

SIIV Summer School 2011

Il Riciclaggio in sito di Pavimentazioni ammalorate con stabilizzazioni ternarie

Prof. Ing. Andrea Simone

Brescia, 6 settembre 2011



Sintesi degli argomenti

- La stabilizzazione a calce
- La stabilizzazione a cemento
- La stabilizzazione a calce e cemento
- Riciclaggio in situ di pavimentazioni ammalorate:
SS n°343 “Asolana” – Variante di Colorno (PR)
- Riciclaggio in situ di pavimentazioni ammalorate:
SP n°17 “Saludecese” – San Giovanni in
Marignano (RN)
- Conclusioni

La stabilizzazione a calce



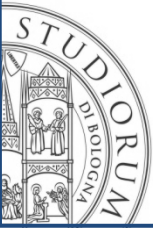
Terreno
plastico



Calce

STABILIZZARE

Trattamento che consiste nel miscelare il terreno con un legante idraulico ed eventualmente con acqua, al fine di migliorarne le proprietà meccaniche



La stabilizzazione a calce

Dosaggi suggeriti (CNR n°36 - 1973)

Strati sovrastruttura




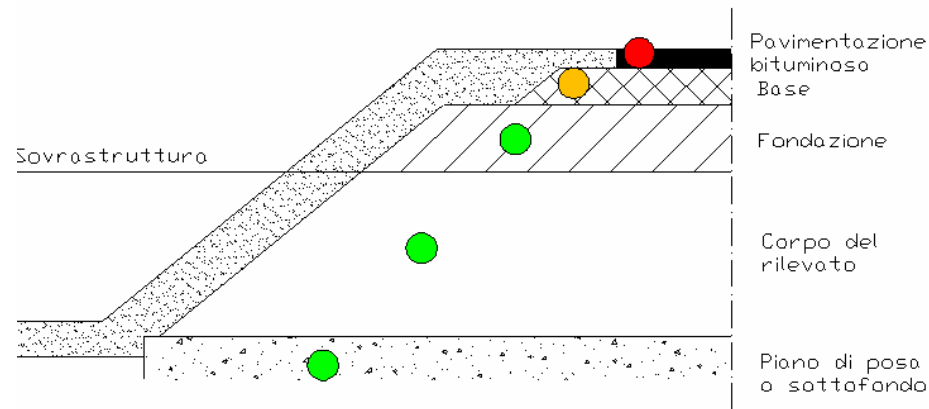
3÷8% calce viva
4÷10% calce idrata

Bonifiche terreni



1÷3% calce viva
1÷3% calce idrata


Strati in cui è possibile utilizzare la miscela terra-calce




Strati in cui è consigliabile utilizzare la miscela terra-calce

Materiali idonei al trattamento

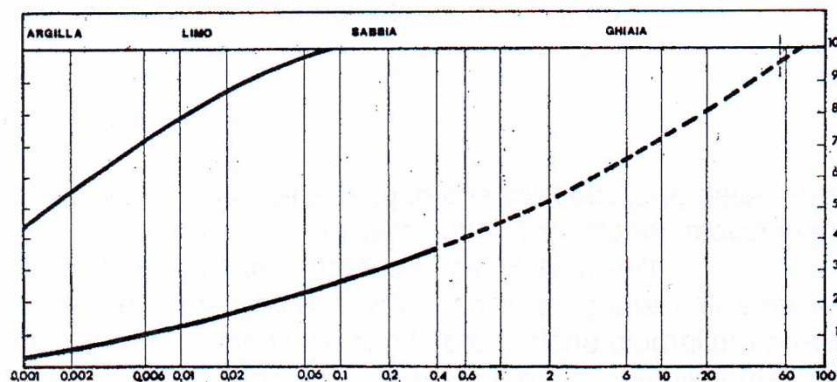


Terre limo-argillose

Terre ghiaio-argillose

CNR B.U. n°36

- Gruppi A6 e A7 con IP elevati
- Gruppi A2-6 e A2-7 con P > 35% al setaccio 40 ASTM
- Gruppo A5 con IP > 8%



GRUPPO	TERRE A GRANA GROSSOLANA Passante al setaccio 0,075 < del 35 %						TERRE A GRANA FINA Pass. 0,075 > 35 %				
	A1		A3	A2			A4	A5	A6	A7	
SOTTOGRUPPO	A1-a	A1-b	*	A2-4	A2-5	A2-6	A2-7				
GRANULOMETRIA						[*]	[*]				
< 2,00 mm	< 50										
< 0,42 mm	< 30	< 50	> 50			> 35 %					
< 0,075 mm	< 15	< 25	< 10	< 35	< 35	< 35	< 35	> 35	> 35	> 35	> 35
LIMITI DI ATTERBERG											
Limite di liquidità				< 40	> 40	< 40	> 40	< 40	> 40	< 40	> 40
Indice di plasticità	< 6		N.P.	< 10	< 10	> 10	> 10	< 10	< 10	> 10	> 10
INDICE DI GRUPPO	0		0	0		< 4		< 8	< 12	< 16	< 20



Studio della miscela

➤ Analisi preliminare delle terre

- classificazione della terra
- determinazione del VB
- determinazione del contenuto di sostanze organiche
- determinazione del contenuto di solfati
- esami di microscopia ottica
- esame diffrattometrico
- contenuto Iniziale di Calce (CIC)

➤ Contenuto di acqua e calce

↓
% teorica di calce

<i>Stabilizzazione per:</i>	<i>Calce</i>	
	<i>viva</i>	<i>idrata</i>
<i>Strati sovrastruttura</i>	3÷8 %	4÷10 %
<i>Bonifiche di terreni</i>	1÷3 %	1÷3 %

prove CBR

prove Proctor di costipamento

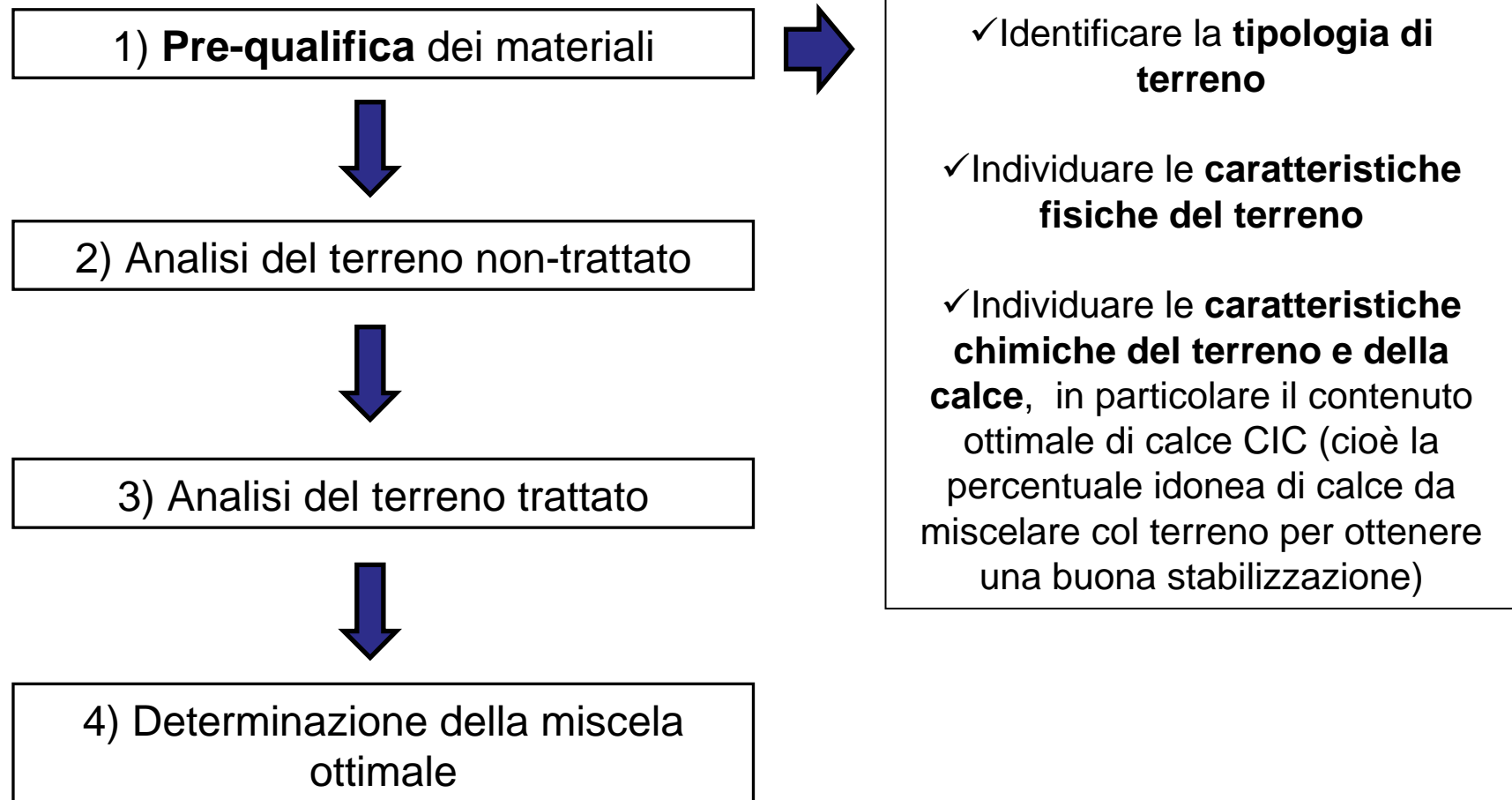
prove di rottura a compressione

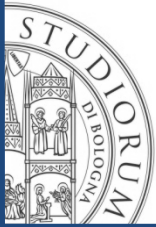
	Strati portanti	Sottofondo
<i>CBR</i>	≥ 50%	≥20%
<i>Rigonfiamento</i>	<1%	<2%
<i>7 giorni</i> R_c	≥5 (kg/cm ²)	≥3(kg/cm ²)
<i>28 giorni</i>	≥10 (kg/cm ²)	≥6 (kg/cm ²)

