |



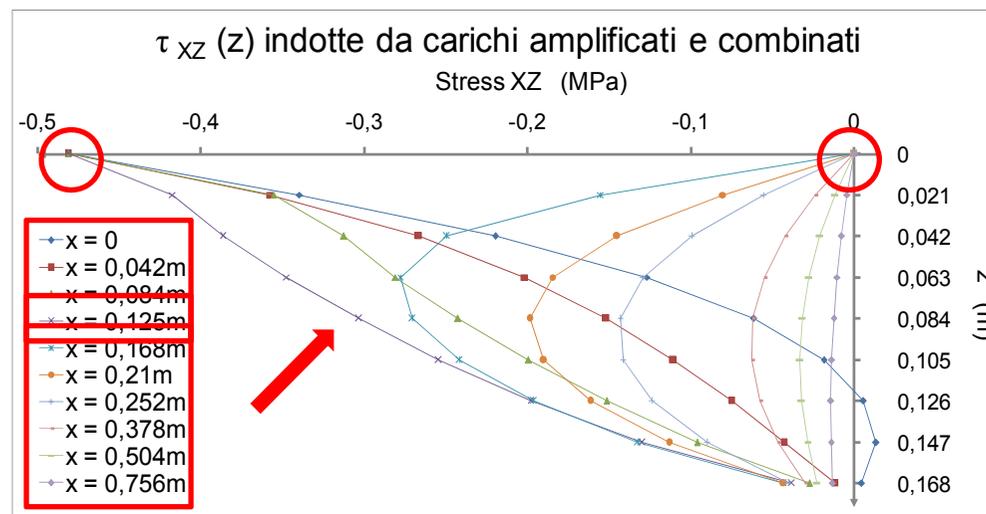
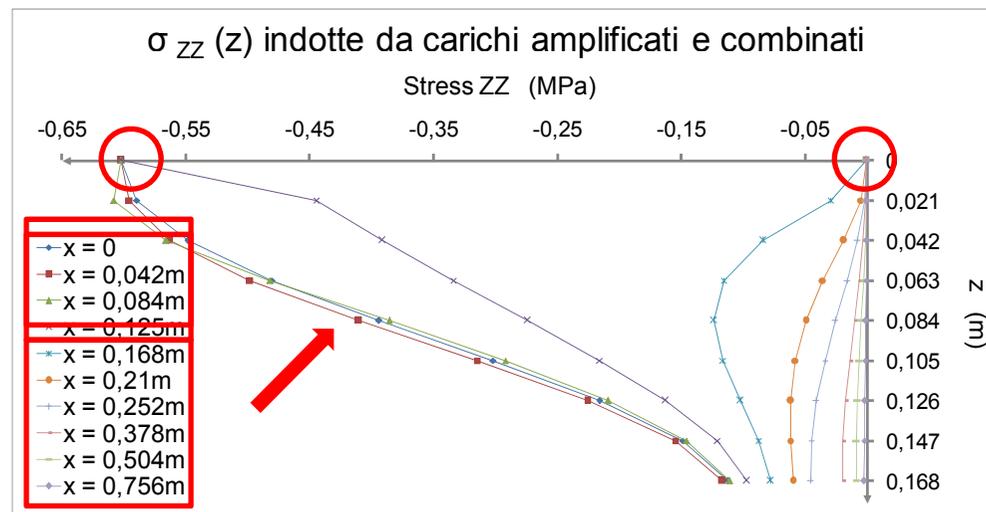
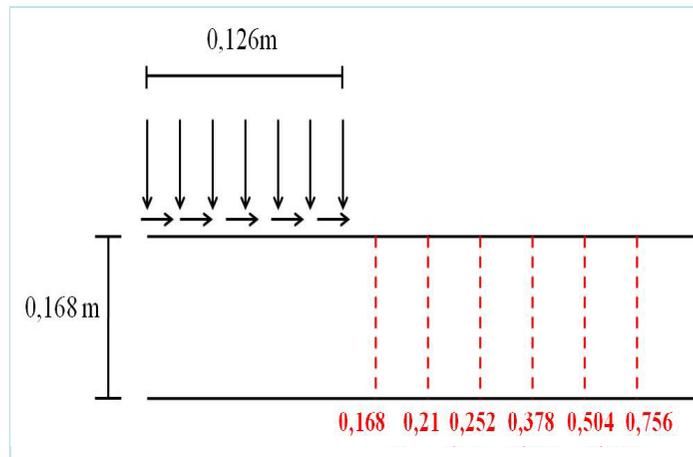
■ Raccomandazioni di Impiego in Campo Stradale

Sollecitazioni al variare della profondità



Raccomandazioni di Impiego in Campo Stradale

Sollecitazioni al variare della profondità



All'interno dell'area di carico:

- σ_{ZZ} e τ_{XZ} sono massime a $z = 0$.

All'esterno dell'area di carico:

- σ_{ZZ} e τ_{XZ} sono nulle a $z = 0$.

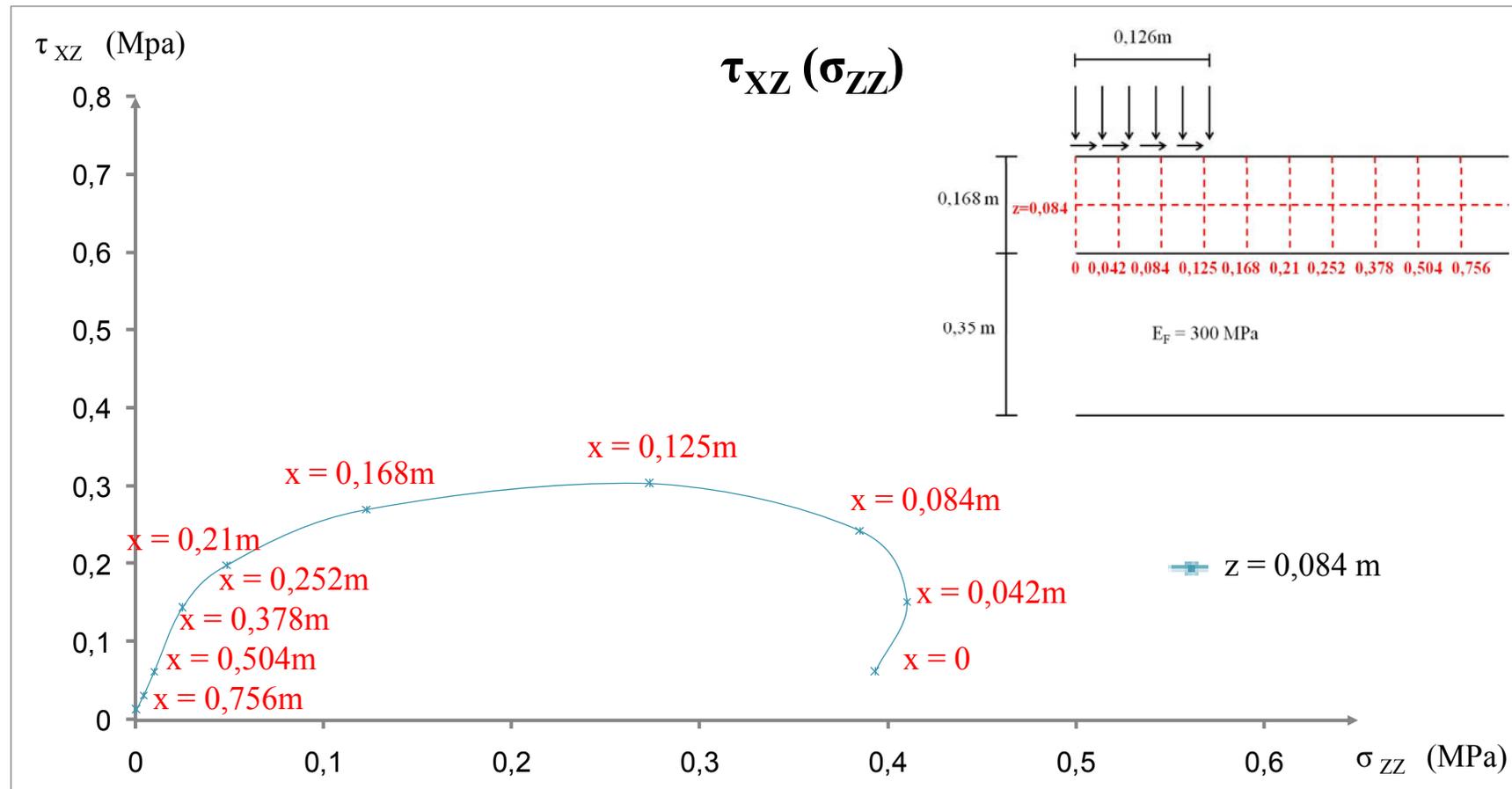
Massime tensioni:

- σ_{ZZ} vicino al centro dell'area;
- τ_{XZ} in prossimità del bordo.



