

La strada del riciclo verso l'Europa

Università ed Imprese insieme per sperimentare gli aggregati di recupero nella costruzione di infrastrutture viarie



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA



UNIVERSITÀ DI PISA



valorizziamo il futuro

BOMAG



Briefing



Test



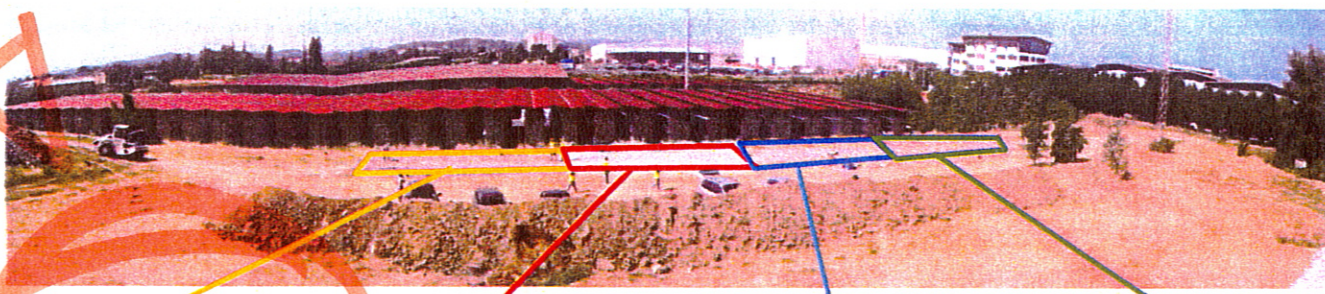
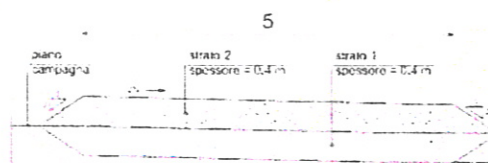
Gruppo prove del 7/7



Gruppo prove del 8/7

Università ed Imprese hanno realizzato una sperimentazione allo scopo di caratterizzare con prove ad alto rendimento i materiali di riciclo per sottofondi e fondazioni stradali. Il rilevato, dello spessore di 80 cm, è composto da 4 aree di prova adiacenti di 15x5 m, realizzate con 4 differenti inerti riciclati; gli strati del rilevato ed il sottofondo, sono stati compattati con un rullo compattatore vibrante in grado di controllare in continuo la compattazione registrando il Modulo Evib; la compattazione è avvenuta su 2 fasce parallele secondo una precisa sequenza.

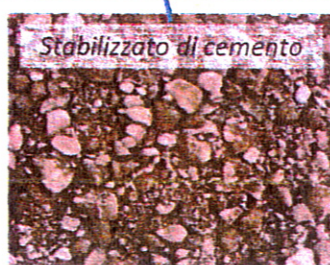
Sezione del rilevato sperimentale



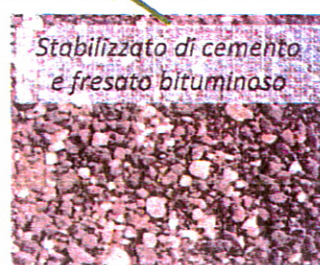
Macinato di pietra



Stabilizzato di traversine



Stabilizzato di cemento



Stabilizzato di cemento e fresato bituminoso

I materiali utilizzati sono di pezzatura 0/30 mm, trattati e vagliati presso lo stabilimento CAR e così composti:

- Macinato misto di pietra: 65% demolizione mista, 20% loppa di fonderia e 15% gres;
- Stabilizzato di traversine: 50% traversine ferroviarie e 50 % roccia arenaria;
- Stabilizzato di cemento: 100% macinato di cls;
- Stabilizzato di cemento e fresato bituminoso: 50% fresato di conglomerati bituminosi e 50% stabilizzato di cemento cls.

C.A.R. S.R.L.
Via Laguna, 27/A - 40026 MOGA (Bo)
Tel. 052 640361 - Fax 052 649076
Cod. Fisc. 03032890372
Part. IVA 00590851203