➤ Idoneità miscela di progetto



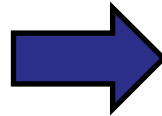
Il progetto della miscela





Normativa sulla pre-qualifica

**Bollettino Ufficiale
del C.N.R. n. 36**
*“Stabilizzazione delle
terre a calce”* (1973)



✓ Non ci sono requisiti fisici per il **suolo** nel pre-trattamento, anche se la presenza di solfati o altre sostanze che potrebbero causare danni tramite rigonfiamento può richiedere approfondimenti ulteriori tramite test in conformità con la normativa europea.

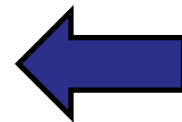
✓ Per quanto concerne la **calce**, deve essere conforme alla EN 459-1, classe CL 90 o CL 80, e successive; inoltre va testata in accordo con la EN 459-2.

✓ L'**acqua** usata non deve influire negativamente sulle prestazioni della miscela.

✓ Sono idonee al trattamento con calce le **terre** fini plastiche limo-argillose dei gruppi A6 e A7 (norma CNR-UNI 10006) con valori dell'indice plastico normalmente compresi tra 10 e 50, o anche superiori. Possono essere stabilizzate a calce anche terre ghiaino-argillose (tipo A2-6 e A2-7) qualora presentino una frazione di passante al setaccio 0,4 UNI non inferiore al 35%.

✓ La **calce** idrata in polvere deve rispondere ai requisiti del R.D. 2231 del 1939. La calce viva macinata deve rispondere ai requisiti indicati nello stesso decreto per le calce aeree in zolle e inoltre deve presentare un residuo allo staccio 0,2 UNI inferiore al 5%.

✓ L'**acqua** deve essere dolce, limpida, esente da impurità dannose.



UNI EN 14227
*“Miscele legate con
leganti idraulici”*
(2006)



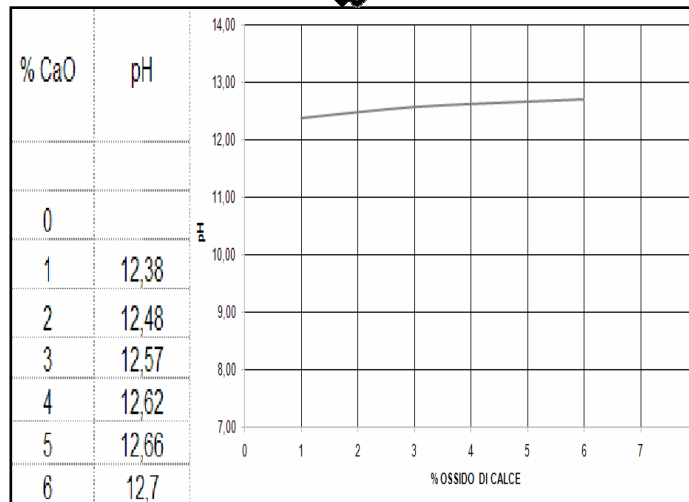
Normativa sulle terre

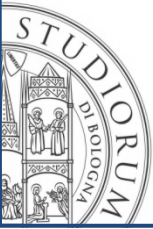
- CNR – UNI 10006 (1963) – Tecnica di impiego delle terre.
- CNR – BU N.29 (1972) – Norme sui misti cementati.
- CNR – BU N.36 (1973) – Stabilizzazione delle terre con calce.
- CNR – BU N.139 (1992) – Norme sugli aggregati: criteri e requisiti di accettazione degli aggregati impiegati nelle sovrastrutture stradali.
- CNR – BU N.169 (1994) – Istruzioni sull'uso della terminologia relativa alle pavimentazioni ed ai materiali stradali.
- UNI 10006 (Giugno 2002) – Costruzione e manutenzione delle strade: tecniche di impiego delle terre.
- UNI – EN 13242 (Marzo 2008) – Aggregati per materiali non legati e legati con leganti idraulici per l'impiego in opere di ingegneria civile e nelle costruzioni di strade.
- UNI – EN 13285 (Marzo 2004) – Miscele non legate - Specifiche.
- UNI – EN ISO 14688-1 (Gennaio 2003) - Indagini e prove geotecniche - Identificazione e classificazione dei terreni - Parte 1: Identificazione e descrizione.
- UNI – EN ISO 14688-2 (Novembre 2004) Indagini e prove geotecniche - Identificazione e classificazione dei terreni - Parte 2: Principi per una classificazione.
- UNI – EN 14227-1 (Gennaio 2005) Miscele legate con leganti idraulici – Specifiche Parte 1: Miscele legate con cemento per fondi e sottofondi stradali.
- UNI – EN 14227-2 (Novembre 2004) Miscele legate con leganti idraulici -Specifiche Parte 2: Miscele legate con scorie.
- UNI – EN 14227-3 (Novembre 2004) Miscele legate con leganti idraulici –Specifiche Parte 3: Miscele legate con ceneri volanti.
- UNI – EN 14227-5 (Gennaio 2005) Miscele legate con leganti idraulici – Specifiche Parte 5: Miscele legate con leganti idraulici per strade.
- UNI – EN 14227-10 (Luglio 2006) Miscele legate con leganti idraulici – Specifiche Parte 10: Terra trattata con cemento.
- UNI – EN 14227-11 (Luglio 2006) Miscele legate con leganti idraulici – Specifiche Parte 11: Terra trattata con calce.
- UNI – EN 14227-12 (Luglio 2006) Miscele legate con leganti idraulici – Specifiche Parte 12: Terra trattata con scorie.
- UNI – EN 14227-13 (Luglio 2006) Miscele legate con leganti idraulici – Specifiche Parte 13: Terra trattata con legante idraulico per strade.
- UNI – EN 14227-14 (Luglio 2006) Miscele legate con leganti idraulici – Specifiche Parte 14: Terra trattata con ceneri volanti.

Consumo iniziale di calce

Valutazione percentuale di calce da utilizzare per avere una reazione chimica completa minima

