

CONVEGNO



AGGREGATI DI RICICLO PER LA COSTRUZIONE DI OPERE CIVILI E INFRASTRUTTURALI

“Metodologie di controllo nella realizzazione di opere stradali con aggregati di riciclo”

*Dott.Ing.Cesare Sangiorgi
Dott.Ing.Ettore Volta*

**Venerdì 11 Aprile 2008
Auditorium Biblioteca “G.Bassani” - Ferrara**

PARTE I:

La caratterizzazione dei materiali C&D secondo norma
Metodologie di indagine di ieri e di oggi
Case history

PARTE II:

Sperimentazione con C&D in ambito urbano:

“Esperienza sull’impiego di C&D trattati con legante cementizio per la richiusura di scavi a sezione obbligata per sottoservizi in ambito urbano”

La UNI 10006/02 per C&D di riciclo intende:

miscele di aggregati prevalentemente costituite da frammenti:

- di laterizi,
- di murature,
- di intonaci,
- di conglomerati cementizi,
- di sovrastrutture stradali o ferroviarie,
- di allettamenti,
- di rivestimenti,
- di prodotti ceramici,
- di scarti dell'industrie di prefabbricazione di manufatti di calcestruzzo,
- di materiali lapidei provenienti da cave autorizzate,
- di materiali lapidei provenienti da attività di taglio e lavorazione.

Sono escluse dall'applicazione della norma le partite di aggregati integralmente costituite da terre di scavo o da sfridi di cava.

OGGI, TUTTAVIA, LA NORMA 10006/02 È STATA RITIRATA DALL'  ED IN SOSTITUZIONE SI DEBBO NO ADOTTARE LE TRE NORME SEGUENTI, RICHIAMATE ANCHE NELLA CIRCOLARE n°5205/05 LE CUI TABELLE SUI C&D SONO SIMILI, MA NON UGUALI*, A QUELLE DELLA 10006/02:

UNI EN 13242: Aggregati per materiali non legati e legati con leganti idraulici per l'impiego in opere di ingegneria civile e nella costruzione di strade. *È uscita la vs 2008.*

UNI EN 13285: Miscele non legate per la costruzione e la manutenzione di strade, aeroporti ed altre aree soggette a traffico – Specifiche (riferimenti alla 13242)

UNI EN ISO 14688-1: Identificazione e classificazione dei terreni: identificazione e descrizione. Si applica ai materiali naturali in sito ed ai materiali similari realizzati in sito.

** ad es. setaccio 8 mm anziché 4 mm, no produzione di finissimo....*

Un aspetto significativo dei C&D citato nella 10006/02:

Produzione di finissimo per costipamento AASHO mod.:

Variazioni granulometriche e tendenza alla produzione di fino per effetto del costipamento sono fenomeni tipici dei materiali da Costruzione e Demolizione in relazione alla presenza di elementi teneri e/o di malte poco resistenti.

La determinazione del valore $P\%_{0.063\text{post}} - P\%_{0.063\text{ante}}$ con la Proctor (o con SGC a pari energia) è utile per capire come può variare quel lotto di materiale quando posto in opera.

Dovrebbe essere affiancata alla L.A. per le frazioni non sottoposte a prova (soprattutto le > 14 mm).

Proposta di Ricerca: a partire dalla granulometria di una gamma di C&D, valutare l'energia di addensamento e gli spessori da posare per ottenere uno "stabilizzato" di riciclo; attenzione alle componenti fini-plastiche.

La UNI EN 13285 si applica alle miscele non legate di aggregati naturali, artificiali e riciclati con dimensioni superiori comprese tra 8 e 80 mm ed inferiori pari a 0.

Nell'Appendice A (informativa) è descritto il metodo di cernita visiva citato nella Circolare n°5205/05 simile a quello della UNI 10006/02.

A seconda delle proporzioni dei materiali componenti la miscela C&D si hanno:

- **Aggregati di cls miscelati frantumati (cls > 90% massa);**
- **Aggregati di muratura frantumati (muratura > 80%);**
- **Aggregati miscelati frantumati (cls > 50%, muratura < 50%);**
- **Materiali per fondi stradali frantumati (fond., stab., mc > 90%);**
- **Cenere residua di inceneritore (basi min, vetro, scorie > 90%).**

Nota: sono consentite altre miscele, incluse quelle con un'alta proporzione di asfalto riciclato.