Compattazione intelligente



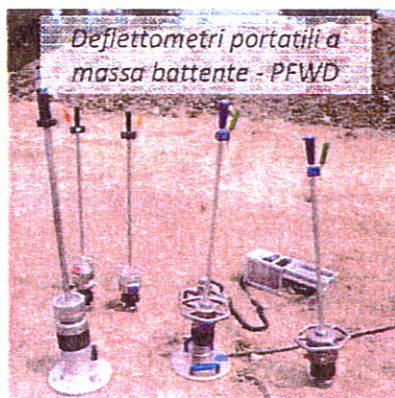
Celle di pressione



Densità ed umidità



Deflettometro a massa battente - FWD



Deflettometri portatili a massa battente - PFWD

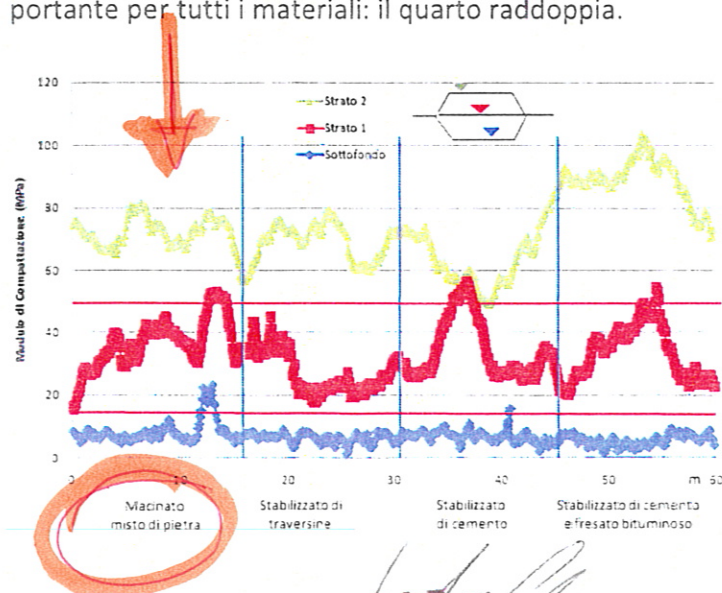
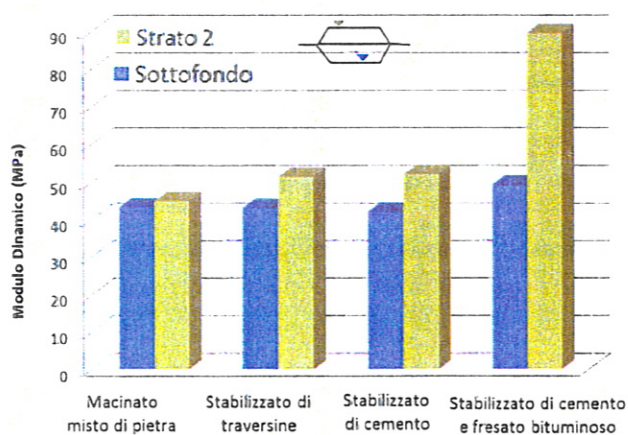


Penetrometro dinamico a cono

Sono stati eseguiti test per il controllo della portanza su ogni strato (sottofondo, strato 1, strato 2), utilizzando apparecchiature innovative: FWD, PFWD di diversa concezione e DCP. Prima di ogni fase di prova sono stati eseguiti test di densità ed umidità per il monitoraggio delle condizioni del sito.

I grafici mostrano alcuni risultati preliminari: a destra vengono evidenziati i risultati dei test PFWD effettuati sul sottofondo e sul piano del rilevato, in basso si riportano, i risultati della compattazione apportata dal rullo e misurata su ogni strato.

L'istogramma evidenzia un aumento del Modulo Dinamico da PFWD, con una evidente efficacia portante per tutti i materiali: il quarto raddoppia.



Il miglioramento delle prestazioni di portanza si evidenzia anche attraverso l'aumento del Modulo di Compattazione ottenuto con il rullo vibrante Variocontrol. La posa dei materiali testati incrementa la capacità portante della sovrastruttura, fornendo risultati di rigidezza che soddisfano i requisiti di portanza per sottofondi e rilevati dei più comuni capitolati stradali (linee rosse). In particolare, gli 80 cm di stabilizzato di cemento e fresato producono rigidezze di compattazione 9-10 volte superiori a quelle del terreno naturale di sottofondo.

Caratterizzazione di larga massima per 4 materiali CAR sulla base della campagna di misure del luglio 2010

- Macinato misto di pietra CAR 0 -30 mm
- Stabilizzato di traversine 0 -30 mm
- Stabilizzato di cemento 0 -30 mm
- Stabilizzato di cemento + macinato d'asfalto 0 - 30 mm.

La caratterizzazione di un materiale inerte per applicazioni non strutturali (sottofondi, fondazioni, rilevati..) può essere eseguita in maniera del tutto generale, eppure abbastanza esaustiva ed immediata, tramite verifica di alcune proprietà fondamentali:

1. Portanza
2. Miscelazione, assortimento granulometrico, coesione, drenaggio
3. Pulizia (assenza di materiali estranei) e inattività chimico - fisica.