**ASTM D 6276-99a:
2001**





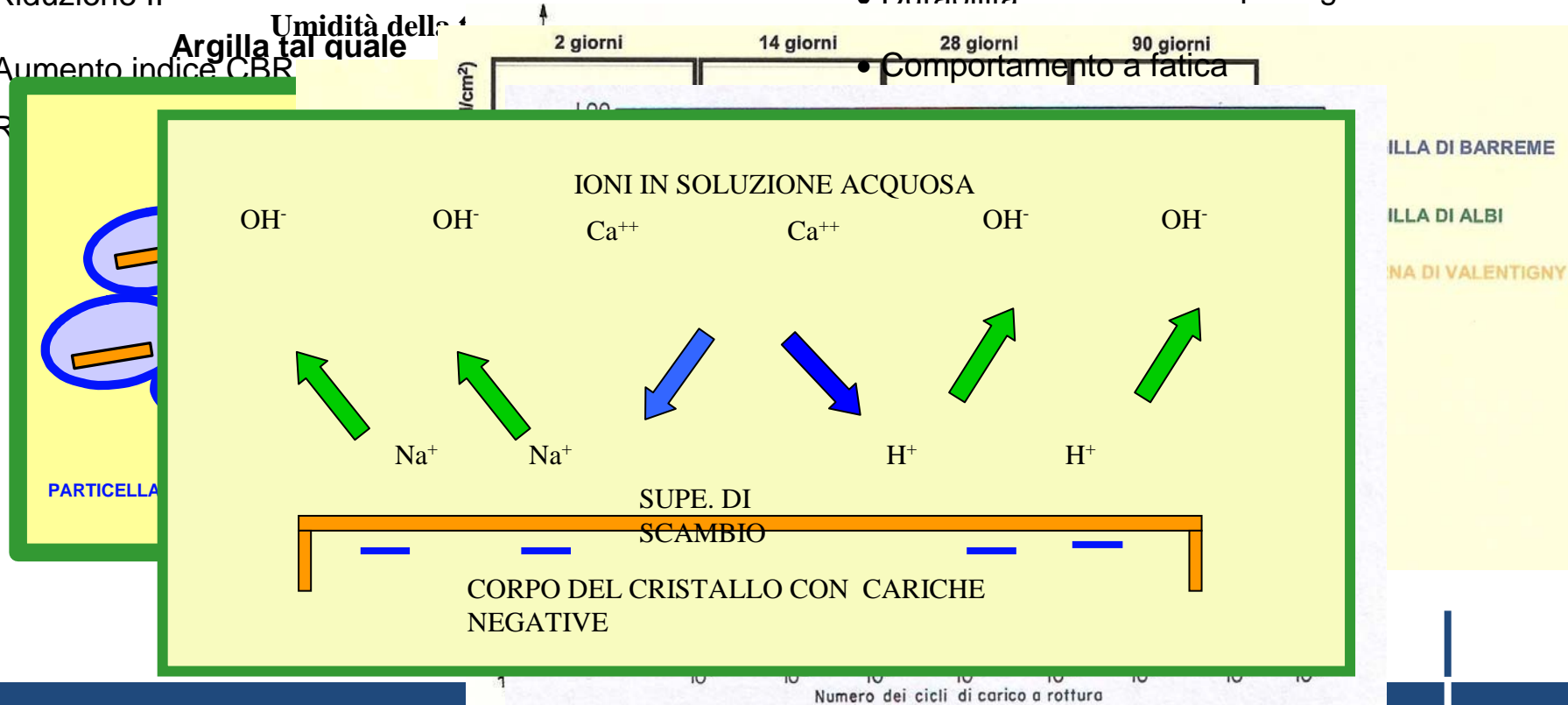
Effetti reazione terra-calce

Effetti a breve termine

- Essiccazione
- Scambio cationico → flocculazione
- Riduzione IP
- Aumento indice CBR
- R...

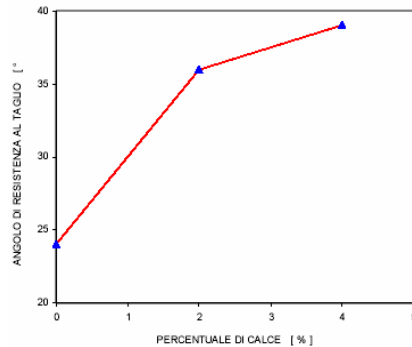
Effetti a lungo termine

- Solubilizzazione → struttura aghiforme
- Aumento resistenze meccaniche
- Durabilità → acqua e gelo

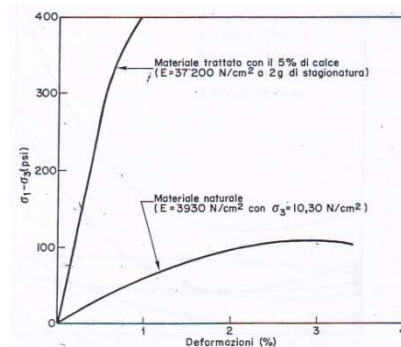


Caratteristiche meccaniche

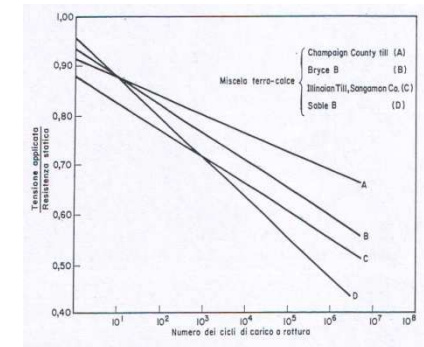
Aumento resistenza al taglio



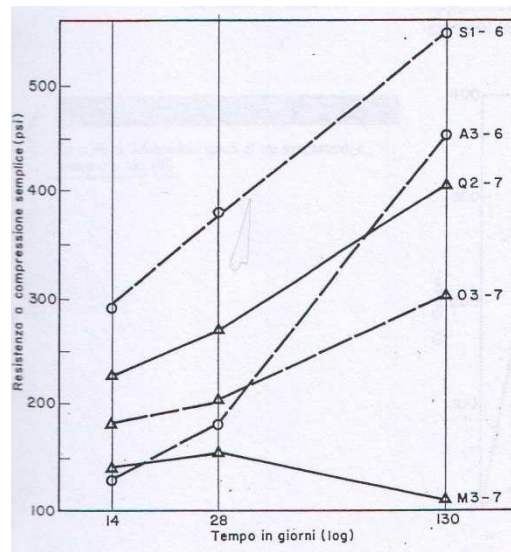
Aumento portanza



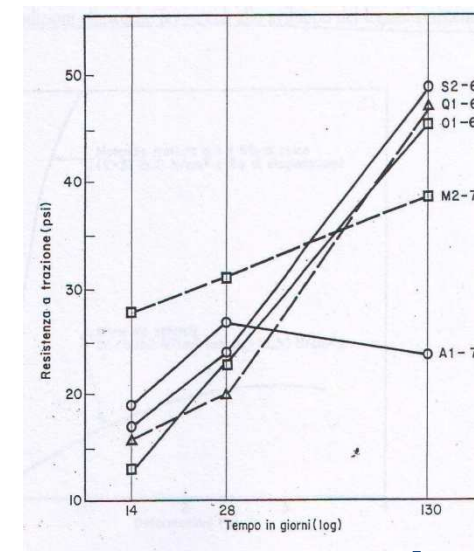
Aumento resistenza a fatica



Aumento resistenza a compressione



Aumento resistenza a trazione



Lavorazioni in sito

1. Scarificazione e polverizzazione



2. Spandimento calce e acqua



3. Miscelazione



4. Compattazione e finitura



Controlli

In SITO



PLT



Densità
Umidità

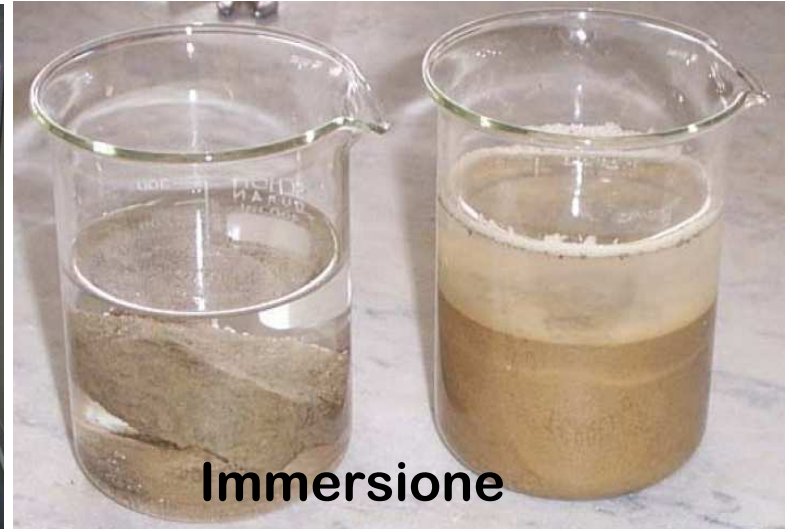
In LABORATORIO



Proctor



CBR



Immersione

Controlli

Light Falling Weight Deflectometer (LFD) o Piastra Dinamica:



Misura il Modulo di Deformazione dinamico Evd (MPa). Una massa battente da 10 o 15 kg cade su una piastra di acciaio circolare di diametro 30 cm. Un accelerometro misura l'abbassamento della piastra.

Il Modulo è correlabile con altri parametri di strato tipo PLT, densità e CBR.

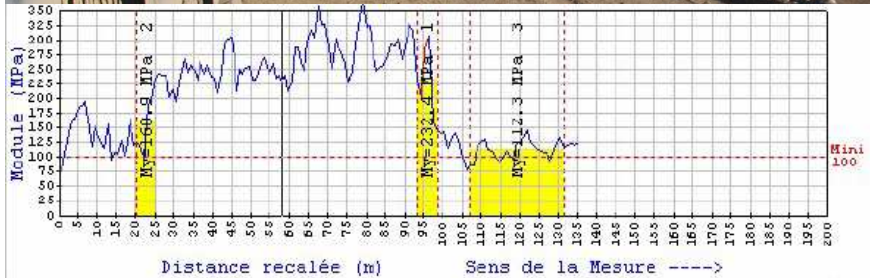
Pro: Semplice, rapida e robusta. Possibilità di passare a prova di punzonamento

Portancémetrè (LCPC - CETE)



La profondità investigata è prossima ai 60 cm.