Esiste anche una “norma” europea in versione preliminare:

prEN 933-11/2004;

“Essais relatifs aux caracteristiques geometriques des granulats – Partie 11: Essai de classification des gravillons recyclés selon leur composition”.

Classe	Type	Symbole utilisé pour la masse
A	Matériaux bitumineux	M_A
B	Éléments de maçonnerie	M_B
C	Béton et produits en béton. Mortiers	M_C
L	Particules légères (< 1,0 Mg/m ³)	M_L
U	Granulats non liés	M_U
X	Autres	M_X

Sous-classe	Type	Symbole utilisé pour la masse
Classe B, Éléments de maçonnerie		
B ₁	Éléments en argile cuite, à savoir briques, tuiles ... etc. ...	M_{B1}
B ₂	Éléments en silicate de calcium	M_{B2}
B ₃	Éléments en béton (avec granulats légers ou denses)	M_{B3}
B ₄	Béton cellulaire autoclavé	M_{B4}
B ₅	Parpaings blocchi in cls	M_{B5}
Classe X, Autres matériaux		
X ₁	Matériaux cohérents : argile, sol.	M_{X1}
X ₂	Divers : bois, verre, métaux, caoutchouc, matières plastiques etc..	M_{X2}
X ₃	Gypse, plâtre stucco	M_{X3}

Exemple de feuille d'essai

Essai de classification des gravillons recyclés selon leur composition
prEN 933-11

Feuille d'essai

EN 933-11	Laboratoire :
Identification de l'échantillon :	Date :
	Opérateur :

$M_C =$ _____ g

Refus au tamis de 63 mm, $M_{63} =$ _____ g

Passant au tamis de 6 mm, $M_6 =$ _____ g

Masse de la prise d'essai, $M_1 =$ _____ g

Classe	Masses, g	Pourcentages (P%) ($M_{classe}/M_1 \times 100$)	Remarques
A	M_A		(arrondir au nombre entier le plus proche)
B ₁	M_{B1}		
B ₂	M_{B2}		
B ₃	M_{B3}		
B ₄	M_{B4}		
B ₅	M_{B5}		
L	M_L		
U	M_U		
X ₁	M_{X1}		(arrondir à la décimale la plus proche)
X ₂	M_{X2}		
X ₃	M_{X3}		
	$\Sigma M_{classes} =$	$\Sigma P =$	

Validation de la masse après essai : $100 \cdot \frac{M_1 - \sum M_{classes}}{M_1} (\%)$

L'UNI, INTANTO, SI DOVREBBE ESSERE ATTIVATA:

Ente Nazionale Italiano di Unificazione

Mappe | English version

La qualità del lavoro è la nostra norma.

Cerca Catalogo UNICoNTO Normazione UNIDNE Vai alla Sezione... Forum...

Home Chi siamo Mondo UNI Prodotti e servizi Formazione Grandi temi ComUNicare UNIVerso Norme e Leggi

ComUNicare

Archivio notizie

Come comunica UNI

Ricerca avanzata delle notizie

Archivio notizie

Tecnica di impiego delle terre nelle costruzioni stradali

La norma **UNI 10006:2002** "Costruzione e manutenzione delle strade - Tecniche di impiego delle terre" è stata ritirata nel 2004 e sostituita dalle tre norme:

- **UNI EN 13242:2004** "Aggregati per materiali non legati e legati con leganti idraulici per l'impiego in opere di ingegneria civile e nella costruzione di strade", che specifica le proprietà di aggregati ottenuti mediante processo naturale o industriale oppure riciclati per materiali non legati e legati con leganti idraulici, per impiego in opere di ingegneria civile e nella costruzione di strade,
- **UNI EN 150 14668-1:2003** "Indagini e prove geotecniche - Identificazione e classificazione dei terreni - Identificazione e descrizione", che stabilisce i principi base per l'identificazione e la classificazione dei terreni sulla base di materiali e masse caratteristici più comunemente utilizzati, e
- **UNI EN 13285:2004** "Miscela non legate - Specifiche", che specifica i requisiti per miscele non legate impiegate per la costruzione e la manutenzione di strade, aeroporti e altre aree soggette a traffico.