■ Raccomandazioni di Impiego in Campo Stradale

Rappresentazione stato tensionale nel piano di Mohr

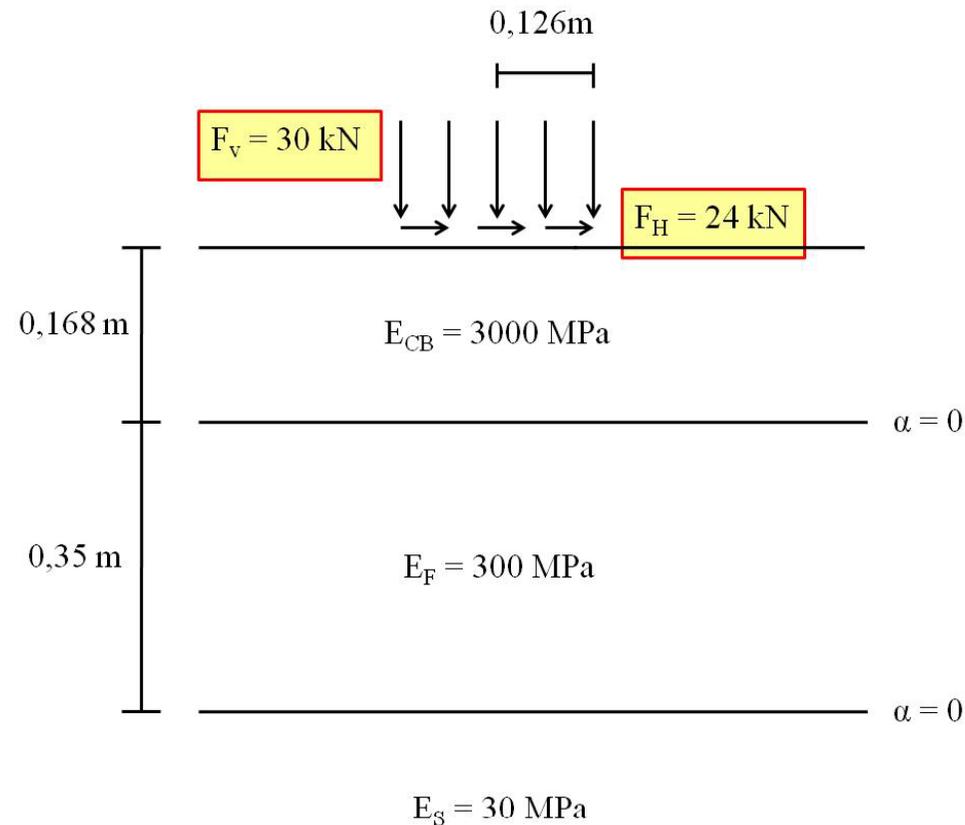


■ Raccomandazioni di Impiego in Campo Stradale

Stato tensionale e involuppi di resistenza

$$4) F_V = 30 \text{ kN}$$

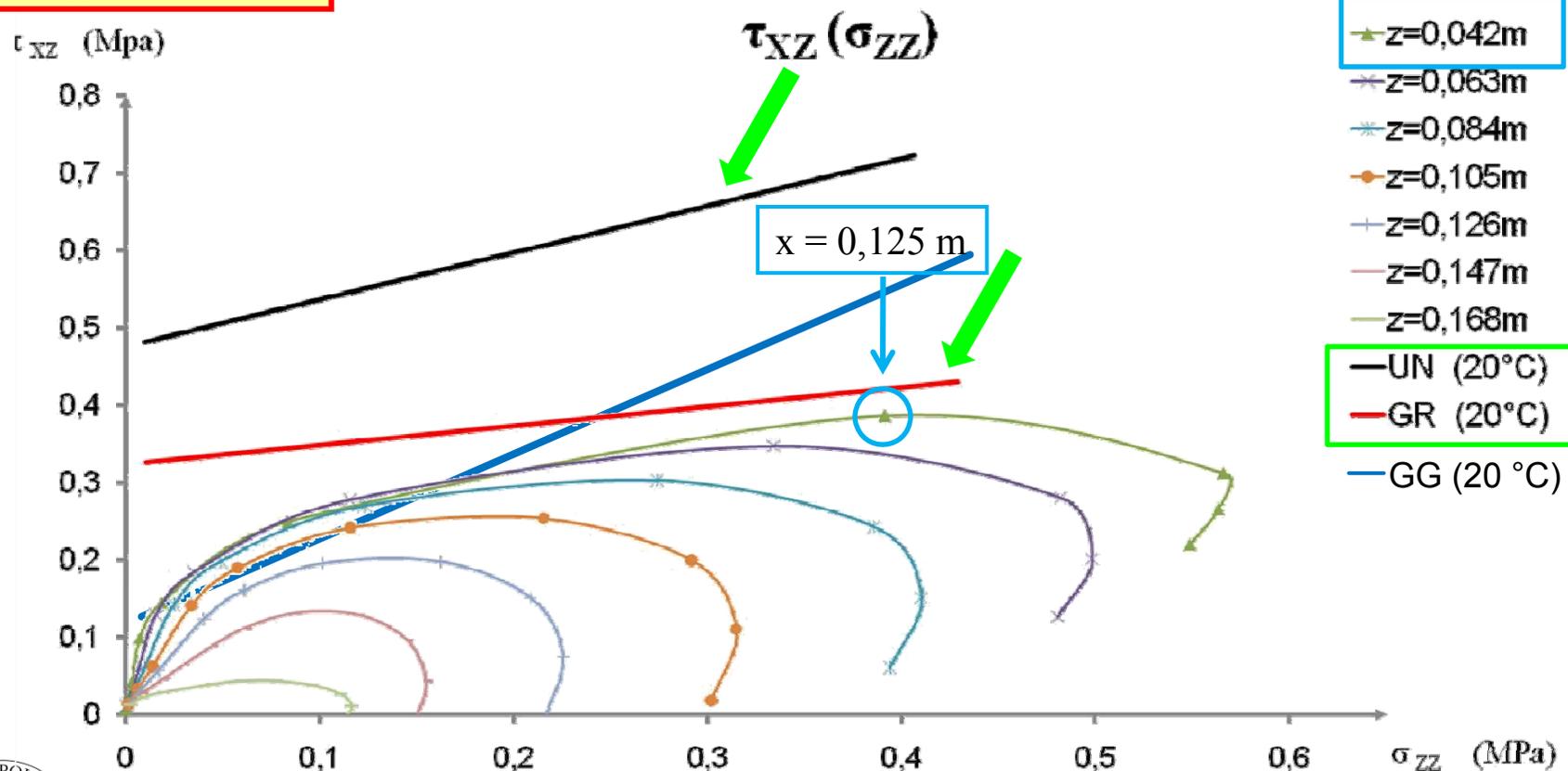
$$F_H = 24 \text{ kN}$$



■ Raccomandazioni di Impiego in Campo Stradale

Stato tensionale e involuppi di resistenza

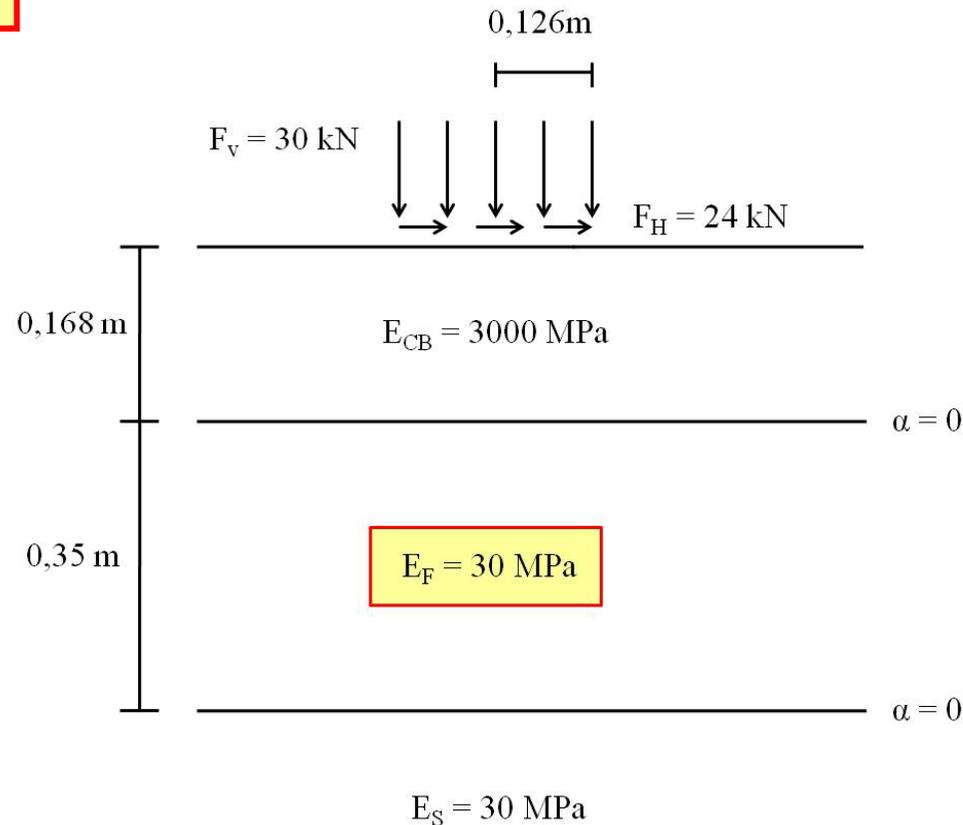
4) $F_V = 30 \text{ kN}$
 $F_H = 24 \text{ kN}$