Misura il Modulo di Deformazione del piano indagato. Una ruota vibrante in movimento sollecita il terreno. Un algoritmo di calcolo stabilisce le tensioni applicate al suolo e ne misura le deflessioni. Il “range” va dai 30 ai 300 MPa



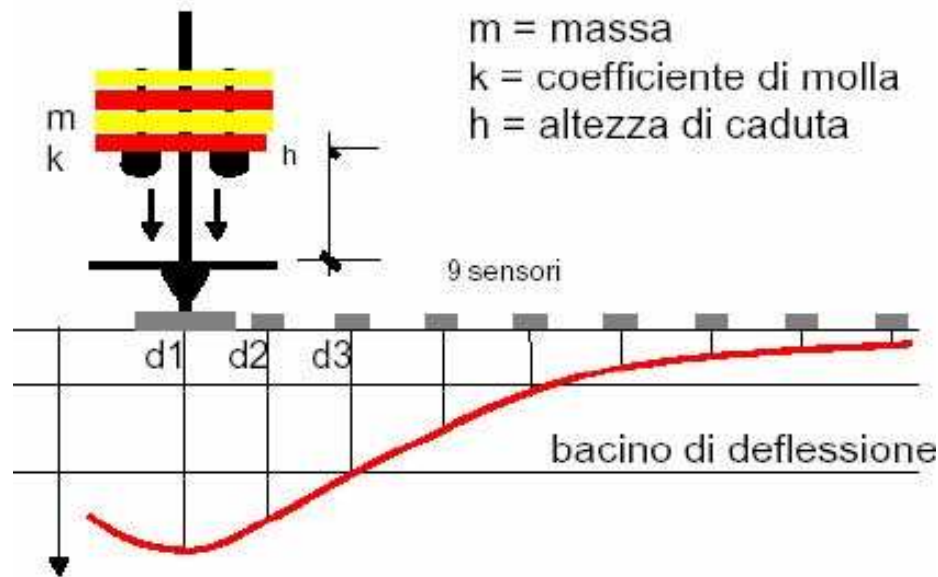
Rilevato AV-RFI: Novara, Dic 07



Il sistema misura il Modulo in continuità fornendo un dato ogni metro alla velocità di 3,6 km/h.



Falling Weight Deflectometer (FWD): ad alto rendimento

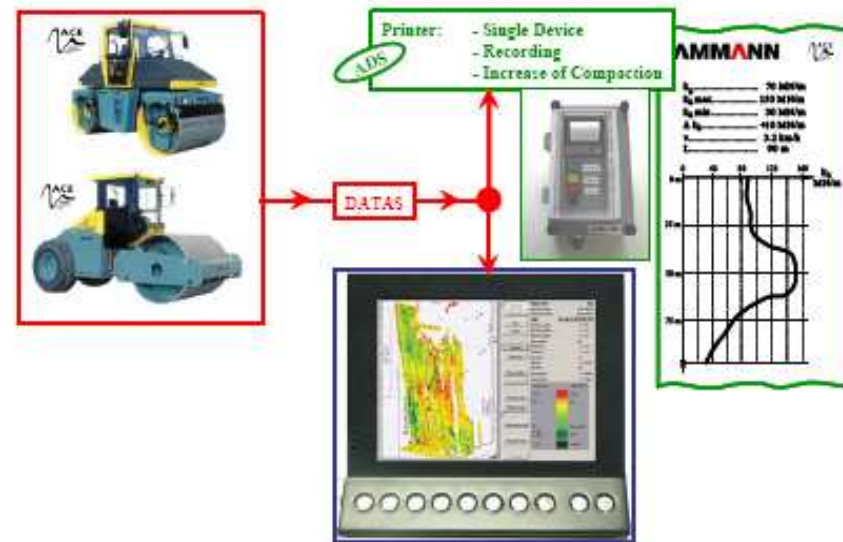
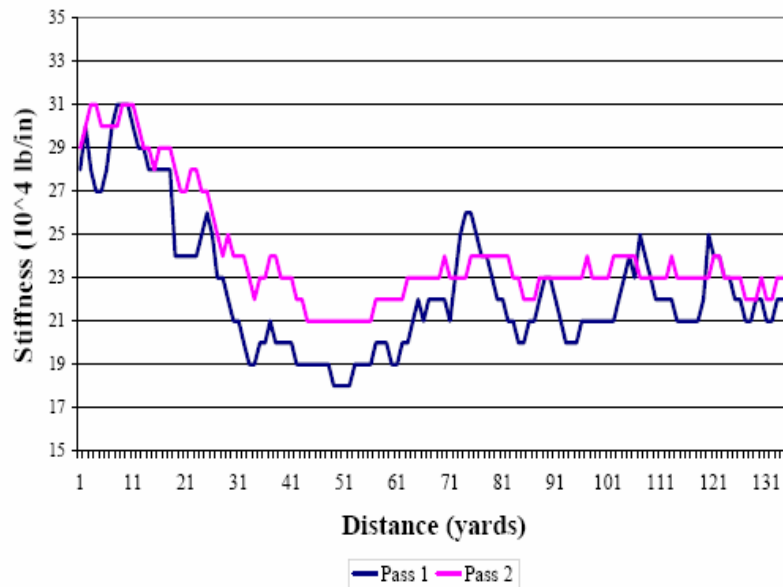
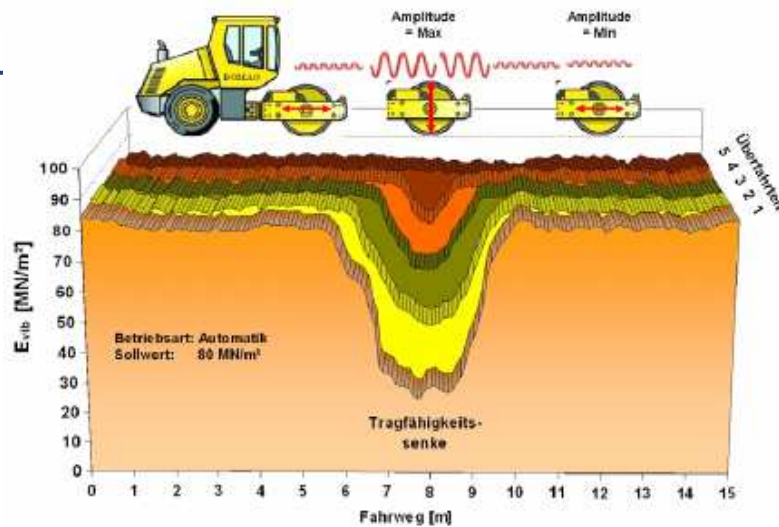


Determina i Moduli resilienti degli strati componenti la sovrastruttura e gli spessori.

Una massa battente variabile è lasciata cadere da una certa altezza su una piastra rigida a contatto col suolo. Si producono carichi ripetuti semi-sinusoidali fino a 150 kN. Si registra il carico applicato e le deflessioni su 7-9 punti in linea. Tramite un processo di back-calculation si calcolano i moduli e gli spessori degli strati partendo dal bacino di deflessione.

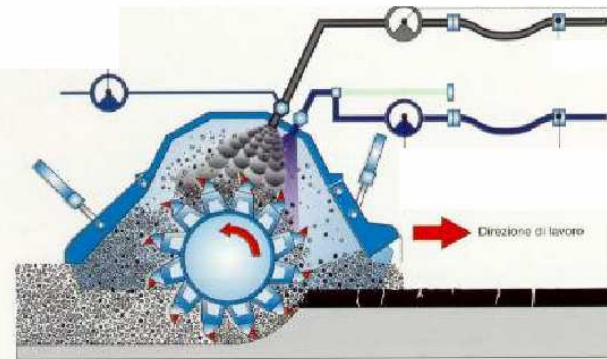


Compattometri su rullo



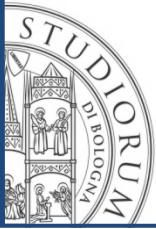
Tali sistemi diffusi su i moderni rulli usano sensori in grado di misurare la risposta che il suolo offre alla vibrazione del tamburo. In base a questa stimano un modulo e aggiustano frequenza e ampiezza per uniformare la compattazione dello strato ad un valore di riferimento richiesto.

La stabilizzazione a cemento



La stabilizzazione a cemento si applica in sito su vecchie fondazioni che possono comprendere anche una parte dello strato di imposta della sovrastruttura stradale; è possibile stabilizzare anche misti granulari di riporto; in tal caso non si devono usare materiali fresati contenenti bitume.

Gli spessori degli strati compattati variano da 20 a 30 cm.



La stabilizzazione a cemento



Apertura Setacci (mm)	Fuso	
63	100	100
40	86	100
20	70	96
14	62	90
8	48	76
4	30	58
2	20	42
0,25	7	20
0,063	5	12

Granolumetria Indicazioni capitolato ANAS

GESTIONE DELLE PAVIMENTAZIONI STRADALI

LINEE GUIDA DI PROGETTO E
NORME TECNICHE PRESTAZIONALI

Con appendice metodologica

REVISIONE: APRILE 2008

RICERCA & INNOVAZIONE
Centro Sperimentale Stradale

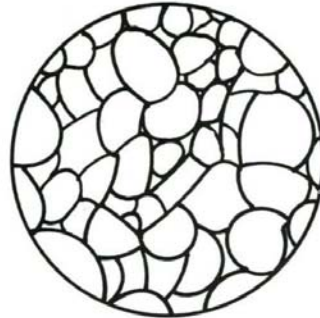
Caratteristiche di resistenza

	3 gg	7 gg	Dimensioni provini
Rt 25°C (N/mm ²)	0,20 – 0,45	0,25-0,50	Diametro 150mm altezza 100-130 mm
Compressione semplice 25 °C (N/mm ²)	1,3 – 3,5	2,0 – 5,0	Diametro 150mm altezza 160-200 mm

Studio di progetto

Cemento (%)	2			3			4			Le percentuali sono da intendersi in peso sulla miscela degli inerti
Acqua di compattazione (%)	5	6	7	5	6	7	5	6	7	
N° provini	6(*)	6	6	6	6	6	6	6	6	