Le nuove norme non trattano però alcuni argomenti legati alle tecniche di impiego, ad esempio cause e rimedi per le instabilità del corpo stradale, le opere di difesa dalle acque, la preparazione del sottofondo, la costruzione delle trincee.

La commissione UNI "Costruzioni stradali e opere civili delle infrastrutture" sta valutando la possibilità di elaborare una norma nazionale italiana per recuperare, aggiornandoli, gli argomenti della UNI 10006 non trattati nelle nuove norme.

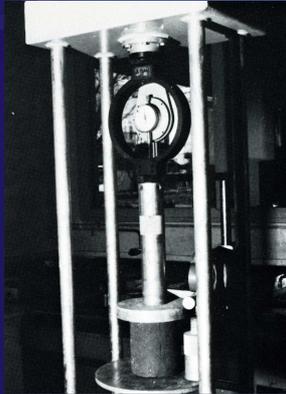
Chi fosse interessato a partecipare ai lavori di elaborazione, può contattare il segretario della commissione UNI, Anna Caterina Rossi all'indirizzo e-mail costruzioni@uni.com.

Per informazioni tecniche:

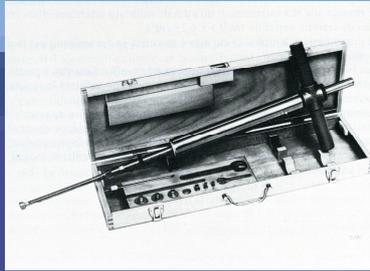
UNI, Anna Caterina Rossi
Divisione Costruzioni
e-mail: costruzioni@uni.com

30/10/2006

I Controlli di ieri:



Compressione statica



Ago Proctor



Penetrometro CETEGREF

I Controlli di oggi: non sono molto diversi!

In SITO



PLT



Densità

In LABORATORIO



Proctor



CBR



Los Angeles

Occorre un rinnovamento delle metodologie di prova:

- Più rapide
- Più precise ed affidabili
- Che consentano di caratterizzare il lavoro in tutto il volume
- Che ne controllino l'omogeneità
- Che forniscano parametri e grandezze direttamente impiegabili nella progettazione delle pavimentazioni e correlati alle prestazioni di quest'ultime.

Le tecnologie odierne consentono di realizzare strumentazioni ad alte prestazioni: determinazioni più rapide e precise.

Dynamic Cone Penetrometer (DCP):

Misura il livello e l'uniformità verticale dell'addensamento. Valuta il numero di colpi necessari per affondare la punta. Consente anche una misura indiretta dello spessore di strato (Chen 2001). I risultati sono correlabili con i valori di CBR del materiale.

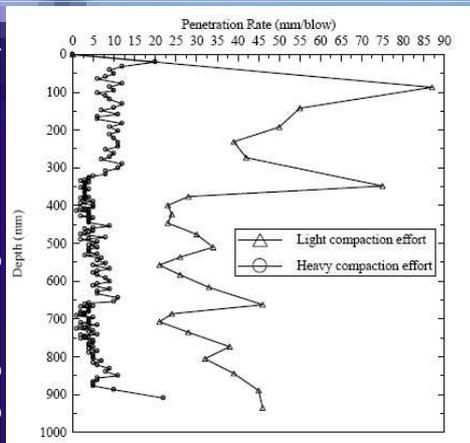
Consiste in un maglio da 8 kg che cade da 57.5 cm su una punta conica del diametro di 2 cm e angolo 60°. L'energia di infissione è di circa 45 J.

Fu ideato nel 1975 da Kleyn in Sud Africa e da allora ha preso piede nel Regno Unito, in USA, in Australia e in Nuova Zelanda. Si usa anche in Italia.

Costo: 1000 € circa



Dynamic Cone Penetrometer (DCP):



Si registra il numero di colpi necessari per infiggere la punta di una certa quantità, in genere 10 cm. Si stabilisce il Rapporto di Penetrazione (RP) indicativo della pendenza della curva di infissione.

Pro:

Semplice, rapido e robusto

Caratterizza lo strato in tutto il suo spessore

Si correla facilmente ad altri parametri meccanici: CBR, Modulo elastico, etc.