■ Raccomandazioni di Impiego in Campo Stradale

Stato tensionale e involuppi di resistenza

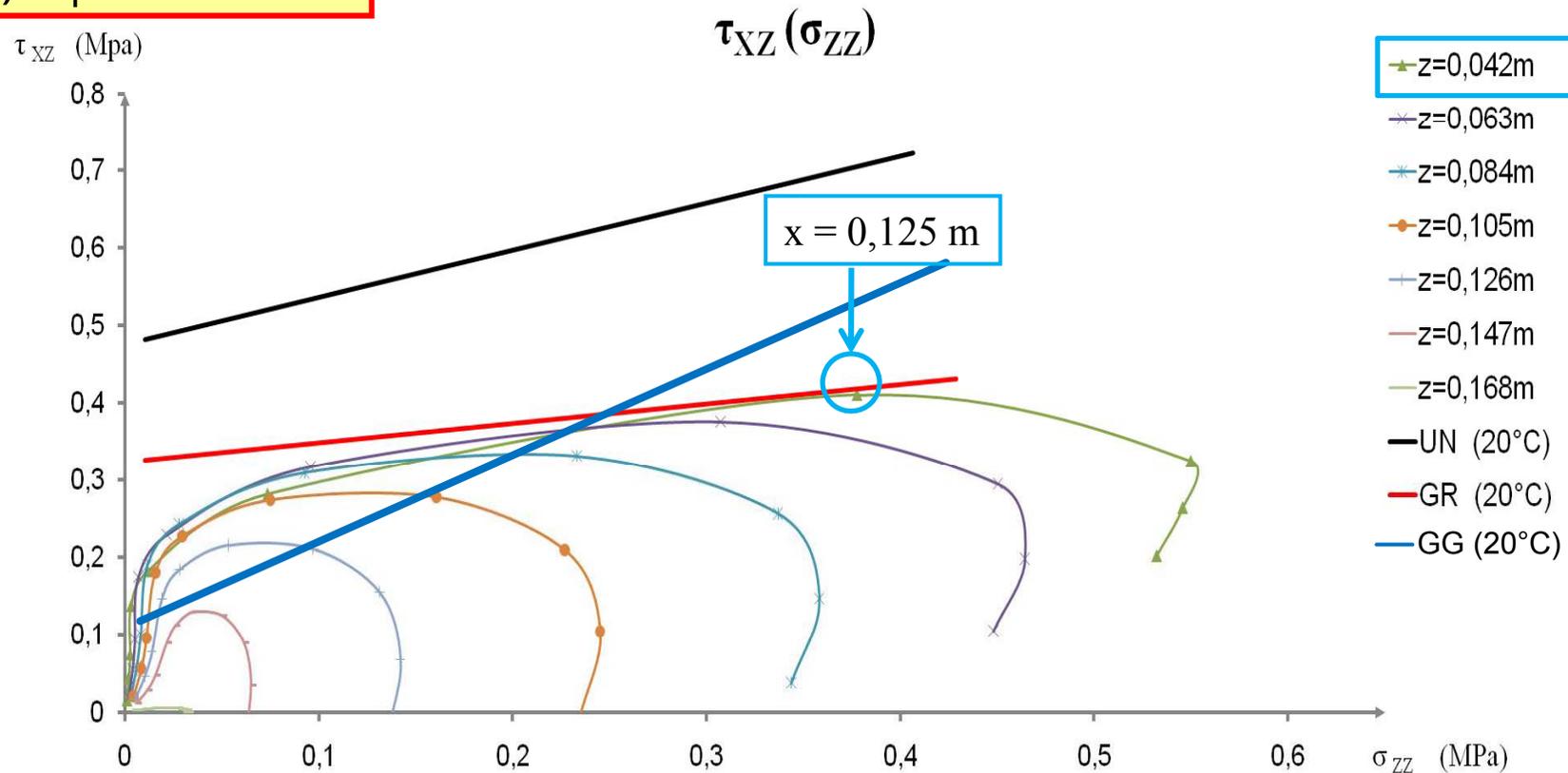
5) $E_F = 30 \text{ MPa}$



■ Raccomandazioni di Impiego in Campo Stradale

Stato tensionale e involuppi di resistenza

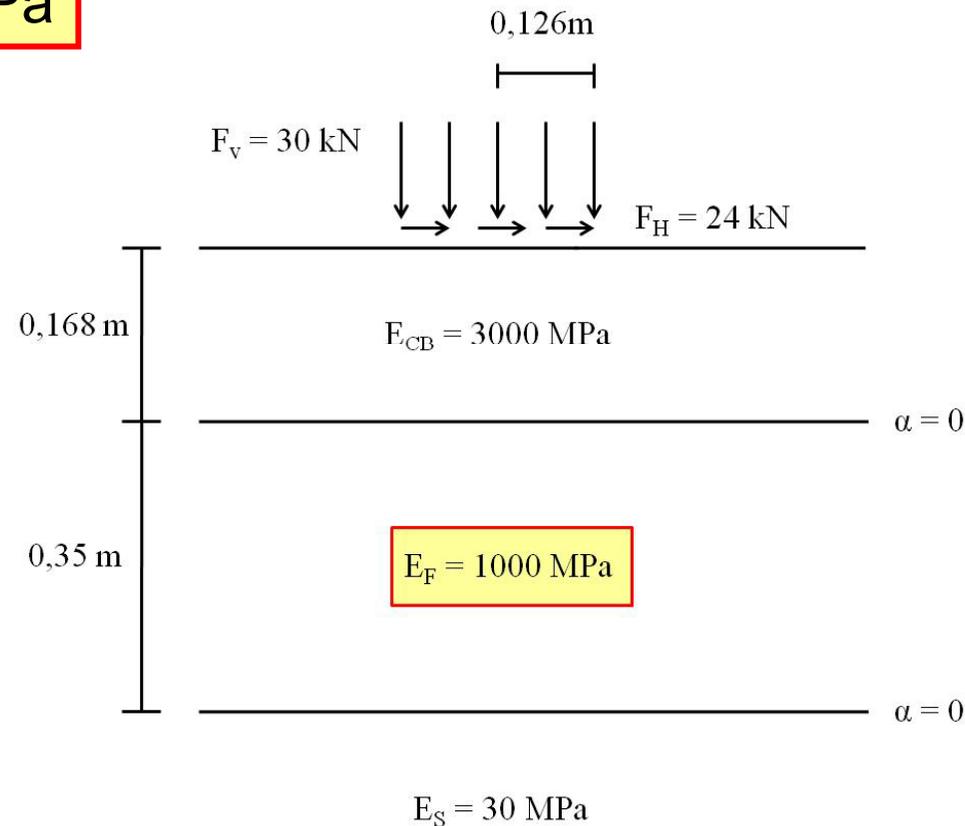
5) $E_F = 30 \text{ MPa}$



■ Raccomandazioni di Impiego in Campo Stradale

Stato tensionale e involuppi di resistenza

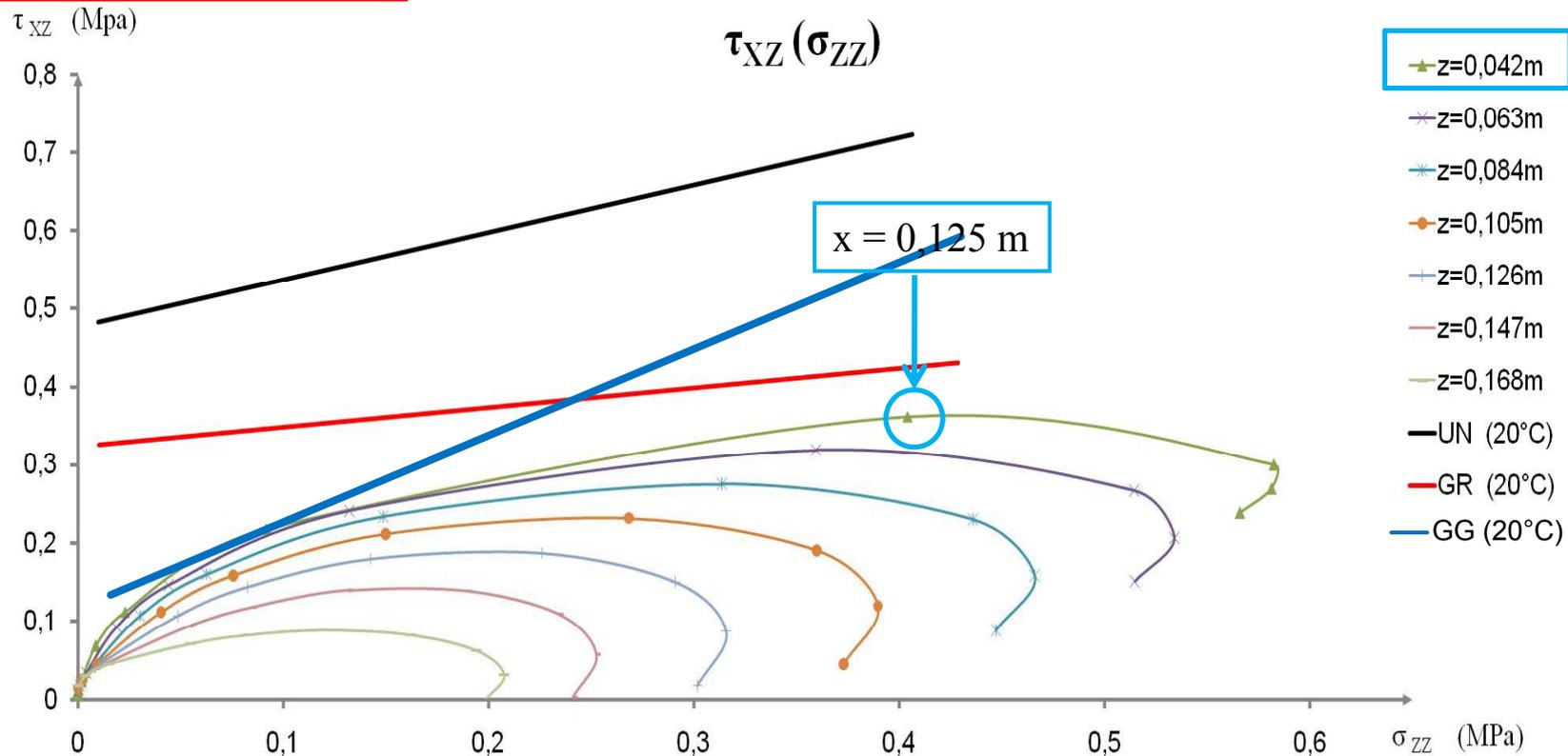
6) $E_F = 1000 \text{ MPa}$



Raccomandazioni di Impiego in Campo Stradale

Stato tensionale e involuppi di resistenza

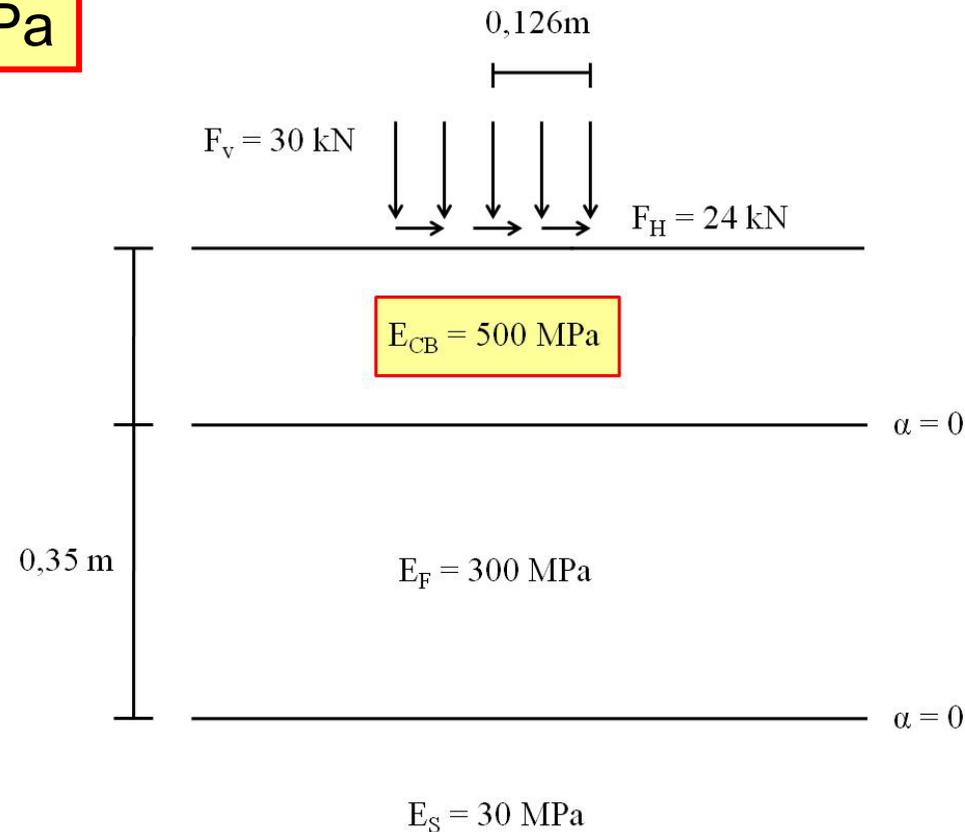
6) $E_F = 1000 \text{ MPa}$



■ Raccomandazioni di Impiego in Campo Stradale

Stato tensionale e involuppi di resistenza

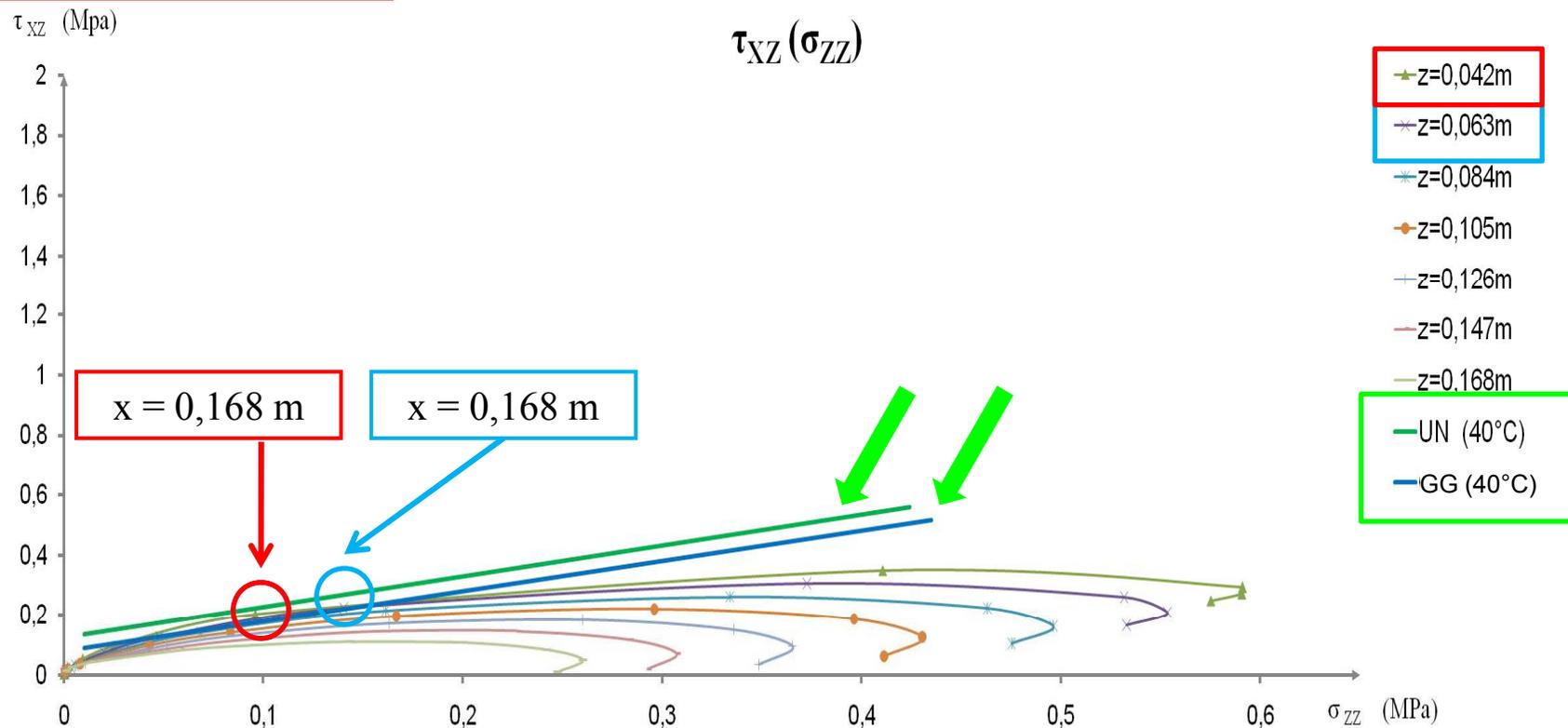
7) $E_{CB} = 500 \text{ MPa}$



■ Raccomandazioni di Impiego in Campo Stradale

Stato tensionale e involuppi di resistenza