La stabilizzazione a cemento



A Calcestruzzo



B Misto cementato



C Terra cemento

Indagine al microscopio e rappresentazione schematica della localizzazione del cemento in seno alla massa:

A – calcestruzzo dosato al 14% in peso

B – misto cementato dosato al 4.5% in peso

C – Terra cemento: terreno contenente il 30% di argilla dosato al 4% in peso

(Studio Italcementi del 1967)



I lavori di rafforzamento e di ripristino della sovrastruttura stradale della S.S. 67 "Tosco - Romagna"

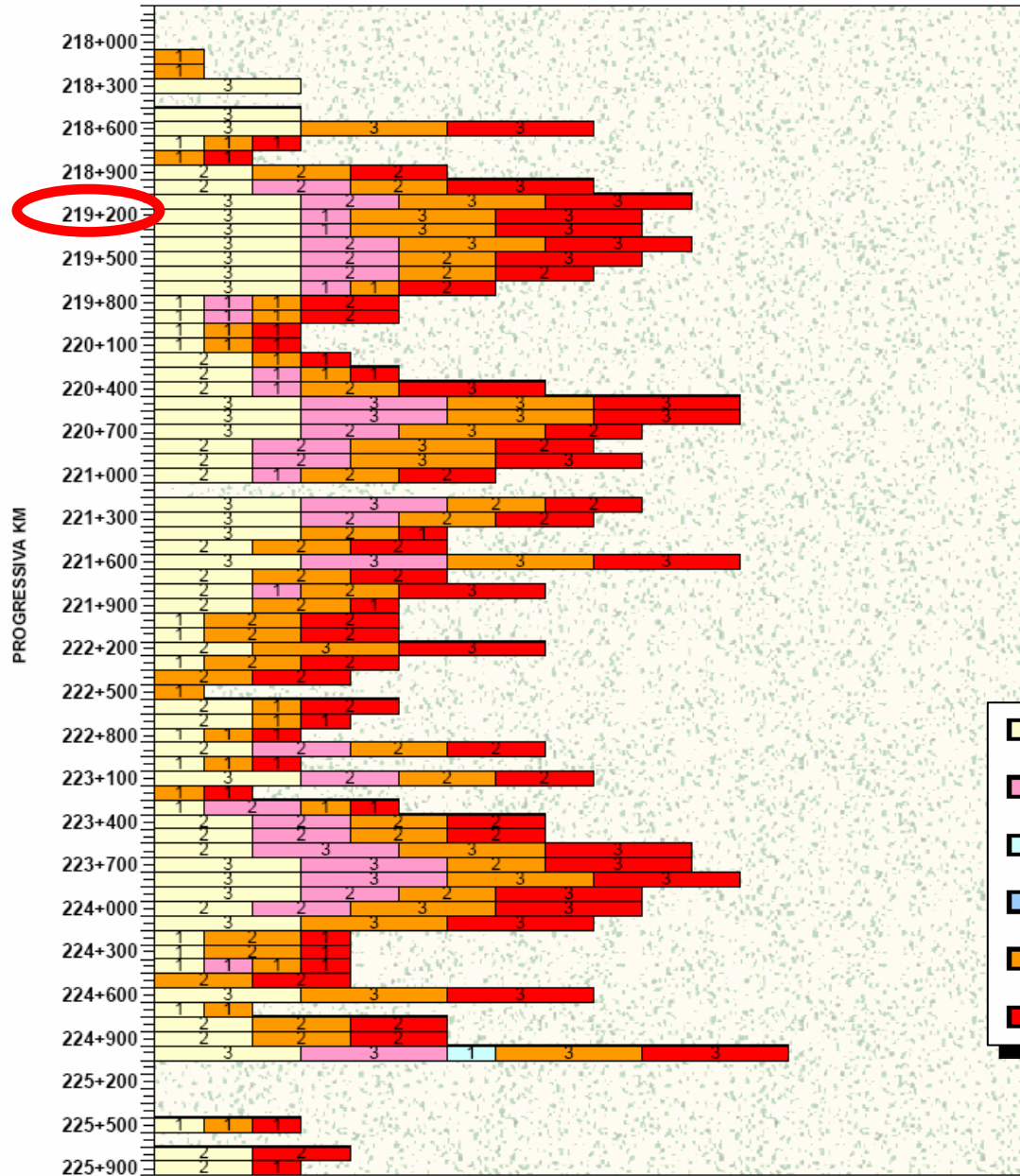
Progressiva della prova

Posizione GPS





RILIEVO VISUALE DI DISTRESS

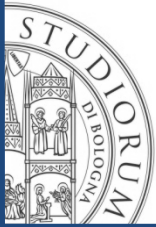


- RAPPEZZI
- DISTACCHI
- FESS. TRASVERSALI
- FESS. LUNGITUDINALI
- RAGNATELE
- SFONDAMENTI



GRAVITA' DELL'AMMALORAMENTO

BOLOGNA



I lavori di rafforzamento e di ripristino della sovrastruttura stradale della S.S. 67 “Tosco – Romagnola”

Perizia Tecnica

Intervento profondo

Per la Strada Statale a 4 corsie (217+277 – 225+400):

- **Fresatura** della pavimentazione ammalorata per uno spessore di **cm 18,00**;
- **Stabilizzazione a cemento** della fondazione stradale esistente per uno spessore di **cm 30,00**;
- Realizzazione dello strato di **base in conglomerato bituminoso rigenerato** per uno spessore medio di **cm 10,00**;
- Realizzazione dello strato di collegamento (**binder**) in conglomerato bituminoso per uno spessore medio di **cm 5,00**;
- Realizzazione di **tappeto di usura** per uno spessore di **cm 3,00**.

La superficie di intervento riguarda per intero la carreggiata S.S. 16 “Adriatica” – Porto mentre in carreggiata opposta (Porto – S.S. 16 “Adriatica”) interessa l'intera lunghezza della corsia di sorpasso e circa 1,00 km della corsia di marcia.

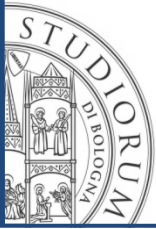
Nel tratto dal km 225+100 al km 225+400 della carreggiata Porto – S.S. 16 “adriatica” (carreggiata maggiormente interessata dal rilascio di materiale polveroso/fangoso dai veicoli pesanti provenienti dal Porto) è previsto un tappeto di usura tipo anti-skid con relativa mano d'attacco.

Intervento superficiale

Per la Strada Statale a 2 corsie (225+400 – 232+377):

- **Fresatura** della pavimentazione ammalorata per uno spessore di **cm 7,00**;
- Realizzazione dello strato di collegamento (**binder**) in conglomerato bituminoso per uno spessore medio di **cm 4,00**;
- Realizzazione di **tappeto di usura** in conglomerato bituminoso per uno spessore di **cm 3,00**.

Verrà infine ricreata tutta la segnaletica orizzontale con materiale in colato plastico.



I lavori di rafforzamento e di ripristino della sovrastruttura stradale della S.S. 67 “Tosco – Romagnola”

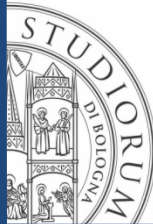
Perizia Tecnica

Interventi profondi con rinforzo

Sono stati infine previsti n°4 tratti sperimentali per valutare (a lungo termine e mediante prove di simulazione a cicli di carico ripetuto) gli effetti di rinforzo della pavimentazione rispettivamente con:

- Tratto sperimentale n° 1
Rete metallica elettrosaldata REFLEX;
- Tratto sperimentale n° 2
Rete metallica zincata a filo ritorto ROADMESH;
- Tratto sperimentale n° 3
Geocomposito di rinforzo in fibra di vetro MACGRID AR 10.7;
- Tratto sperimentale n° 4
Geogriglia in polipropilene MACTEX EC 412.

I citati rinforzi strutturali sono stati previsti sia sulla corsia di marcia che su quella di sorpasso.