Vertek SMR Probe:



Misura l'umidità del terreno in sito sulla base della costante dielettrica. Due elettrodi ad anello misurano l'umidità nell'intorno del dispositivo calcolando la variazione di frequenza del terreno rispetto al segnale di eccitazione.

Costo: 7500 € circa

Pro:

L'infissione avviene tramite DCP

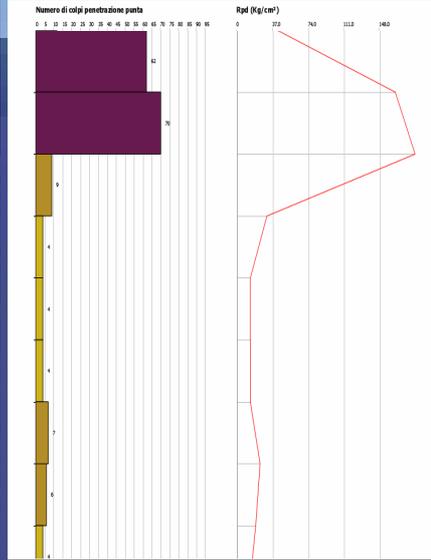
Rapido e semplice

Robusto

Contro:

Non è stimata la durabilità dei sensori

DPL 30: esiste anche su carrello



Massa 30 kg. Caduta 20 cm. Energia 60 J circa. Costo: 3000 € circa

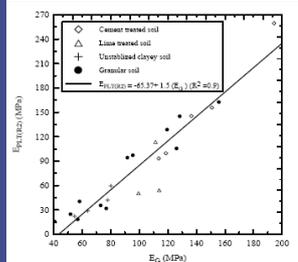
Soil Stiffness Gauge o GeoGauge:



Misura la rigidità dello strato addensato. Un anello metallico eccita il terreno con una forza dinamica alla frequenza di circa 100 Hz. Due sensori di velocità misurano lo spostamento locale del terreno e ne restituiscono la rigidità.

Pesa circa 10 kg ed è facilmente trasportabile. Nelle versioni più recenti è dotato di un misuratore di umidità e di GPS

La rigidità calcolata può essere impiegata per il calcolo del Modulo elastico dei terreni e di altri parametri correlati. Esempio di correlazione con PLT



Light Falling Weight Deflectometer (LFD) o Piastra Dinamica:



Misura il Modulo di Deformazione dinamico E_{vd} (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.

Costo: 8000 € circa

Pro:

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

Prova di punzonamento dinamico (in sito):



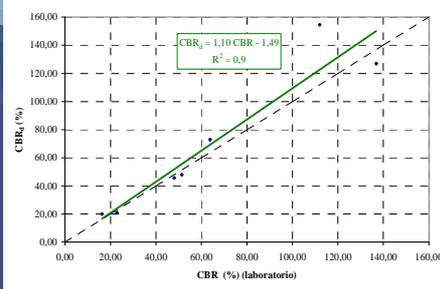
Misura un Indice di Punzonamento simile al CBR, ma ottenuto dinamicamente.

Occorre 1 minuto a prova ed è sufficiente installare il punzone (D= 5cm) sotto al sensore di spostamento.

Il dato è direttamente correlabile con gli altri parametri di portanza, tra cui l'E_{vd} e il valore di CBR statico di laboratorio.

La prova è molto sensibile alla densità

Prova di punzonamento dinamico (in laboratorio):



Si può realizzare anche entro fustelle CBR e la correlazione con la prova CBR statica in laboratorio è eccellente.

Briaud Compaction Device (BCD):

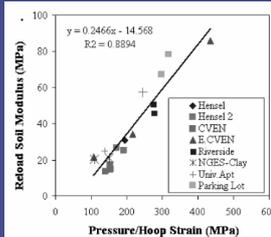


Misura il Modulo di Ricarico di un terreno. L'idea è di sfruttare la flessione di una piastra 2x150 mm sul suolo. Spingendo a terra il sensore si inflette la piastra in misura maggiore o minore a seconda della rigidità del piano. L'operatore deve appoggiarsi al manubrio e generare una forza di almeno 223 N (circa 20 kg).