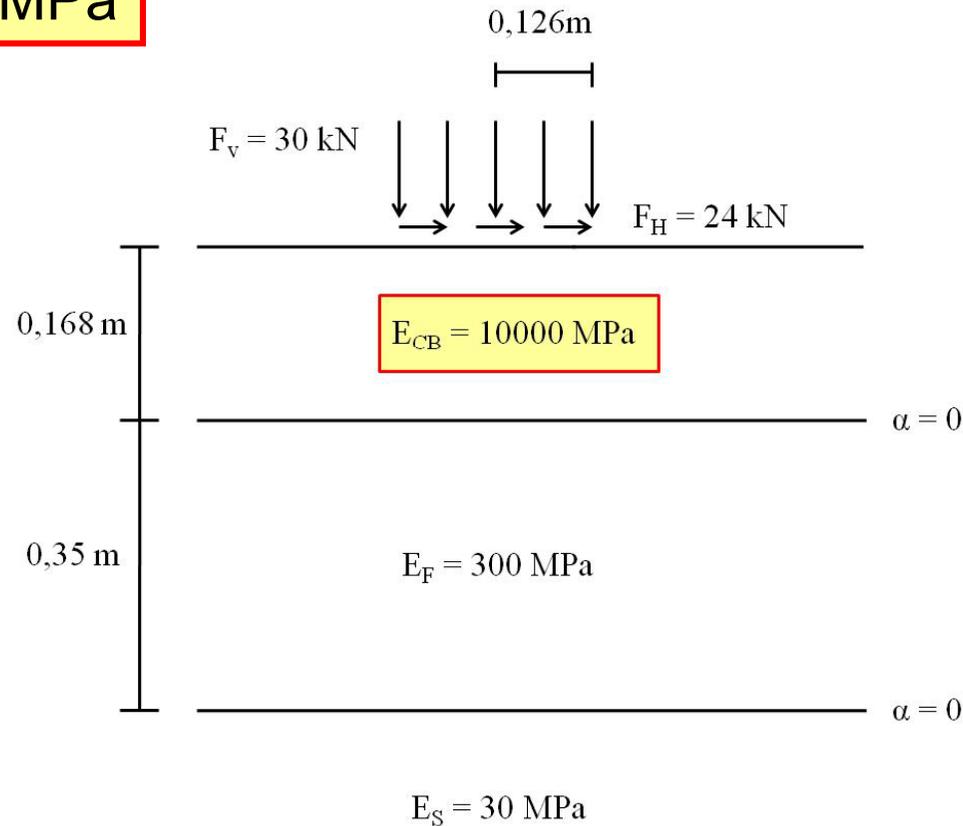
7) $E_{CB} = 500 \text{ MPa}$



■ Raccomandazioni di Impiego in Campo Stradale

Stato tensionale e involuppi di resistenza

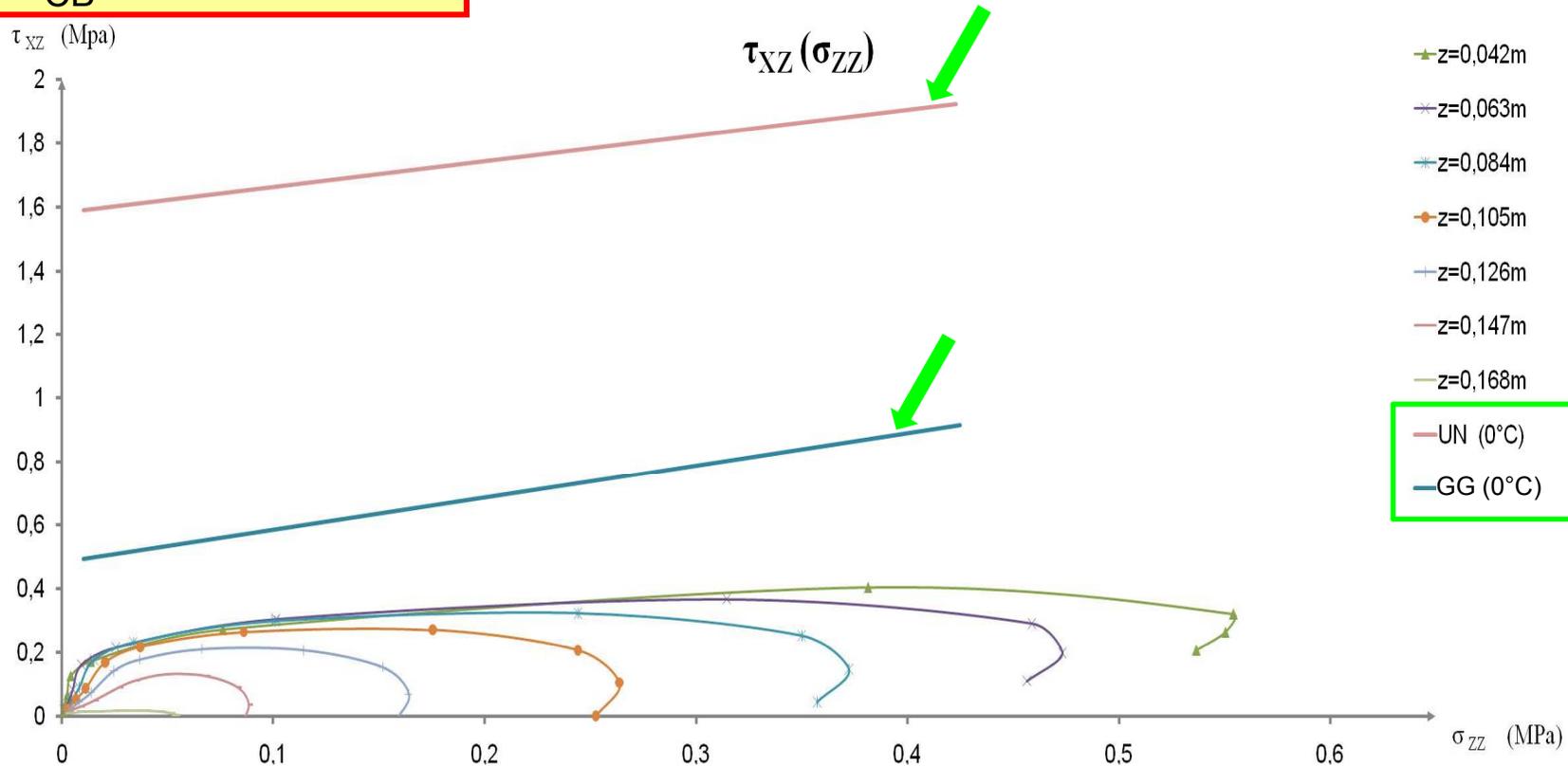
$$8) E_{CB} = 10000 \text{ MPa}$$



■ Raccomandazioni di Impiego in Campo Stradale

Stato tensionale e involuppi di resistenza

8) $E_{CB} = 10000 \text{ MPa}$

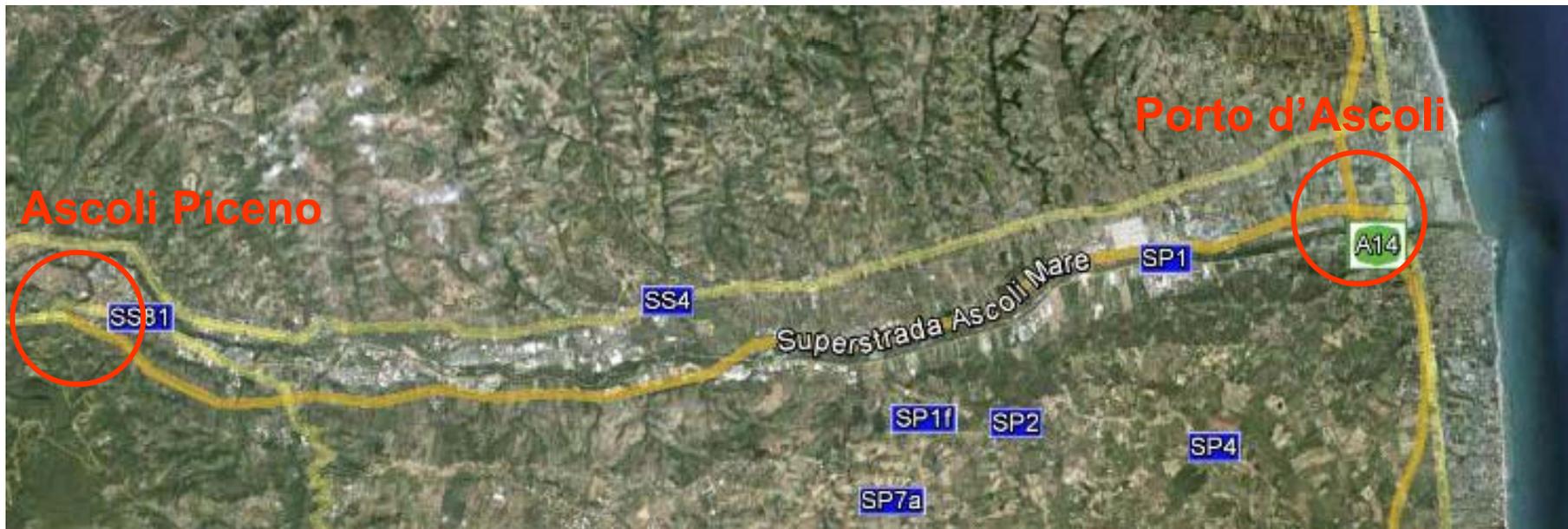


Rinforzo di Conglomerati Bituminosi Modificati



■ Rinforzo di Conglomerati Bituminosi Modificati

Raccordo autostradale RA11



**Risanamento strutturale RA11
Ascoli Piceno-Porto d'Ascoli**

Autotene Asfaltico Antipumping HE/TVP

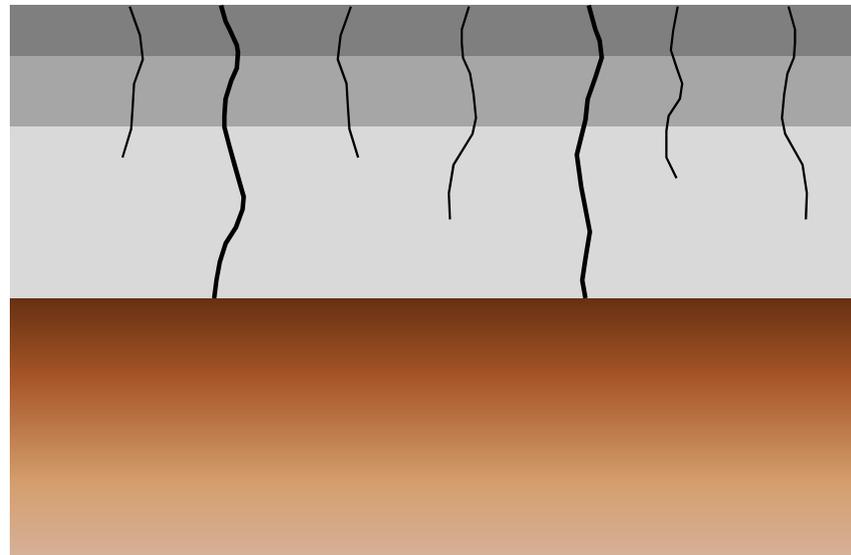


■ Rinforzo di Conglomerati Bituminosi Modificati

Raccordo autostradale RA11

Realizzazione tronco pilota

- Individuazione tratti di pavimentazione da risanare



3 cm usura in c.b.

4 cm binder in c.b.

10 cm base in c.b.