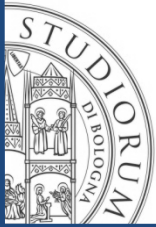


I lavori di rafforzamento e di ripristino della sovrastruttura stradale della S.S. 67 "Tosco – Romagnola"

Costi

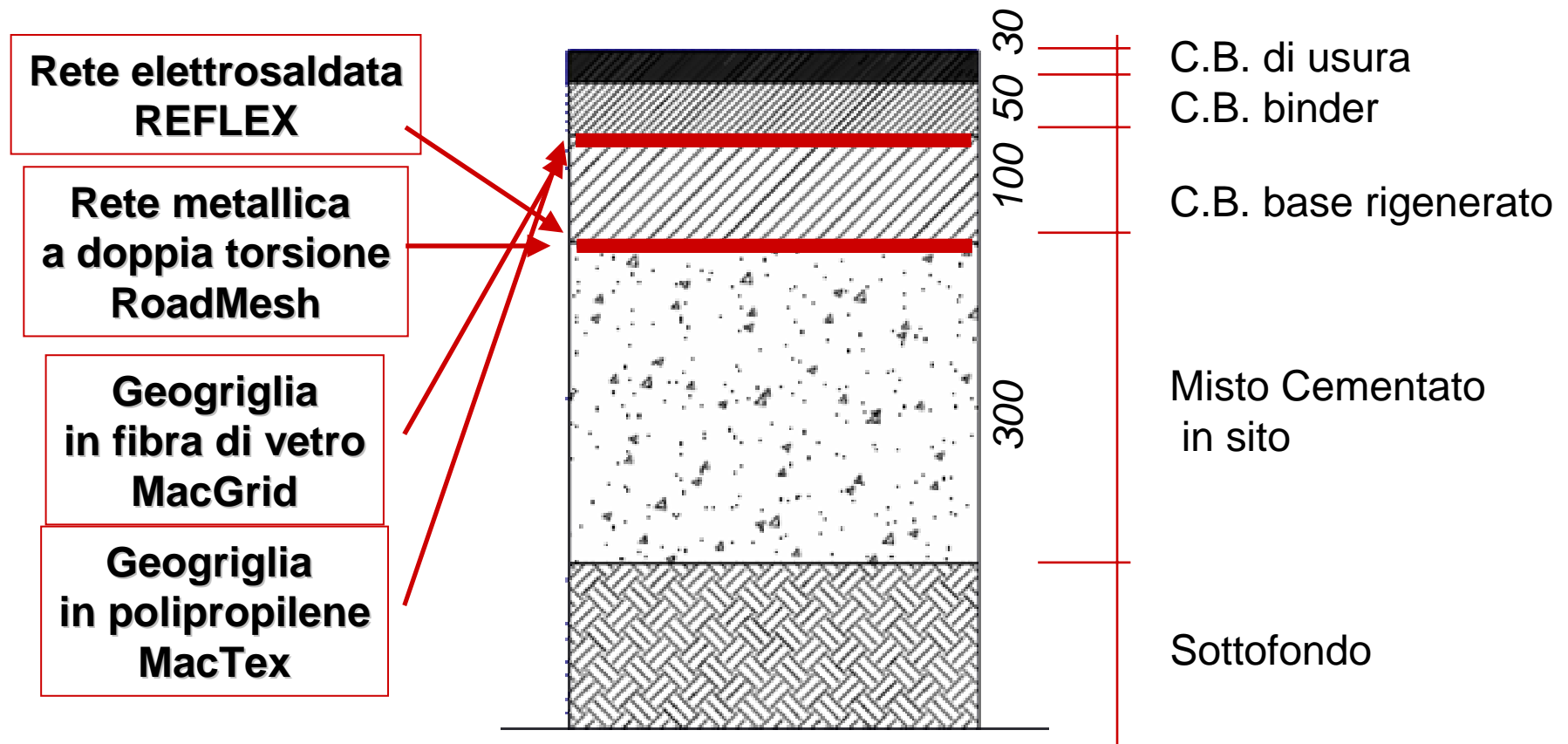
Oggetto: S.S. 67 "Tosco - Romagnola" - Perizia n° 8151 DEL 05.02.2008

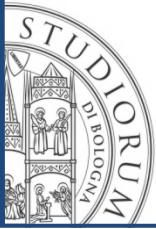
DESCRIZIONE:	%	Quadro Economico
LAVORI DI RAFFORZAMENTO E RIPRISTINO DELLA SOVRASTRUTTURA STRADALE DAL KM 217+277 AL KM 232+377, IN TRATTI SALTUARI.		
A) LAVORI A BASE D'ASTA		€ 3.081.000,00
A1) più oneri 494/96 (3,70% di A)	3,70%	€ 113.997,00
A2) TOTALE LAVORI		€ 3.194.997,00
B) SOMME A DISPOSIZIONE DELL'AMMINISTRAZIONE		
B1) Consulenza alla progettazione e Coordinamento sicurezza in fase di progettazione ed esecuzione		€ 5.853,11
B2) Pubblicazione		€ 15.000,00
B3) Prove materiali (2,00% di A2)	2,00%	€ 63.899,94
B4) Per Incentivo per progettazione D.Lgs 163/06	2,00%	€ 63.899,94
B5) autorità vigilanza Lavori Pubblici		€ 400,00
Totale somme a disposizione		€ 149.052,99
TOTALE QUADRO ECONOMICO		€ 3.344.049,99
C1) Per oneri IVA su A2+B1+B2+B3 =	20,00%	€ 655.950,01
C2) Per oneri investimento	15,00%	€ 501.607,50
TOTALE QE + IVA		€ 4.000.000,00
TOTALE QE + ONERI		€ 3.845.657,49
SPESA COMPLESSIVA		€ 4.501.607,50
Spesa al Km (per km 36+600)		€ 122.994,74



I lavori di rafforzamento e di ripristino della sovrastruttura stradale della S.S. 67 “Tosco – Romagnola”

I vari pacchetti





I lavori di rafforzamento e di ripristino della sovrastruttura stradale della S.S. 67 “Tosco – Romagnola”

Posa in opera

FRESATURA



PULIZIA



STESA CEMENTO



STABILIZZAZIONE E COSTIPAMENTO



LIVELLAMENTO

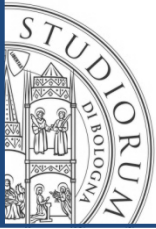




I lavori di rafforzamento e di ripristino della sovrastruttura stradale della S.S. 67 “Tosco – Romagnola”

Posa in opera **Rete elettrosaldata REFLEX**





I lavori di rafforzamento e di ripristino della sovrastruttura stradale della S.S. 67 “Tosco – Romagnola”

Posa in opera

Rete elettrosaldata Road Mesh





I lavori di rafforzamento e di ripristino della sovrastruttura stradale della S.S. 67 “Tosco – Romagnola”

Posa in opera

Geogriglia in fibra di vetro MacGrid AR 10.7





I lavori di rafforzamento e di ripristino della sovrastruttura stradale della S.S. 67 “Tosco – Romagnola”

Posa in opera

Geogriglia in polipropilene MacTex EC 412





La stabilizzazione a calce e cemento

L'impiego in strati di fondazione di terre stabilizzate con leganti è reso possibile se il materiale presenta:

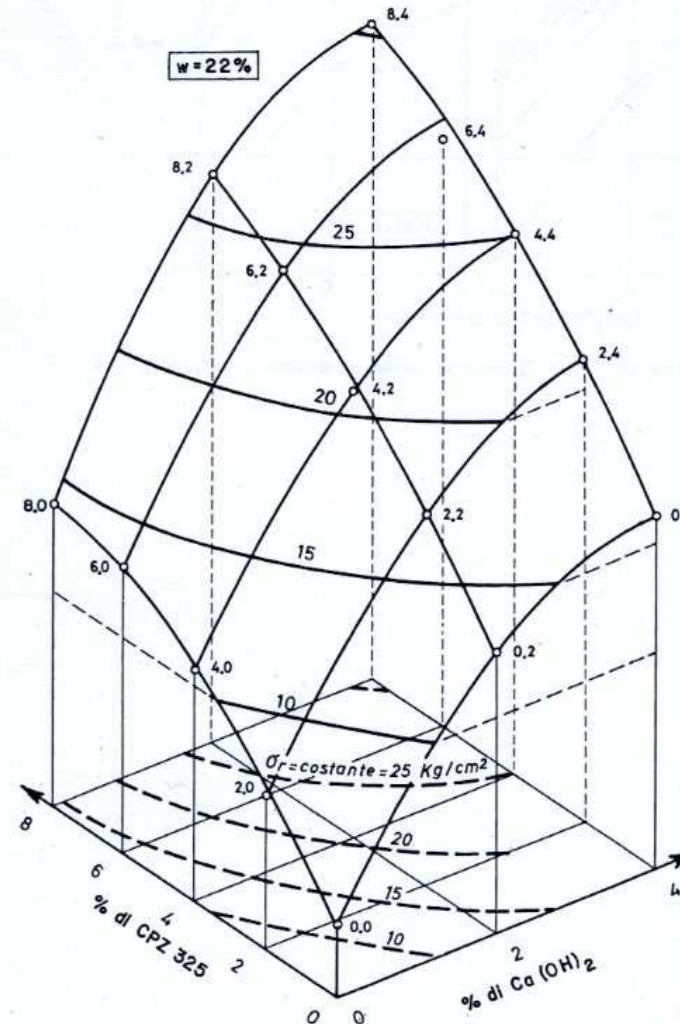
- **A breve termine:** buona attitudine alla compattazione e sufficiente rigidità, per facilitare la messa in opera degli strati soprastanti (effetto incudine) e per resistere alla circolazione dei mezzi di cantiere
- **A lungo termine,** buone qualità meccaniche ed elevata insensibilità all'acqua ed al gelo, per contribuire insieme agli strati legati della pavimentazione a sopportare in ogni circostanza, la circolazione del traffico in esercizio

(G. Tesoriere, B. Celauro, O. Giuffrè - Studio sperimentale sulle miscele terra-calce-cemento: analisi del comportamento meccanico. L'Industria Italiana del Cemento n.6 – 1981 – pp.435-443)

La stabilizzazione a calce e cemento

Con i nuovi capitolati “prestazionali” è possibile utilizzare terre tendenzialmente non idonee combinando gli effetti positivi della stabilizzazione a calce con quelli della stabilizzazione a cemento.