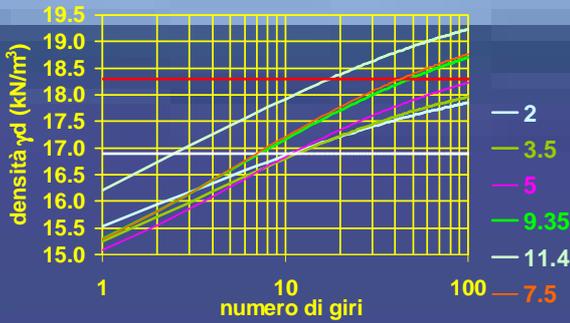
La determinazione richiede circa 5 secondi.

Si può anche realizzare in laboratorio su provini Proctor e misurare il Modulo in fustella correlandolo all'umidità. Il valore può essere confrontato con quello in sito.

Si correla con i valori di Piastra Statica.



Pressa Giratoria (studio dell'addensamento in laboratorio):



Costo: 40.000 €

Una recente sperimentazione ha dimostrato che si può utilizzare con successo per i non legati. Si valuta l'addensamento in funzione del numero di giri e dell'umidità.

Può affiancarsi alla Proctor e studiare per i C&D gli effetti della compattazione sulla granulometria.

Portancémètre (LCPC - CETE): Costo: 120.000 €

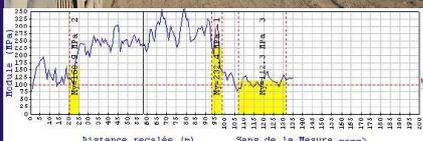


La profondità investigata è prossima ai 60 cm.

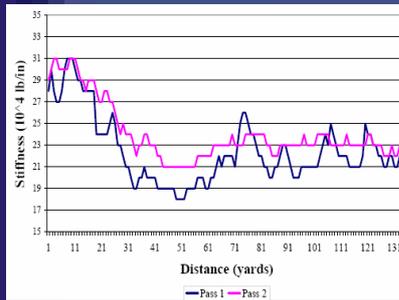
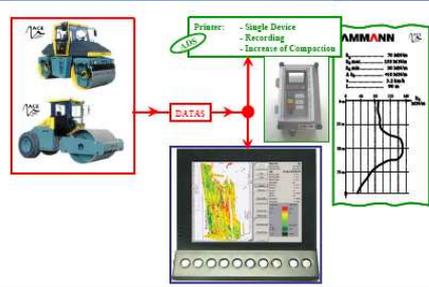
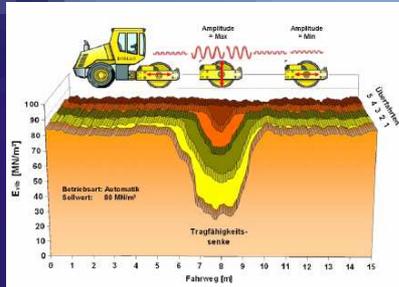
Misura il Modulo di Deformazione del piano indagato. Una ruota vibrante in movimento sollecita il terreno. Un algoritmo di calcolo stabilisce le tensioni applicate al suolo e ne misura le deflessioni. Il range va dai 30 ai 300 MPa.



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

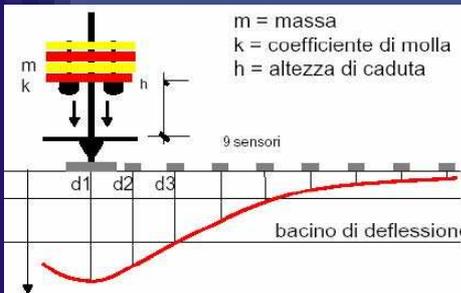


Compattometri su rullo: vari costruttori



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.

Falling Weight Deflectometer (FWD): ad alto rendimento



Determina i Moduli resilienti degli strati componenti la sovrastruttura ed 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 punti in linea. Tramite un processo di back-calculation con softwares *ad hoc* si calcolano i moduli e gli spessori degli strati, oltre al bacino di deflessione.