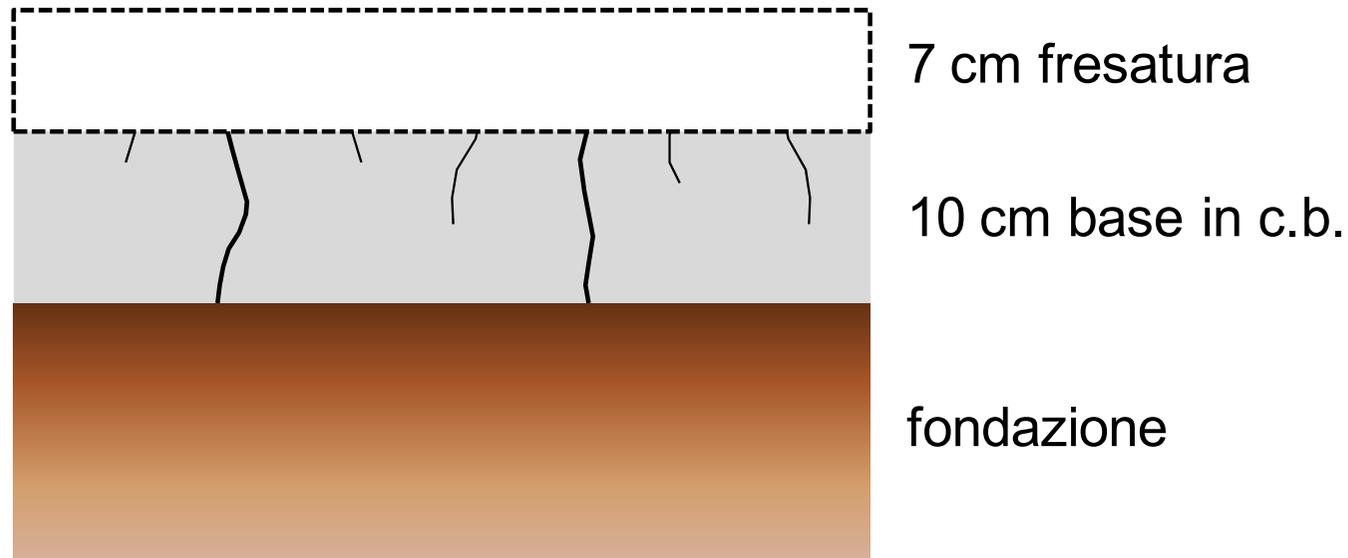
fondazione

■ Rinforzo di Conglomerati Bituminosi Modificati

Raccordo autostradale RA11

Realizzazione tronco pilota

- Fresatura pavimentazione esistente

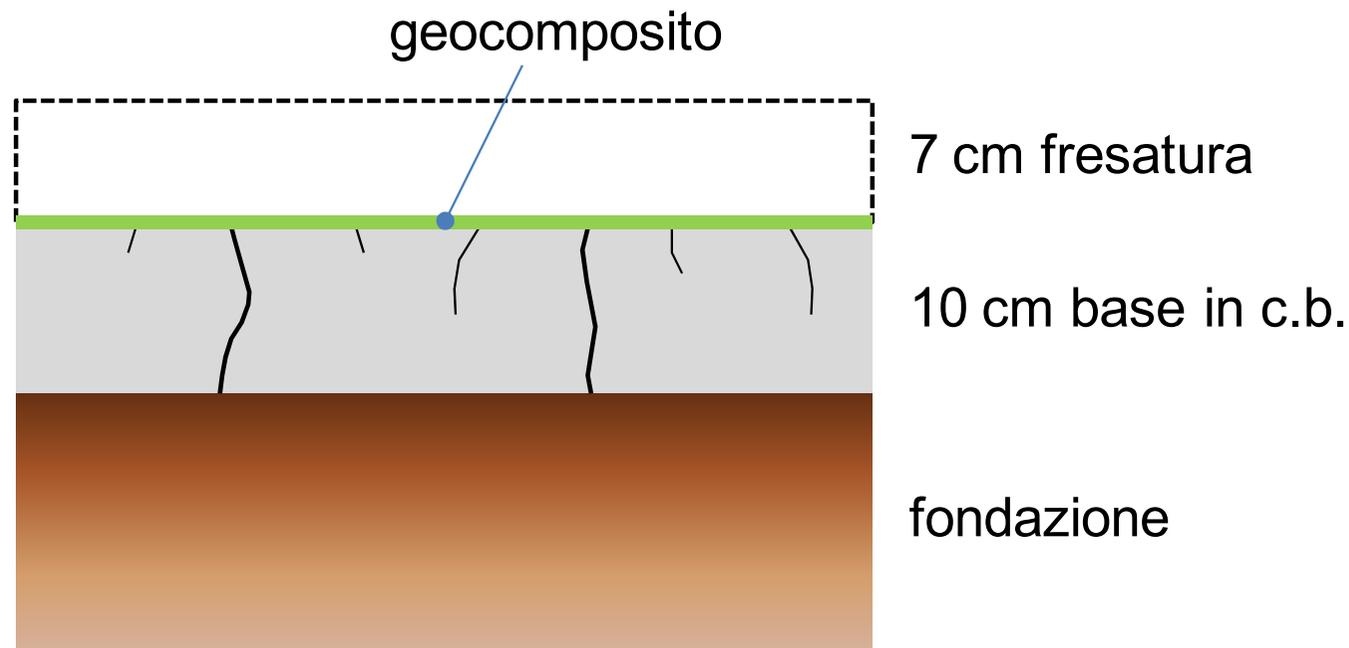


■ Rinforzo di Conglomerati Bituminosi Modificati

Raccordo autostradale RA11

Realizzazione tronco pilota

□ Applicazione geocomposito

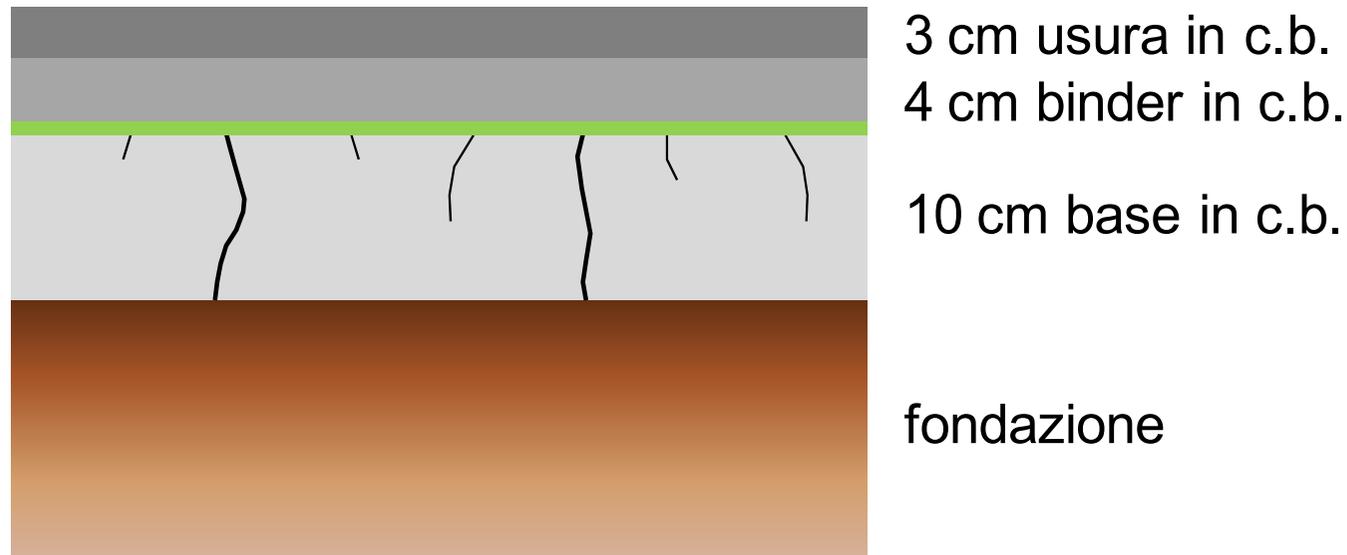


■ Rinforzo di Conglomerati Bituminosi Modificati

Raccordo autostradale RA11

Realizzazione tronco pilota

- Stesa nuovi strati di collegamento ed usura



■ Rinforzo di Conglomerati Bituminosi Modificati

Raccordo autostradale RA11

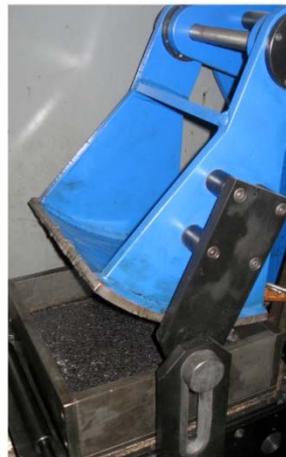
Realizzazione tronco pilota



■ Rinforzo di Conglomerati Bituminosi Modificati

Programma sperimentale di laboratorio

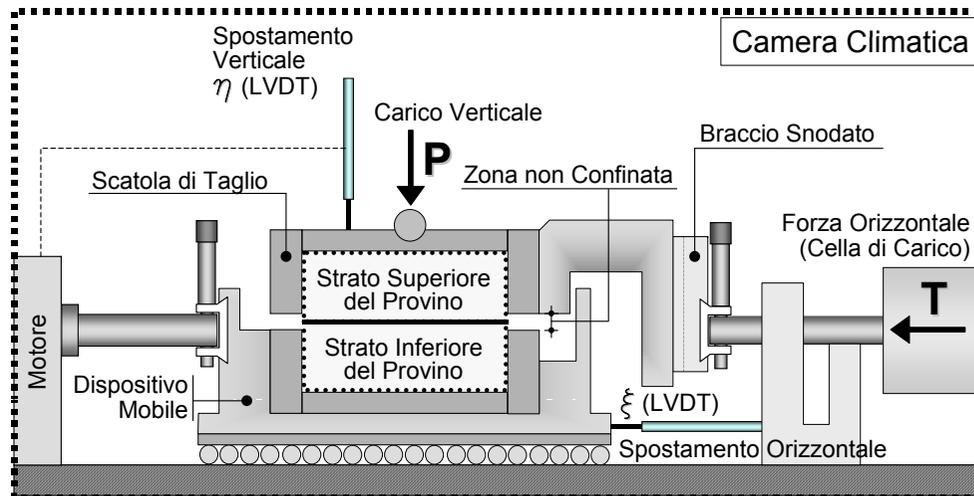
□ Roller Compactor (UNI EN 12697-33)



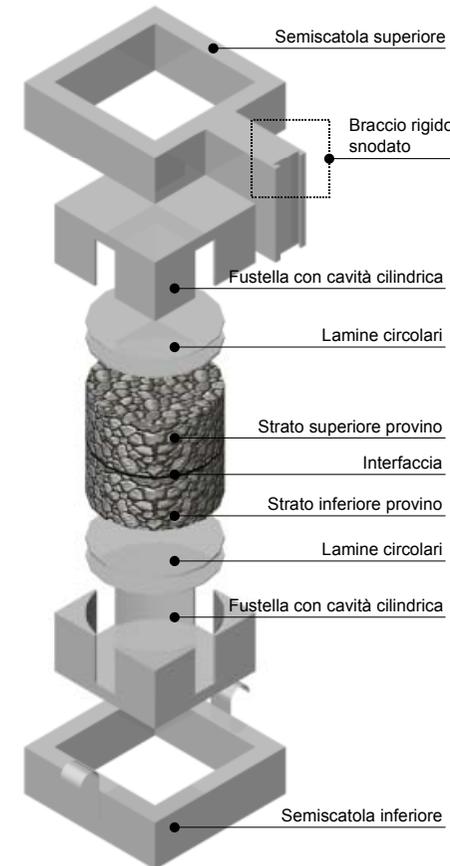
■ Rinforzo di Conglomerati Bituminosi Modificati

Programma sperimentale di laboratorio

□ Prova ASTRA – Norma UNI/TS 11214



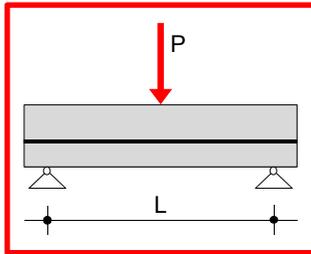
- Preparazione provini con materiali realmente usati in sito;
- condizioni al contorno:
 - GEOMETRICHE (carichi e configurazione);
 - AMBIENTALI (temperatura -20/+60 °C e U.R.);
- velocità di avanzamento = 2,5 mm/min in condizioni standard



■ Rinforzo di Conglomerati Bituminosi Modificati

Programma sperimentale di laboratorio

□ Prova a flessione 3PB



- Prova statica
- Temperatura = 20°C
- Velocità = 50.8 mm/min

■ Rinforzo di Conglomerati Bituminosi Modificati

Programma sperimentale di laboratorio

40 Prove ASTRA
12 Prove 3PB

PROVINI PREPARATI IN LABORATORIO

| Configurazione | Prova ASTRA (T = 20°C) n. ripetizioni | | | Prova 3PB (T = 20°C) n. ripetizioni | |
|------------------------|--|--------------------|--------------------|--|-----------------|
| | $\sigma = 0.0$ MPa | $\sigma = 0.2$ MPa | $\sigma = 0.4$ MPa | v = 5 mm/min | v = 50.8 mm/min |
| Non rinforzata (RIF.1) | 5 | 5 | 5 | 3 | 3 |
| Rinforzata (AUTOTENE) | 5 | 5 | 5 | 3 | 3 |

CAMPIONI PRELEVATI IN SITO

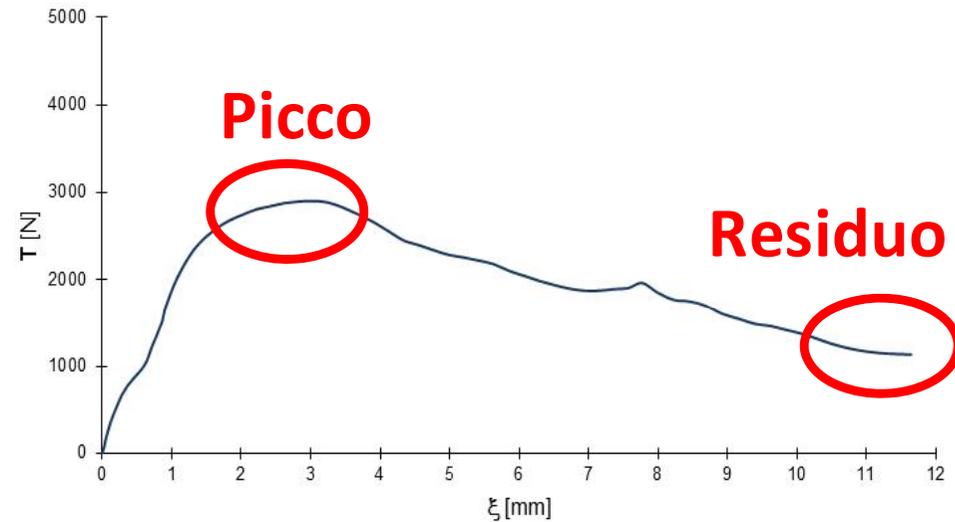
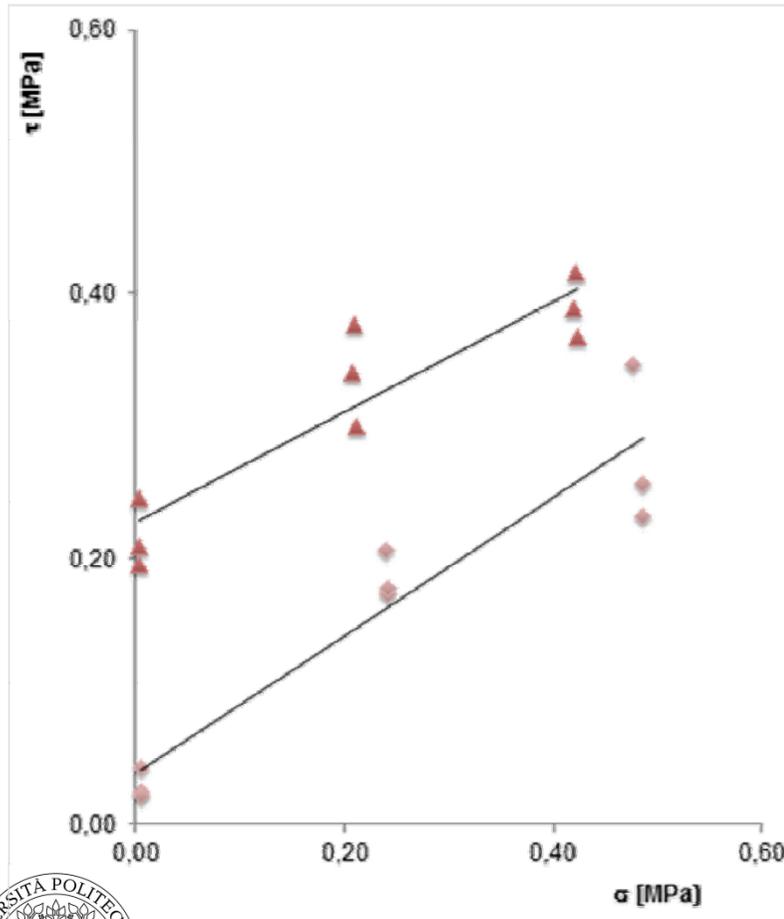
| Configurazione | Prova ASTRA (T = 20°C, $\sigma = 0.2$ MPa) n. ripetizioni |
|------------------------------------|--|
| Non rinforzata (RA11_Unreinforced) | 5 |
| Rinforzata (RA11_Reinforced) | 5 |



■ Rinforzo di Conglomerati Bituminosi Modificati

Elaborazione dati

Prova ASTRA



$$\tau_{peak} = \sigma_n \tan \varphi_{peak} + c_0$$

$$\tau_{res} = \sigma_n \tan \varphi_{res} + c_{res}$$

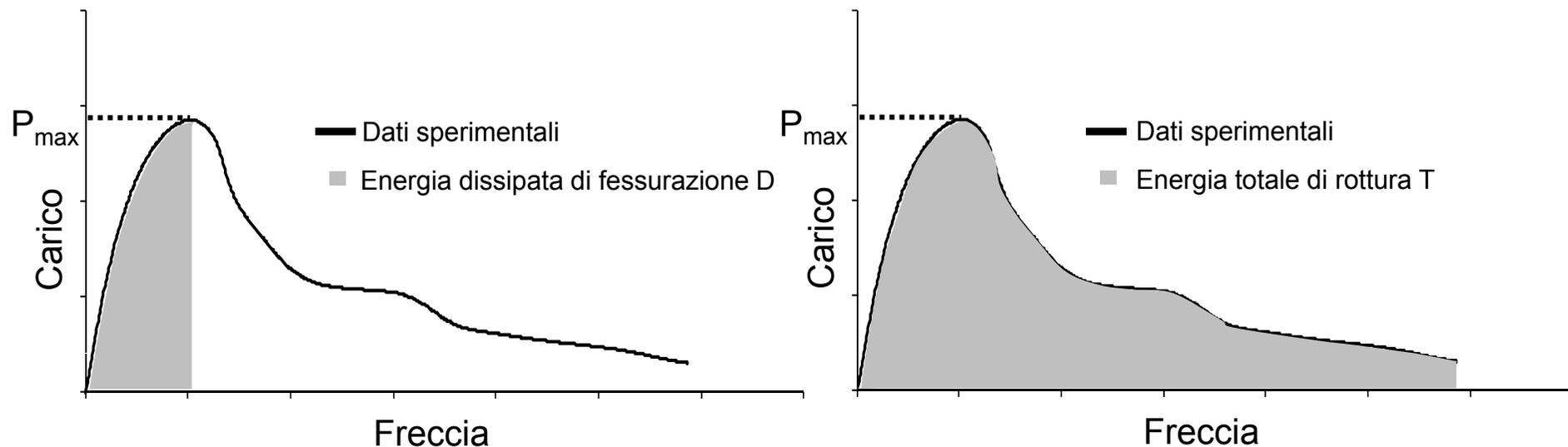


■ Rinforzo di Conglomerati Bituminosi Modificati

Elaborazione dati

Prova 3PB

- L'energia D traduce l'energia dissipata per l'innescò della fessurazione
- L'energia T è un indicatore della resistenza alla propagazione della fessura