Curve di isoresistenza da prove di rottura per compressione semplice (7 giorni di stagionatura)

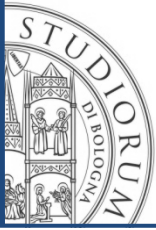




Riciclaggio in situ di pavimentazioni ammalorate: SS n°343 “Asolana” – Variante di Colorno (PR)

Situazione pre-intervento



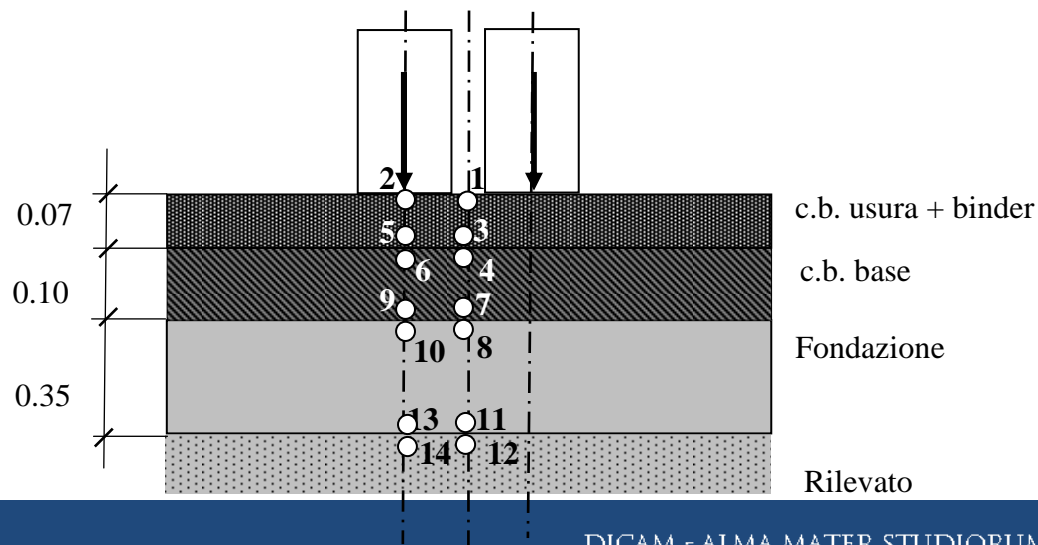


Riciclaggio in situ di pavimentazioni ammalorate: SS n°343 “Asolana” – Variante di Colorno (PR)

Stato di fatto



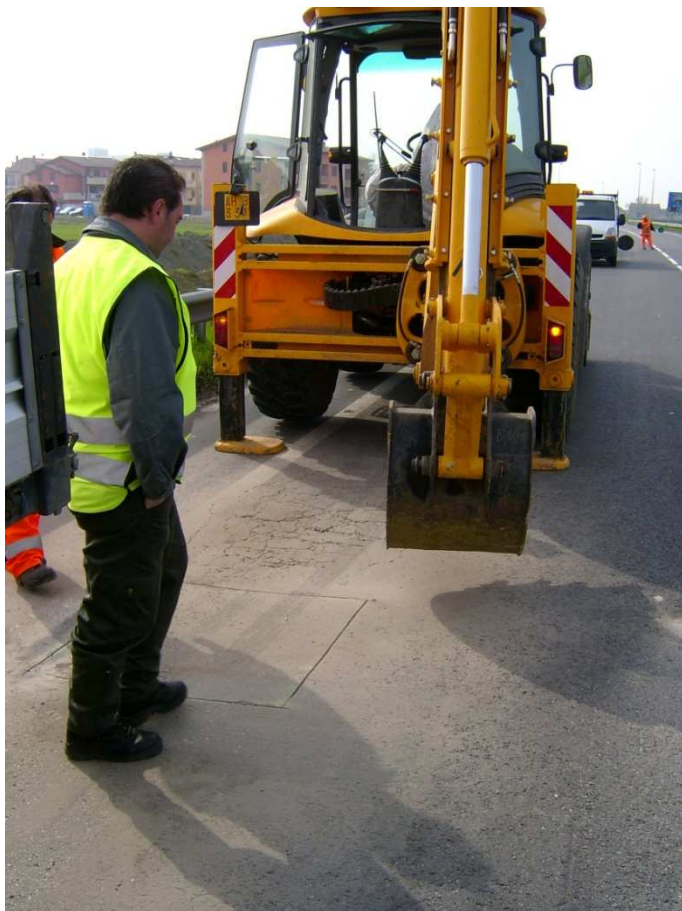
Il progetto prevedeva una soluzione costituita da uno strato di usura superficiale in conglomerato bituminoso chiuso di 3 cm, un sottostante strato di collegamento ancora in conglomerato bituminoso di 4 cm e uno strato di base in conglomerato bituminoso di 10 cm per complessivi 17 cm. Al di sotto degli strati legati a bitume era prevista la realizzazione di una fondazione in **stabilizzato granulometrico** dello spessore di 35 cm per complessivi 52 cm di spessore della sovrastruttura.





Riciclaggio in situ di pavimentazioni ammalorate: SS n°343 “Asolana” – Variante di Colorno (PR)

Saggi e prelievi in sito





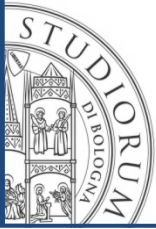
Riciclaggio in situ di pavimentazioni ammalorate: SS n°343 “Asolana” – Variante di Colorno (PR)

Risultati

Durante i sopralluoghi sono stati effettuati dei carotaggi e dei pozzetti che hanno permesso di rilevare che, nelle zone indagate, gli spessori degli strati **non erano inferiori** a quelli previsti in progetto.

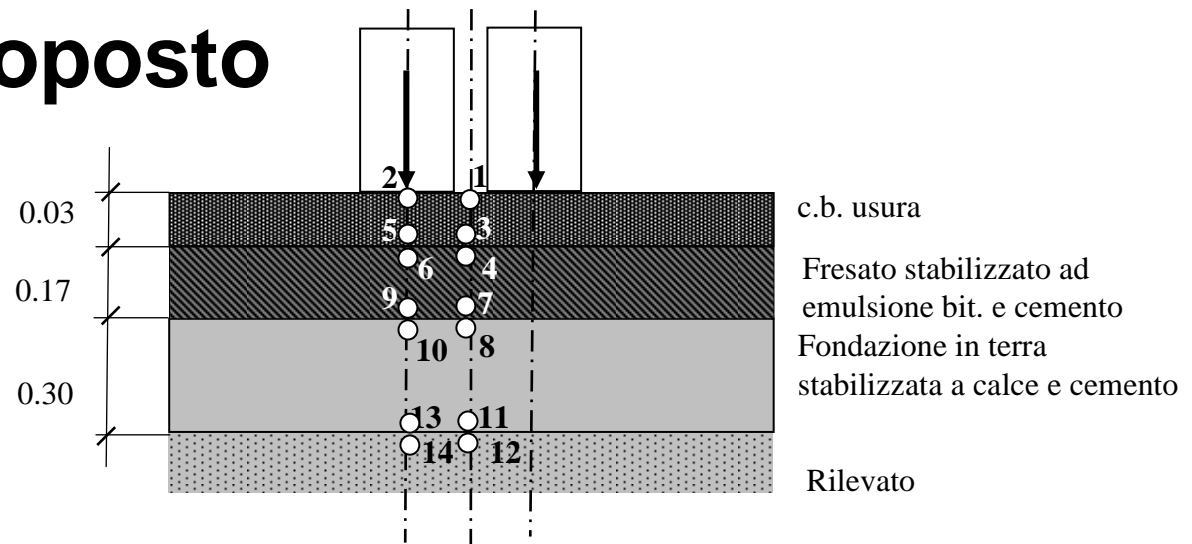
Lo strato di fondazione non presentava però adeguate caratteristiche meccaniche, come indicato dai risultati delle prove effettuate (indice plastico pari al 9% e superiore, materiale appartenente ai gruppi A2-4 ed equivalente in sabbia prossimo a 27)





Riciclaggio in situ di pavimentazioni ammalorate: SS n°343 “Asolana” – Variante di Colorno (PR)

L'intervento proposto



La proposta di intervento prevede sempre una soluzione di tipo flessibile costituita da uno strato di usura superficiale in conglomerato bituminoso chiuso di 3 cm, un sottostante strato di base in conglomerato bituminoso fresato stabilizzato con emulsione bituminosa e cemento di 17 cm di spessore per complessivi **20** cm.

Al di sotto degli strati legati a bitume si prevede di realizzare una fondazione in terra stabilizzata in sito a calce e cemento dello spessore di **30** cm per complessivi **50** cm di spessore della sovrastruttura.