Costo: 100.000 €

Indagine sperimentale sui C&D con FWD e SGC:

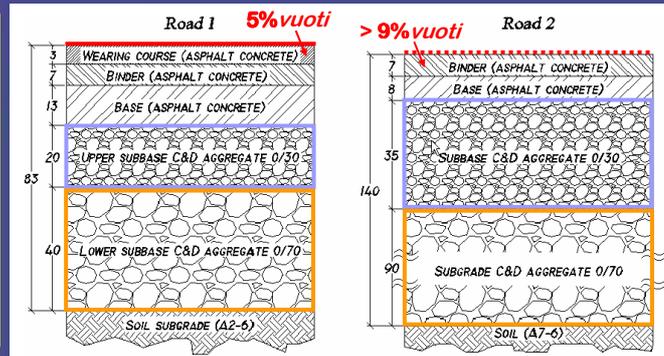
“C&D waste for road construction: long time performance of road constructed using recycled aggregate for unbound pavement layers”

F. Lancieri, A. Marradi & S. Mannucci

Università di Pisa

Waste Management 2006, Malta

TGM 5000 veicoli/giorno
6% veicoli pesanti



TGM modesto
solo veicoli leggeri

Due pavimentazioni realizzate nel 1998 con materiali C&D per gli strati di fondazione e sottofondazione

Composizione e caratterizzazione dei C&D:

Components (Weight %)	Concrete and Gravel	Brick and ceramic	Mortar	Glass	Asphalt	Clay lumps	
Road 1	C&D 0/30	55.5	24.8	17.5	0.2	2.0	0.0
	C&D 0/70	54.7	25.6	4.7	0.4	14.6	0.0
Road 2	C&D 0/30	56.1	29.0	10.8	0.4	3.7	0.0
	C&D 0/70	52.0	23.4	3.2	0.4	12.3	8.7

Experimental site	Road 1		Road 2	
	C&D 0/30	C&D 0/70	C&D 0/30	C&D 0/70
Material				
% Passing 2.5" ASTM sieve (63.5 mm)	100	100	100	100
% Passing 1.0" ASTM sieve (25.4 mm)	100	80	95	90
% Passing 10 ASTM sieve (2.00 mm)	39	22	46	62
% Passing 40 ASTM sieve (0.42 mm)	26	15	32	41
% Passing 200 ASTM sieve (0.075 mm)	13	8	11	19
Liquid limit w_L (%)	n.p.	n.p.	n.p.	30
Plastic limit w_P (%)	n.p.	n.p.	n.p.	21
Plasticity index PI (%)	n.p.	n.p.	n.p.	9
Los Angeles abrasion coefficient LA (%) ⁽¹⁾	41	43	39	42
AASHTO Maximum dry density γ_{dmax} (Mg/m ³)	1.88	1.95	1.92	1.86
AASHTO optimum moisture content w_{opt} (%)	11.0	8.5	10.8	9.7
CBR Index (%)	105	105	115	71
CBR Index (soaked 4 day) (%)	104	98	73	35
CBR Index (soaked 8 day) (%)	81	78	-	-
CBR Index (soaked 16 day) (%)	113	85	-	-
Swelling of CBR samples (%)	<0.1	<0.1	0.2	0.7

⁽¹⁾ ASTM C 131 - grading A for C&D 0/70 and grading B for C&D 0/30

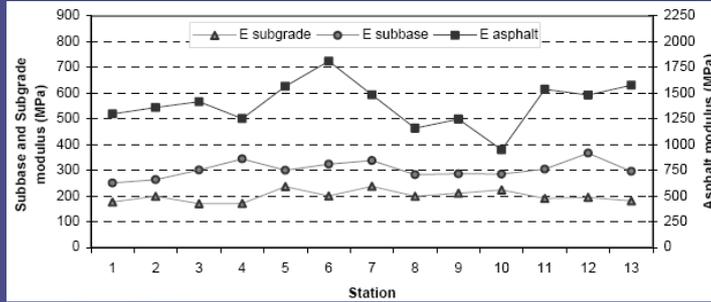
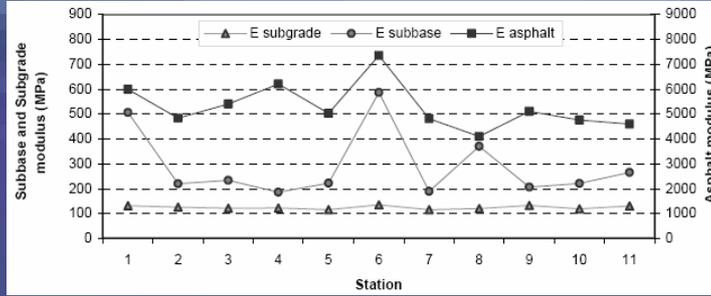
ROAD 1