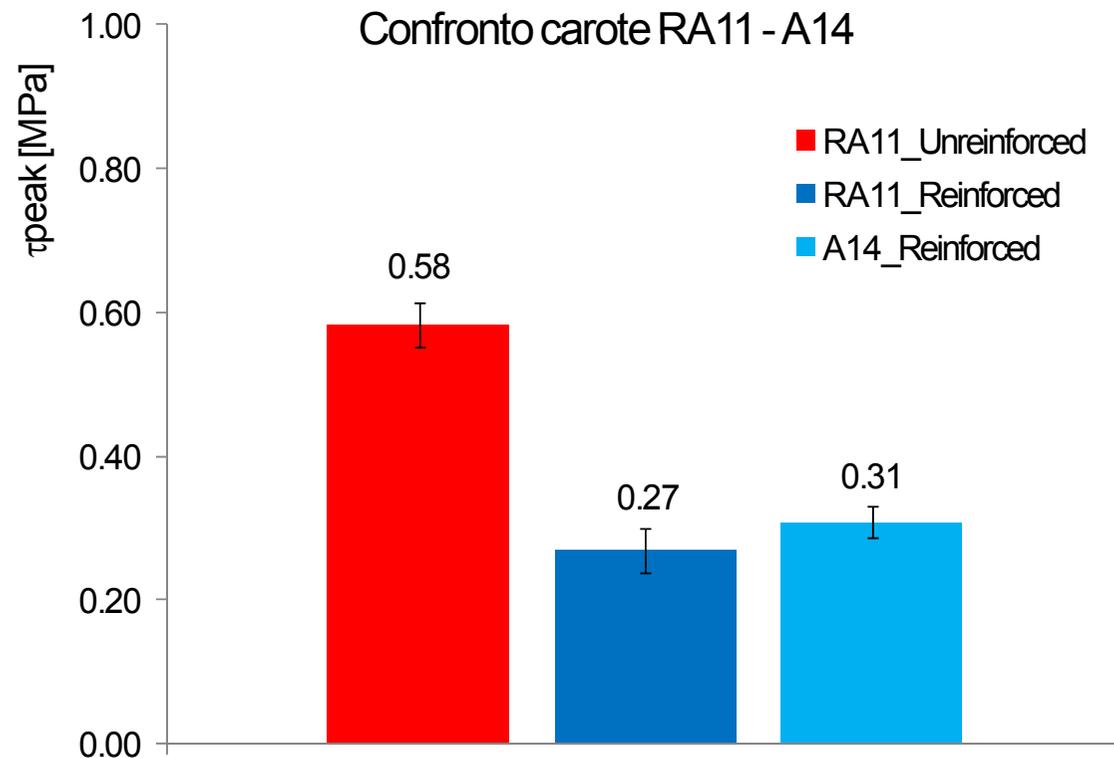


■ Rinforzo di Conglomerati Bituminosi Modificati

Analisi risultati

Prova ASTRA

Campioni prelevati in sito – $T = 20\text{ °C}$; $\sigma = 0.2\text{ MPa}$

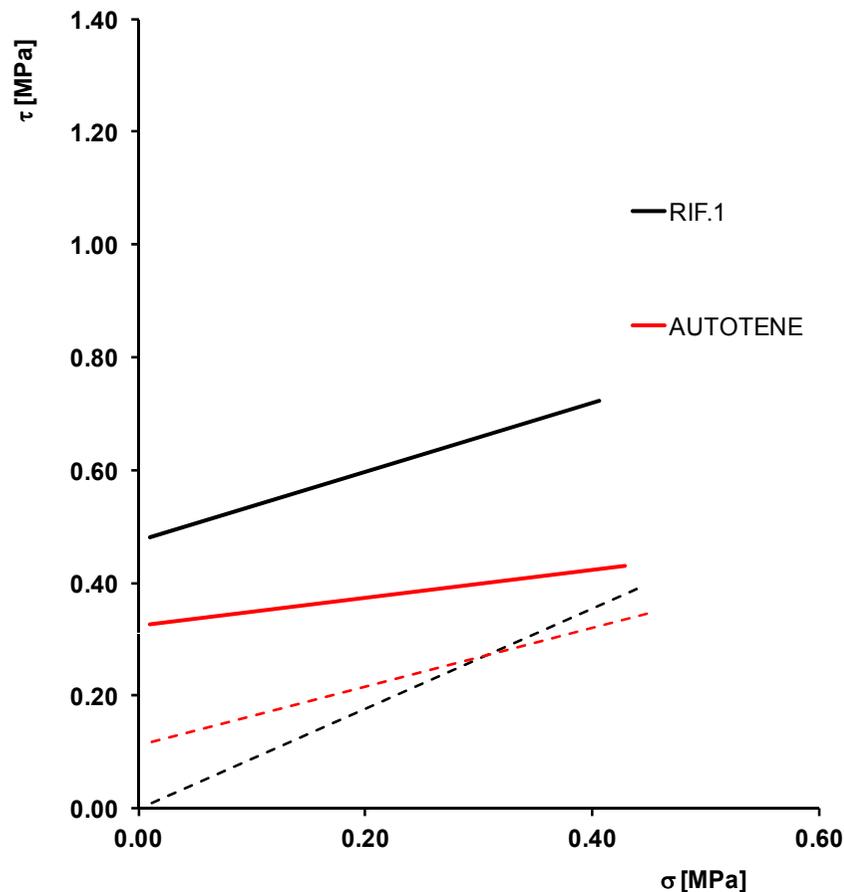


■ Rinforzo di Conglomerati Bituminosi Modificati

Analisi risultati

Prova ASTRA

Campioni preparati in laboratorio – T = 20 °C

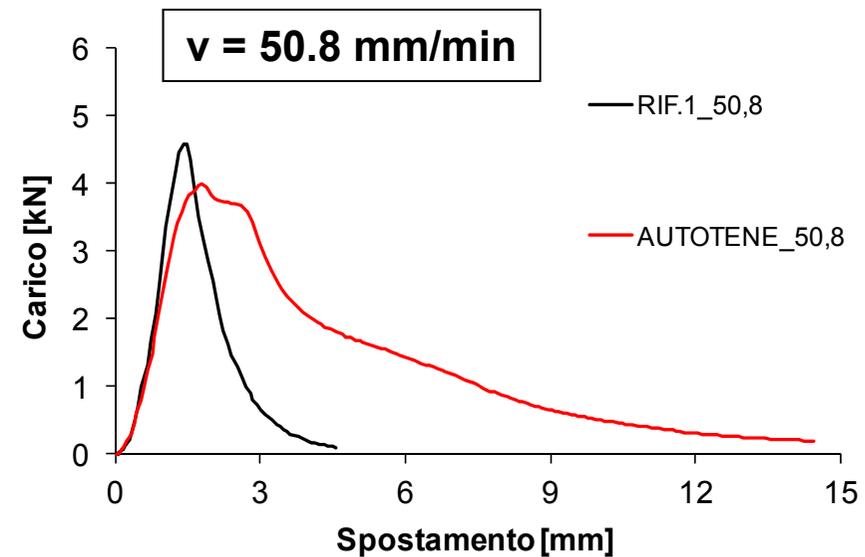
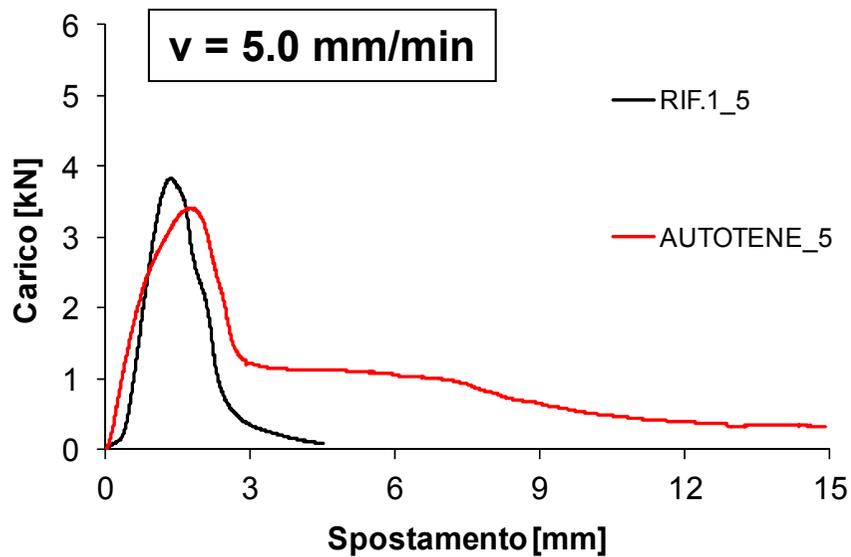


- Resistenza a taglio ridotta in presenza del rinforzo (de-bonding controllato)
- Riduzione dell'angolo di attrito di picco Φ_{peak} : membrana bituminosa come "interstrato coesivo"
- Presenza di coesione residua nelle condizioni di attrito (post-picco)
- Minore riduzione delle prestazioni nel caso di rinforzo di conglomerati bituminosi modificati

■ Rinforzo di Conglomerati Bituminosi Modificati

Analisi risultati

Prova 3PB



- Sistemi rinforzati garantiscono elevate prestazioni post-fessurative



■ Rinforzo di Conglomerati Bituminosi Modificati

Analisi risultati

Prova 3PB

| Configurazione interfaccia | Velocità di prova | P_{max} | δ | D | T | Incremento di T rispetto a riferim. |
|---|-------------------|-----------|----------|-------|-------|-------------------------------------|
| | [mm/ min] | [kN] | [mm] | [Nxm] | [Nxm] | [%] |
| RIF.1 | 5 | 3,83 | 1,34 | 2,22 | 5,52 | - |
| AUTOTENE | | 3,40 | 1,75 | 3,08 | 15,04 | 172,5 |
| RIF.1 | 50,8 | 4,58 | 1,41 | 2,66 | 6,69 | - |
| AUTOTENE | | 4,00 | 1,78 | 3,60 | 18,94 | 183,1 |
| EM.00 (Riferimento - Rapporto Finale 2011) | 50,8 | 5,40 | 1,99 | 6,15 | 13,40 | - |
| 00.R7 (Autotene - Rapporto Finale 2011) | | 5,13 | 2,39 | 7,97 | 26,76 | 99,7 |

- Analogo contributo del rinforzo al variare della velocità di prova
- Maggiore incremento di prestazioni per conglomerati bituminosi modificati



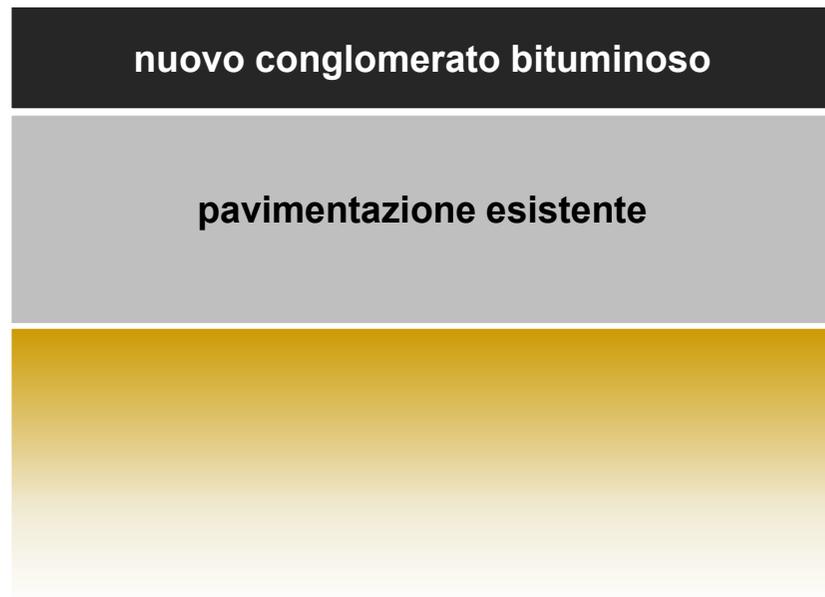
Dimensionamento Razionale di Pavimentazioni Rinforzate



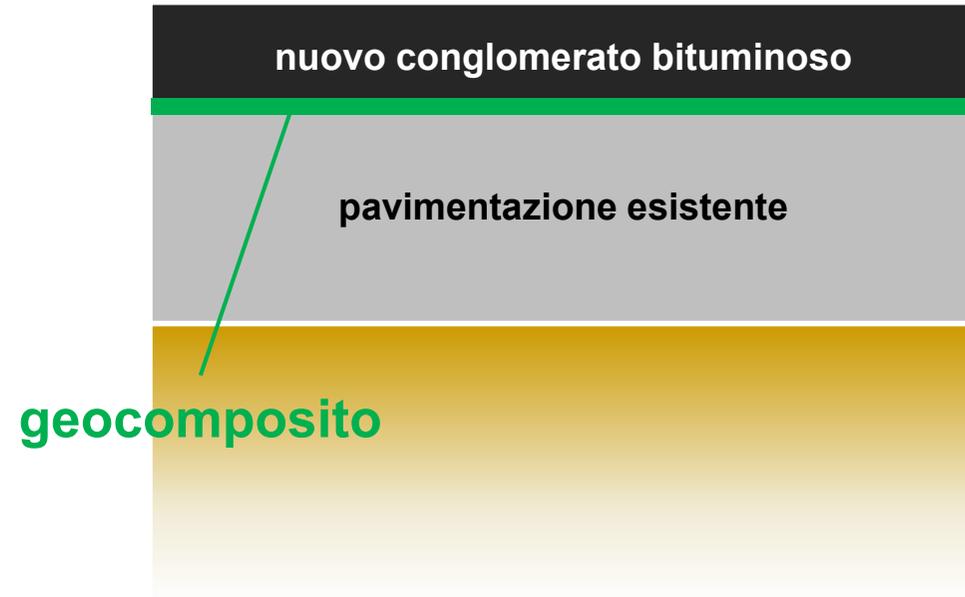
■ Dimensionamento Razionale di Pavimentazioni Rinforzate

Alternativa n. 1: soluzione *iso-stratigrafia*

Pavimentazione 1 (di progetto)



Pavimentazione 2 (alternativa)



> Costi
>> vita utile

- L'incremento di costo è compensato dall'incremento di vita utile?