Riciclaggio in situ di pavimentazioni ammalorate: SS n°343 “Asolana” – Variante di Colorno (PR)

L'intervento proposto

1ª fase stabilizzazione a calce:

- Determinazione della densità in situ (CNR 22/72) non inferiore al 95% della massima densità secca ottenuta in laboratorio.
 - Determinazione del modulo di deformazione (Md) (CNR 146/92) non inferiore a 500 Kg/cmq.
 - Determinazione dell'indice CBR (CNR-UNI 10009) non inferiore a quello ottenuto sulla miscela di progetto.
 - Resistenza a compressione a 7 e 28 giorni (CNR 36/73) non inferiore a quello ottenuto sulla miscela di progetto.
- Le prove dovranno essere effettuate ogni 250 m di tratte omogenee



Riciclaggio in situ di pavimentazioni ammalorate: SS n°343 “Asolana” – Variante di Colorno (PR)

L'intervento proposto

2^a fase stabilizzazione a cemento

- Le prove di portanza tramite LFWD (Light Falling Weight Deflectometer tipo) dovranno avere valore minimo 50MPa dopo 4 ore e 220 MPa dopo 1gg.
- Valori di Md ottenuti mediante prova di carico con piastra da 300 mm di diametro (B.U. CNR n°146) a 7 gg di maturazione superiore a 80 MPa nell'intervallo di carico compreso tra 0.25 MPa e 0.35 MPa – primo ciclo di carico.



Riciclaggio in situ di pavimentazioni ammalorate: SS n°343 “Asolana” – Variante di Colorno (PR)



Fresatura

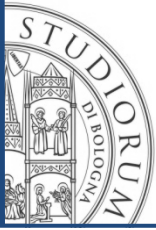




Riciclaggio in situ di pavimentazioni ammalorate: SS n°343 “Asolana” – Variante di Colorno (PR)



Stabilizzazione con il 2.5% di calce in peso



Riciclaggio in situ di pavimentazioni ammalorate: SS n°343 “Asolana” – Variante di Colorno (PR)



Stabilizzazione con il 3% di cemento in peso



Riciclaggio in situ di pavimentazioni ammalorate: SS n°343 “Asolana” – Variante di Colorno (PR)



Stabilizzazione con il 3% di cemento in peso



Riciclaggio in situ di pavimentazioni ammalorate: SS n°343 “Asolana” – Variante di Colorno (PR)



Strato di base riciclato al 100% con emulsione bituminosa modificata e cemento



Riciclaggio in situ di pavimentazioni ammalorate: SS n°343 “Asolana” – Variante di Colorno (PR)



Emulsione Bituminosa acida modificata: in percentuali comprese tra il 3% e il 4,5% in peso sugli inerti

Cemento Portland 325: in percentuali tra 0,7 e 1,5% in peso sugli inerti



Riciclaggio in situ di pavimentazioni ammalorate: SS n°343 “Asolana” – Variante di Colorno (PR)



Tappeto di usura da 3 cm



Riciclaggio in situ di pavimentazioni ammalorate: SS n°343 “Asolana” – Variante di Colorno (PR)



Tappeto di usura da 3 cm



Riciclaggio in situ di pavimentazioni ammalorate: SP n°17 “Saludecese” – San Giovanni in Marignano

Il progetto della strada prevedeva una sovrastruttura composta da **3** strati in conglomerato bituminoso di spessore complessivo di **17** cm (10 cm di base, 4 cm di collegamento e 3 cm di usura) e uno strato di fondazione in misto granulare stabilizzato di spessore di **40** cm. Durante i sopralluoghi sono stati effettuati dei carotaggi e dei pozzetti che hanno permesso di rilevare che, nelle zone indagate, gli spessori degli strati erano inferiori a quelli previsti in progetto. Gli strati in conglomerato bituminoso avevano infatti uno spessore medio di **12** cm e lo strato di fondazione aveva uno spessore medio di **29** cm. Quest'ultimo inoltre non aveva adeguate caratteristiche meccaniche, come indicato dai risultati delle prove effettuate (indice plastico di 10% e superiore, materiale appartenente ai gruppi A2-4 e A2-6 e modulo di deformazione della prova di carico con piastra inferiore a 30 MPa).



Riciclaggio in situ di pavimentazioni ammalorate: SP n°17 “Saludecese” – San Giovanni in Marignano

L'intervento di risanamento è stato effettuato mediante la stabilizzazione in sito a calce e cemento della fondazione esistente ed il riciclaggio degli strati in conglomerato bituminoso con la tecnica del bitume schiumato additivato a cemento





Riciclaggio in situ di pavimentazioni ammalorate: SP n°17 “Saludecese” – San Giovanni in Marignano

Stabilizzazione a calce





Riciclaggio in situ di pavimentazioni ammalorate: SP n°17 “Saludecese” – San Giovanni in Marignano

Stabilizzazione a cemento





Riciclaggio in situ di pavimentazioni ammalorate: SP n°17 “Saludecese” – San Giovanni in Marignano

Stabilizzazione a cemento





Riciclaggio in situ di pavimentazioni ammalorate: SP n°17 “Saludecese” – San Giovanni in Marignano

Controlli dell’umidità e della densità





Riciclaggio in situ di pavimentazioni ammalorate: SP n°17 “Saludecese” – San Giovanni in Marignano

Controlli di portanza





Riciclaggio in situ di pavimentazioni ammalorate: SP n°17 “Saludecese” – San Giovanni in Marignano

Strato di base realizzato con bitume schiumato e cemento



Bitume: pari al 3.5% in peso sugli inerti

Cemento Portland 325: 2 % sul peso inerti



Riciclaggio in situ di pavimentazioni ammalorate: SP n°17 “Saludecese” – San Giovanni in Marignano

Prove di portanza in sito e controlli spessori



Conclusioni

Obiettivo: riciclare i materiali con risparmi su legante, inerti e costi smaltimento, ma seguendo tecniche e regole che tutelino la qualità (durata) del prodotto finale.



Necessario eseguire studi e decidere, in base a ciò che si deve riciclare, la tecnica e la procedura migliore

La qualità è in gran parte in ciò che si decide in progetto e quanto si rispetta ciò che si è deciso

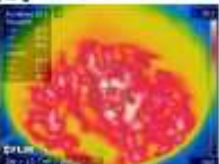
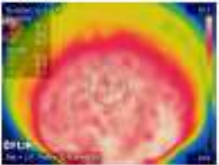
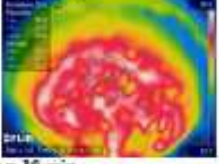
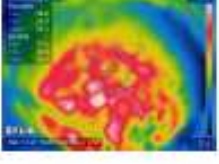
usura

Binder (30% di fresato)

base ricicl.con emulsione

fondaz (stabilizzazioni ternarie)

Conclusioni

Miscela 1, valori di progetto: 2,5% CALCE, 16% ACQUA				
Temperatura pre-miscela [°C]	t [min]	Temperatura interna [°C]	Temperatura media superficiale [°C]	Effetto all'infrarosso nel tempo
28,3	0	29,3	28,2	t = 0
	1	30,0	28,6	
	2	30,8	31,5	
	3	30,9	30,8	
	4	31,0	30,4	
	5	31,0	30,2	t = 5 min
	7	31,0	29,9	
	9	31,0	29,5	
	11	30,9	29,5	
	13	30,8	29,1	t = 15 min
	15	30,8	29,0	
	17	30,7	28,8	
	19	30,7	28,6	
	21	30,6	28,3	
	23	30,6	28,1	t = 30 min
	25	30,5	27,9	
	27	30,5	27,7	
	29	30,4	27,1	
	31	30,3	26,9	
	33	30,3	26,8	
	35	30,1	26,3	
Temperatura massima raggiunta [°C]			31,5	
Osservazioni			-	
Temperatura ambiente [°C]			26 ± 1	

Controlli dell'efficacia della stabilizzazione delle terre in laboratorio ed in sito con termocamera



Conclusioni



Controlli dell'efficacia della stabilizzazione delle terre in laboratorio ed in sito con termocamera

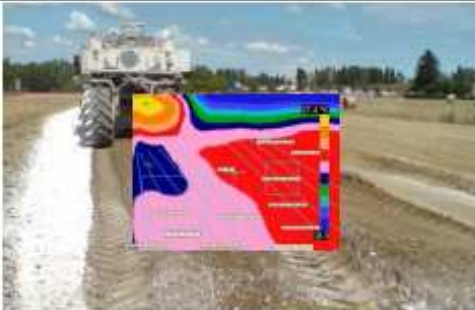


Conclusioni

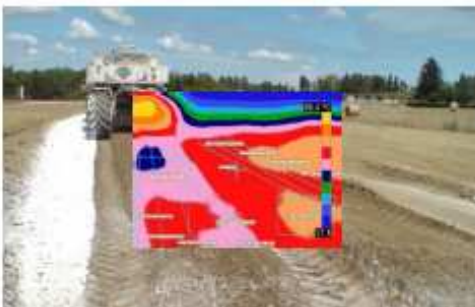
Ore 11.57 - Immagine 7



Ore 11.58 - Immagine 8

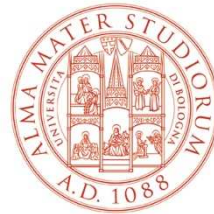


Ore 11.59 - Immagine 9



Controlli dell'efficacia della stabilizzazione delle terre in laboratorio ed in sito con termocamera





ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Prof. Andrea Simone

DICAM - Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e dei Materiali

Viale Risorgimento, 2

40136 – BOLOGNA

+39-051-2093522

andrea.simone@unibo.it

www.dicam.unibo.it