1 - PORTANZA

La portanza è il carico specifico (es. kg/cm^2) che provoca un prestabilito cedimento nel terreno ed è un parametro di decisione fondamentale. La verifica della bontà di una lavorazione si fa in primis sulla base di tale parametro. La sperimentazione del luglio 2010 presso CAR ha visto l'impiego di mezzi di indagine non convenzionali (FWD, LFWD), a fronte delle più comuni prove di carico su piastra. Riferendoci ai risultati delle prove LFWD caratterizziamo i 4 campi descrivendo i risultati ottenuti e ricordando che:

- Il megaPascal non è altro che una delle unità di misura della pressione, così come il kg/cm^2 , si tratta semplicemente di due sistemi di misura diversi: Internazionale e Sistema Tecnico degli ingegneri rispettivamente. Va detto però in primis, fatte le opportune conversioni, che:

$$1 \text{ MPa} \approx 10 \text{ Kg/cm}^2$$

Vorremmo stabilire una correlazione tra i risultati ottenuti da una prova dinamica tipo LFWD (MPa) e quelli che si sarebbero potuti ottenere da una tradizionale prova statica di carico su piastra (kg/cm^2).

In Italia, allo stato attuale, nei capitolati per la costruzione di strade, non si parla infatti di prove di verifica con LFWD, ma solo di FWD e prove di carico su piastra PLT.

La correlazione cercata sarebbe già trovata sulla base della relazione sopra, se non fosse che non possiamo confrontare tra loro i risultati di prove dinamiche e statiche. Le metodologie di prova infatti evocano risposte del terreno diverse in base a sollecitazioni del tutto diverse.

Ancora una volta, in Italia, non ci sono tabelle di conversione tra risultati di prove di carico su piastra e e prove dinamiche LFWD, a parte limitate eccezioni per materiali particolari.

Possiamo però fare affidamento su una norma tedesca, (GRENZWERTEFALLGERAET), che ci aiuta in tal senso, correlando MPa dinamici a MPa statici (per un certo intervallo di valori), con una conversione del tipo:

$$1 \text{ MPa dinamico (LFWD)} \approx 2 \text{ MPa statici (PLT)}$$

La sequenza delle operazioni sarà quindi:

- Trasformare valori di portanza dinamici in MPa in valori di portanza statici in MPa
- Trasformare valori di portanza statici in MPa in valori di portanza statici in kg/cm^2

Con ragionevolezza potremo quindi affermare che i valori di portanza statici espressi in kg/cm^2 per i 4 campi ed esclusivamente a stesa completata (80cm) e sulla base dei dati Terratest sono:

campo 1: 950 kg/cm^2

campo 2: 1050 kg/cm^2

campo 3: 1050 kg/cm^2

campo 4: 1800 kg/cm^2

2 - MISCELAZIONE, ASSORTIMENTO GRANULOMETRICO, COESIONE, DRENAGGIO

Un parametro a cui la DL riserva particolari attenzioni è sicuramente l'assortimento granulometrico di un materiale, unitamente a considerazioni sulla eventuale corretta miscelazione di frazioni differenti. In ogni capitolato per la costruzione di strade si fa esplicito riferimento al confezionamento di un misto granulare non legato esclusivamente in impianto fisso di miscelazione. Questo al fine di prevenire fenomeni di segregazione.

Campo 1

Materiale ottimamente assortito, dotato di buona coesione (anche grazie alla presenza di loppa di fonderia) ed eccellenti caratteristiche di costipabilità.

! Attento controllo delle frazioni in ingresso, compatibilmente con la natura variegata della frazione mista vera e propria per limitare al massimo la segregazione.

! Attenzione alla quantità di gres, un'eccessiva presenza fa diminuire la coesione (scarso potere aggrappante).

Campo 2

Materiale molto adatto per applicazioni che necessitano di un'efficace azione drenante. La natura scabra delle superfici frantumate, unitamente alle buone caratteristiche geomeccaniche delle frazioni componenti, potrebbero far pensare all'utilizzo dello stabilizzato di traversine per il confezionamento di un misto cementato (inerte, cemento, acqua + additivi eventuali), avendo solo cura di aumentare la frazione granulometrica nel campo $< 0,063\text{mm}$ e tenendo sotto controllo l'eq. in sabbia.

! Possibilità di incrementare sensibilmente la portanza con un controllo granulometrico della produzione per creare migliore assortimento soprattutto nel campo dei fini.

Campo 3

Materiale ottimamente assortito, con coesione ottima e buona costipabilità. Buon drenaggio.

Campo 4

Materiale ottimamente assortito, coesione e costipabilità eccellenti.

3 - PULIZIA E INATTIVITÀ CHIMICO - FISICA

Tutti i materiali risultano pressoché esenti da materiali estranei e frazioni leggere, in ogni caso sono assolutamente al di sotto della rigida norma di riferimento per il limite massimo di tali frazioni leggere, la circolare 5205 del 2005.