■ Dimensionamento Razionale di Pavimentazioni Rinforzate

Alternativa n. 1: soluzione *iso-stratigrafia*

Pavimentazione 1 (di progetto)



Prezzo/superficie: P_1

Rottura per fatica: $N_1 = N_0 + \Delta N_0$

Pavimentazione 2 (alternativa)



Prezzo/superficie: P_2

Rottura per fatica: $N_2 = N_0 + k\Delta N_0$

$$\frac{N_2}{N_1} \geq \frac{P_2}{P_1}$$



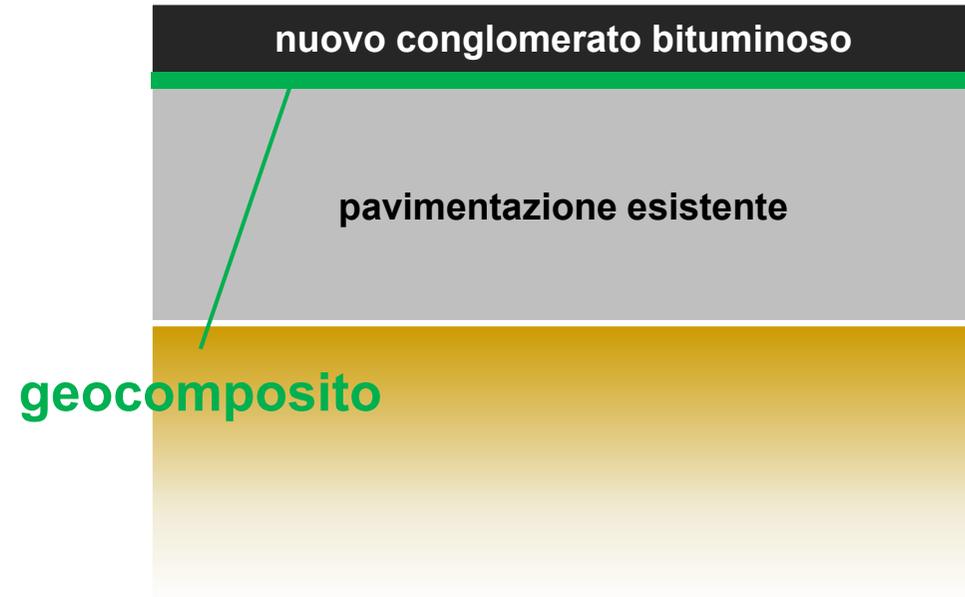
■ Dimensionamento Razionale di Pavimentazioni Rinforzate

Alternativa n. 2: soluzione *iso-costo*

Pavimentazione 1 (di progetto)



Pavimentazione 2 (alternativa)



= costi
≥ vita utile?

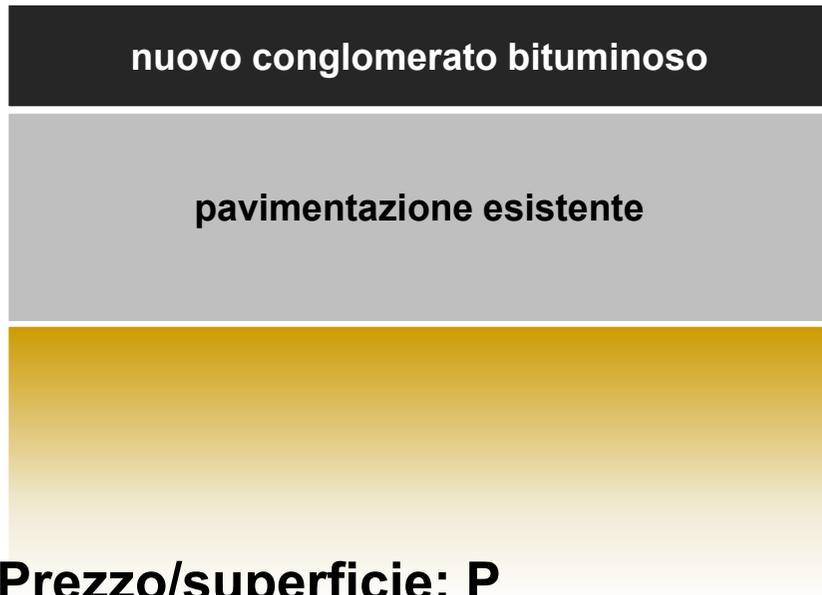
- La pavimentazione rinforzata *iso-costo* garantisce la stessa vita utile?



■ Dimensionamento Razionale di Pavimentazioni Rinforzate

Alternativa n. 2: soluzione *iso-costo*

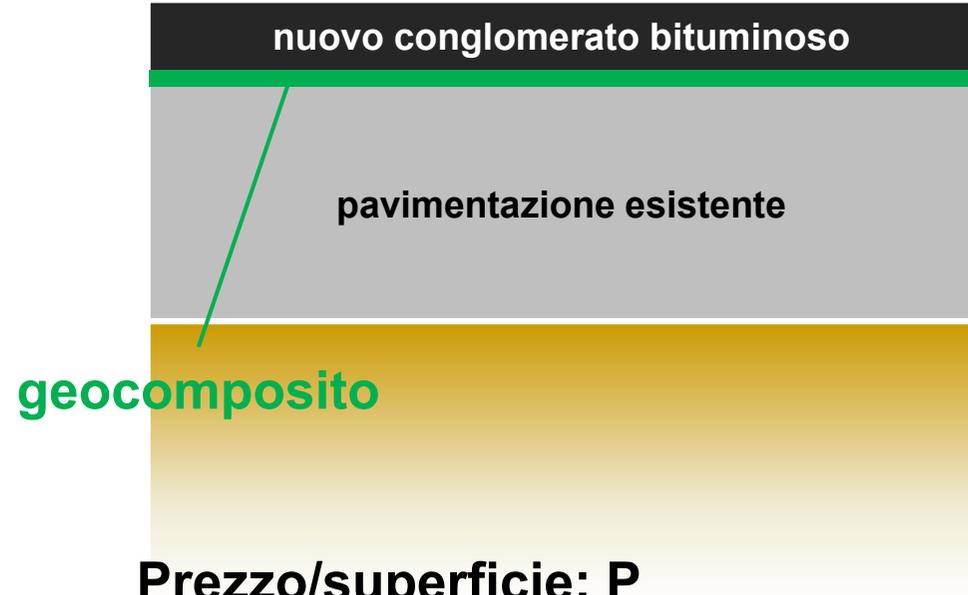
Pavimentazione 1 (di progetto)



Prezzo/superficie: P

Rottura per fatica: $N_1 = N_{01} + \Delta N_{01}$

Pavimentazione 2 (alternativa)



Prezzo/superficie: P

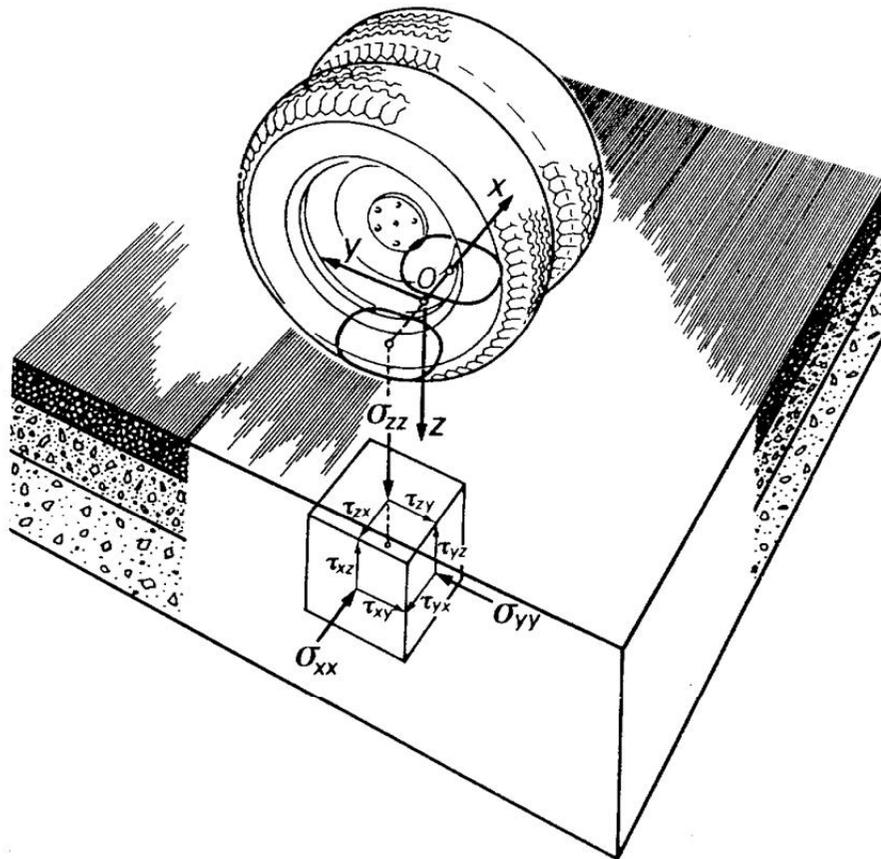
Rottura per fatica: $N_2 = N_{02} + k\Delta N_{02}$

$$\frac{N_2}{N_1} \geq 1$$



■ Dimensionamento Razionale di Pavimentazioni Rinforzate

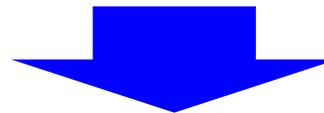
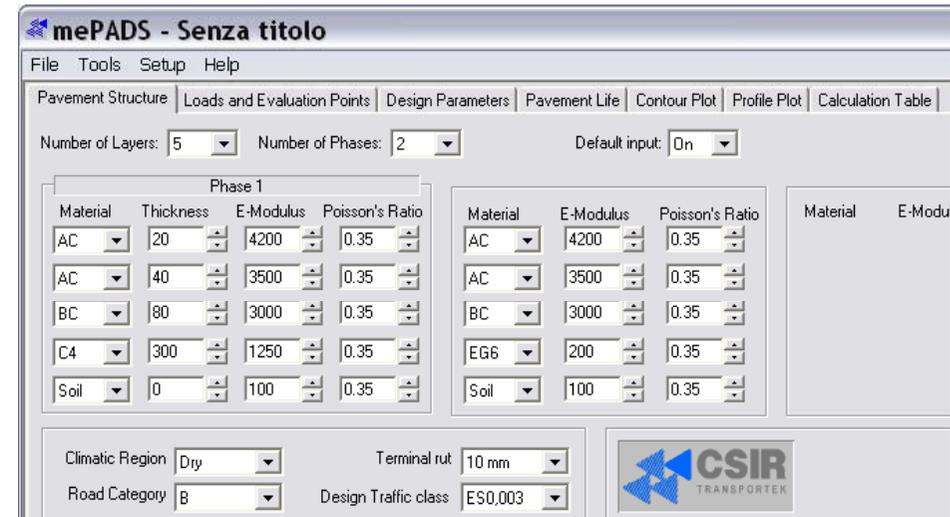
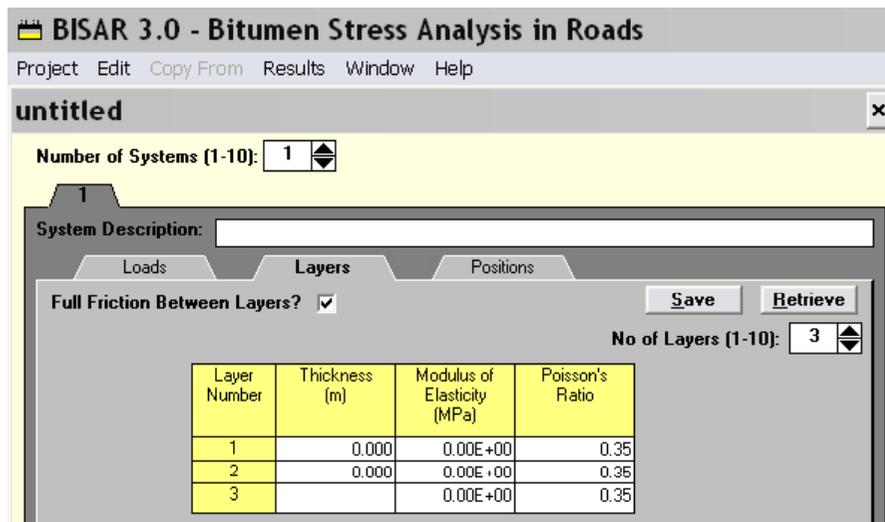
Metodo del multistrato elastico



- Definizione dei carichi:
 - numero;
 - entità;
 -
- Definizione della struttura:
 - materiali;
 - spessori;
 - proprietà elastiche (E , ν);
 - ...

■ Dimensionamento Razionale di Pavimentazioni Rinforzate

Metodo del multistrato elastico



Calcolo dello stato tenso-deformativo in specifiche posizioni



■ Dimensionamento Razionale di Pavimentazioni Rinforzate

Criteri di rottura dei materiali



Conglomerato bituminoso: verifica a fatica → ϵ_t

Materiali non legati: verifica alle deformazioni permanenti → $\sigma_z \epsilon_z$



■ Dimensionamento Razionale di Pavimentazioni Rinforzate

Verifica dei materiali bituminosi

Mechanistic Empirical Pavement Design Guide (MEPDG)

$$N_f = k_1 \left(\frac{1}{\varepsilon_t} \right)^{k_2} \left(\frac{1}{E} \right)^{k_3}$$

Dove k_1 , k_2 e k_3 sono coefficienti determinabili in laboratorio

$$k_1 = 0.00432 \times \frac{1}{0.000398 + \frac{0.003602}{1 + e^{(11.02 - 3.49 h_{ac})}}} \times 10^{4.84 \left(\frac{V_b}{V_a + V_b} - 0.69 \right)}$$

spessore dello strato



■ Dimensionamento Razionale di Pavimentazioni Rinforzate

Verifica dei materiali bituminosi

$$N_t = N_0 + \Delta N_0$$

N_t numero di cicli riferito all'asse standard che causa la fessurazione a fatica

N_0 numero di cicli riferito all'asse standard che causa l'innescio della fessurazione

ΔN_0 numero di cicli riferito all'asse standard che determina la risalita in superficie delle fessure innescatesi, interessando il 10 % della pavimentazione



■ Dimensionamento Razionale di Pavimentazioni Rinforzate

Verifica dei materiali bituminosi

Legge di fatica di Verstraeten (**innesco della fessurazione**):

$$\log_{10} N_0 = 6 + 4.7619 \cdot \left[\log_{10} \left(\lambda \cdot \frac{V_b}{V_b + V_v} \right) - \log_{10} \varepsilon_t \right]$$

Legge di fatica di Marchionna (**propagazione delle fessure**):

$$\Delta N_0 = \left(E^{\alpha'} \cdot \sigma^{\beta'} \cdot 10^{\gamma'} \right) \cdot \left(1.373 \cdot e^{-1.089 \cdot n} \cdot h^{(-0.152 + 0.476 \cdot n)} \right)$$

spessore dello strato

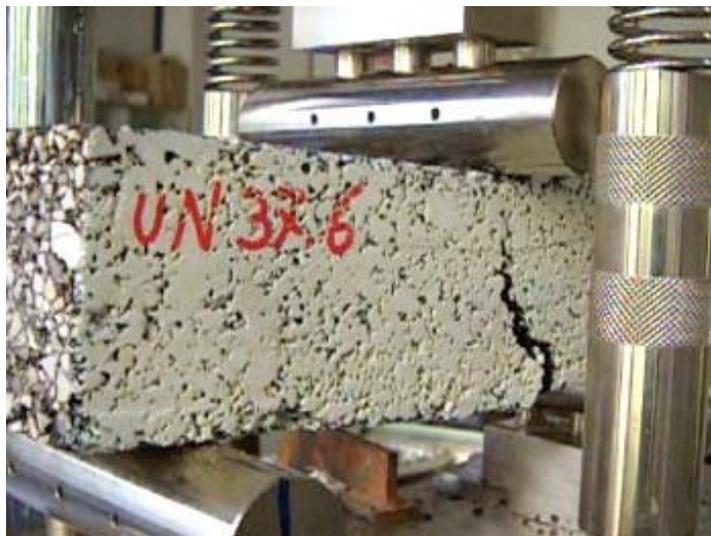


■ Dimensionamento Razionale di Pavimentazioni Rinforzate

Verifica dei materiali bituminosi rinforzati

$$\Delta N_0^R = k \cdot \Delta N_0$$

k = “*coefficiente di prestazione*” del rinforzo determinabile sperimentalmente in laboratorio (da validare mediante esperienze “reali” in vera grandezza)

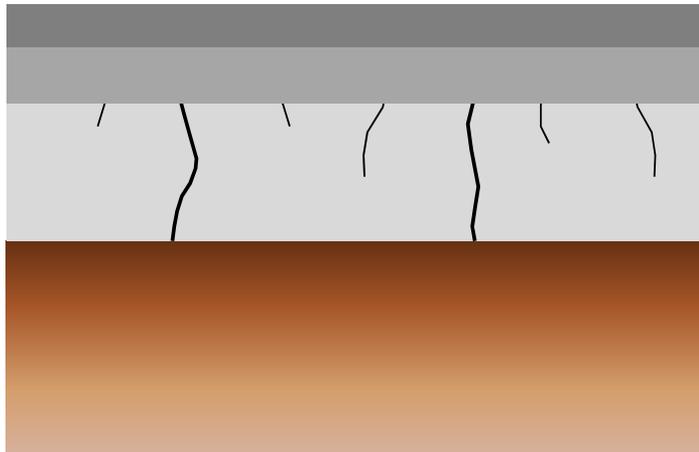


■ Dimensionamento Razionale di Pavimentazioni Rinforzate

Esempio di calcolo: caso RA 11

Soluzione *iso-stratigrafia*

Pavimentazione di progetto



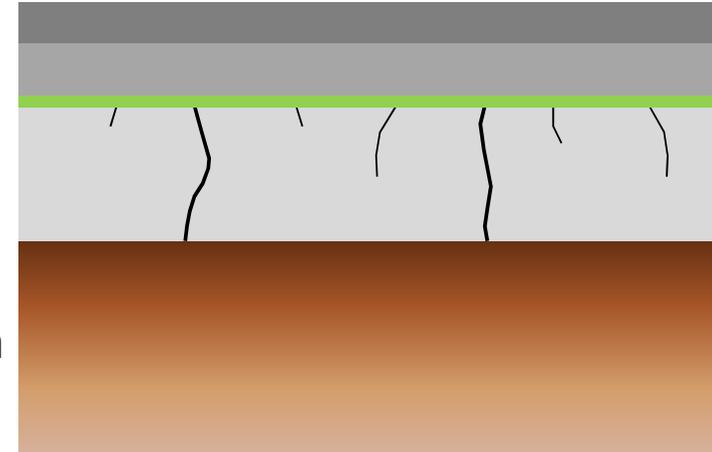
3 cm usura in c.b.

4 cm binder in c.b.

10 cm base in c.b.

30 cm fondazione in misto granulare

Pavimentazione rinforzata



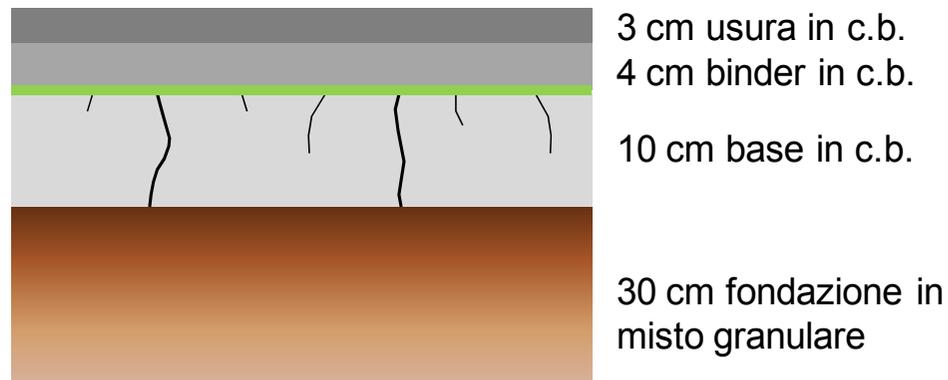
Costi = + 36%

■ Dimensionamento Razionale di Pavimentazioni Rinforzate

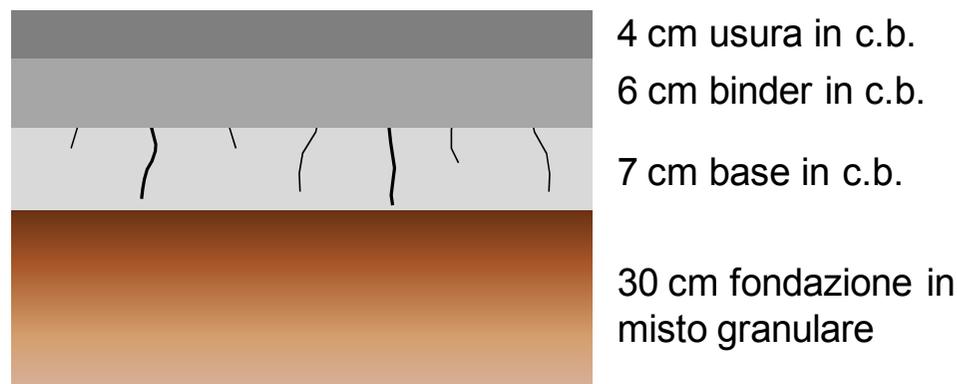
Esempio di calcolo: caso RA 11

Soluzione *iso-costo*

Pavimentazione rinforzata



Pavimentazione non rinforzata *iso-costo*



■ Dimensionamento Razionale di Pavimentazioni Rinforzate

Esempio di calcolo: caso RA 11

Parametri di calcolo

| Modulo elastico [MPa] | Inverno T=11.3°C | Primavera T=20.0°C | Estate T=32.6°C | Autunno T=23.3°C |
|---|---------------------|-----------------------|--------------------|---------------------|
| Conglomerato bituminoso con bitume modificato | 10000 | 7500 | 4000 | 6500 |
| Conglomerato bituminoso fessurato | 750 | | | |
| Misto granulare | 300 | | | |
| Sottofondo | 90 | | | |
| Coefficiente di Poisson | inverno | primavera | estate | autunno |
| Conglomerato bituminoso con bitume modificato | 0.30 | 0.35 | 0.40 | 0.35 |
| Conglomerato bituminoso fessurato | 0.30 | | | |
| Misto granulare | 0.35 | | | |
| Sottofondo | 0.40 | | | |

- ❑ Asse di carico: 80 kN – ruote gemellate – pressione 520 kPa
- ❑ Conglomerato bituminoso: vuoti 5% – bitume 6%



■ Dimensionamento Razionale di Pavimentazioni Rinforzate

Esempio di calcolo: caso RA 11

Criterio di rottura materiali bituminosi

$$\log_{10} N_0 = 6 + 4.7619 \cdot \left[\log_{10} \left(\lambda \cdot \frac{V_b}{V_b + V_v} \right) - \log_{10} \varepsilon_t \right]$$

- ε_t deformazione orizzontale di trazione massima alla base degli strati legati riferita all'inizio della vita della pavimentazione
- V_b % in volume di bitume nella miscela di conglomerato
- V_v % in volume dei vuoti nella miscela di conglomerato
- λ coefficiente che dipende dal bitume usato e può essere espresso in funzione del tenore di asfalteni oppure della temperatura di palla-anello T_{pa}
(di norma per bitumi stradali risulta pari a $1.25 \cdot 10^{-4}$)



■ Dimensionamento Razionale di Pavimentazioni Rinforzate

Esempio di calcolo: caso RA 11

Criterio di rottura materiali bituminosi

$$\Delta N_0 = \left(E^{\alpha'} \cdot \sigma^{\beta'} \cdot 10^{\gamma'} \right) \cdot \left(1.373 \cdot e^{-1.089 \cdot n} \cdot h^{(-0.152 + 0.476 \cdot n)} \right)$$

h spessore degli strati legati

E modulo pesato del conglomerato bituminoso (kg/cm²)

σ massima tensione di trazione alla base degli strati legati (kg/cm²)

n parametro dipendente dalla composizione del materiale ricavabile da una prova di creep statico

(usualmente n=4 per conglomerati usati dalla società Autostrade)

α' (2.43683*n)/5

β' (-3.28354*n)/5

γ' [(-2.24181*n)/5]+0.847*(1-n/5)



■ Dimensionamento Razionale di Pavimentazioni Rinforzate

Esempio di calcolo: caso RA 11

Criterio di rottura materiali non legati

$$\text{Log}_{10} N_z = -7.21 - 3.95 \cdot \text{Log}_{10} \varepsilon_z$$

N_z cicli di carico a rottura (eccessiva deformazione plastica)

ε_z deformazione verticale di compressione sulla sommità dello strato



■ Dimensionamento Razionale di Pavimentazioni Rinforzate

Esempio di calcolo: caso RA 11

Analisi dei risultati

| Pavimentazione di progetto | | |
|----------------------------|---------------|---------------------------|
| Materiale | Spessore (cm) | Cicli di carico a rottura |
| Conglomerato bituminoso | 7 | 3.58E+05 |
| Misto granulare | 30 | 1.75E+06 |
| Sottofondo | - | 4.25E+06 |

| Pavimentazione rinforzata | | | |
|---------------------------|---------------|---------------------------|-----------------|
| Materiale | Spessore (cm) | Cicli di carico a rottura | |
| | | k = 2 | k = 3 |
| Conglomerato bituminoso | 7 | 4.41E+05 | 5.23E+05 |
| Misto granulare | 30 | 1.75E+06 | |
| Sottofondo | - | 4.25E+06 | |

- k = 2 → vita utile = +23%
 - k = 3 → vita utile = +46%
- (Costi = + 36%)



■ Dimensionamento Razionale di Pavimentazioni Rinforzate

Esempio di calcolo: caso RA 11

Analisi dei risultati

| Pavimentazione rinforzata | | | |
|---------------------------|---------------|---------------------------|-----------------|
| Materiale | Spessore (cm) | Cicli di carico a rottura | |
| | | k = 2 | k = 3 |
| Conglomerato bituminoso | 7 | 4.41E+05 | 5.23E+05 |
| Misto granulare | 30 | 1.75E+06 | |
| Sottofondo | - | 4.25E+06 | |

| Pavimentazione isocosto non rinforzata | | |
|--|---------------|---------------------------|
| Materiale | Spessore (cm) | Cicli di carico a rottura |
| Conglomerato bituminoso | 10 | 4.91E+05 |
| Misto granulare | 30 | 3.19E+06 |
| Sottofondo | - | 5.77E+06 |

- k = 2 → vita utile = -10%
- k = 3 → vita utile = +6.5%



Conclusioni



■ Conclusioni (1)

- ❑ La presenza del rinforzo fra strati legati a bitume di pavimentazioni flessibili crea un inevitabile “de-bonding” all’interfaccia.
- ❑ La riduzione delle prestazioni a taglio risulta decisamente inferiore nel caso di conglomerati bituminosi modificati.
- ❑ Un’applicazione troppo superficiale (4÷6 cm) del rinforzo è da evitare (elevati sforzi tangenziali e sforzi di trazione nulli o contenuti) .
- ❑ La “profondità critica” di installazione è funzione della temperatura nonché delle condizioni di posa in opera e dei carichi traffico .
- ❑ Le migliori prestazioni fornite dal geocomposito sono state confermate anche nel caso di rinforzo di conglomerati bituminosi modificati.



■ Conclusioni (2)

- Condizioni ottimali di impiego geocomposito INDEX HE/TVP:

Risanamento di pavimentazioni esistenti (spessore strati legati > 15 cm) interessate da fresatura parziale (profondità > 7 cm)

Valori suggeriti per il “*coefficiente di prestazione K*” = $3 \div 5$, sulla base dei risultati sperimentali ed in relazione al caso specifico della pavimentazione oggetto di intervento (materiali, traffico, clima, ecc.).

Benefici attesi riconducibili al contributo concomitante in termini di effetti SAMI, rinforzo e antipumping.

Grazie per l'attenzione