ROAD 2

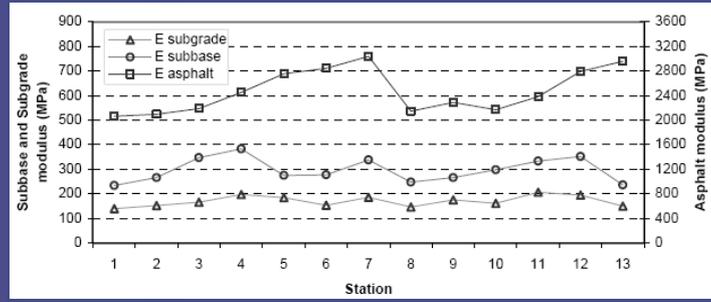
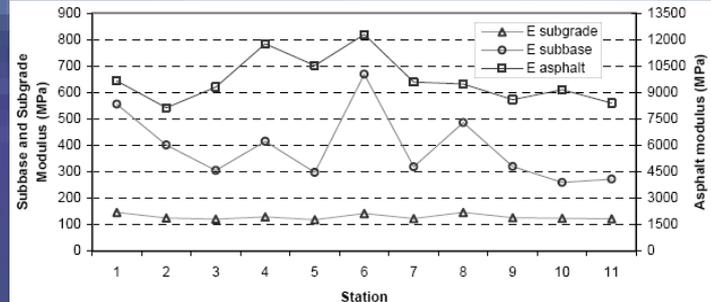
ROAD 1

ROAD 2

Prove FWD dopo 3 anni di esercizio (2001): ELMOD5

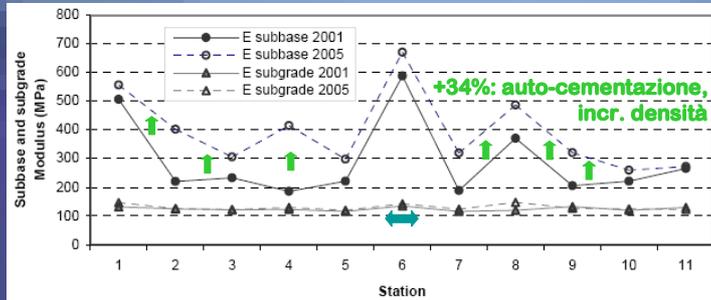


Prove FWD dopo 8 anni di esercizio (2005): ELMOD5



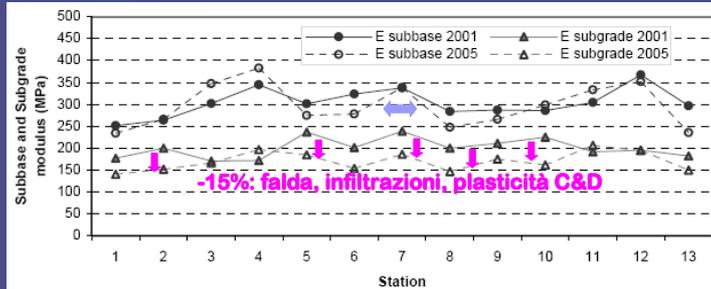
Moduli dedotti da prove FWD a confronto 2001-2005:

ROAD 1



$\gamma_{ds} / \gamma_{dmax} \%$
101.3 → 102.2

ROAD 2



Studio dell'addensamento da TGM_{VP} con SGC:

Confronto tra C&D e materiale calcareo con ugual curva

COSTRUZIONE

TRAFFICO

	Phase 1		Phase 2	
Angle of gyration (°)	1.25±0.02		1.25±0.02	
Speed of gyration (rev/min)	30		30	
Number of gyrations and ram pressure	90 gyrations - P = 600kPa 90 gyrations - P = 300kPa		90 gyrations - P = 600kPa 90 gyrations - P = 300kPa 400 gyrations - P = 200kPa	
Aggregates for subbase layers	C&D 0/30	Virgin	C&D 0/30	Virgin
High specimen (mm)	117.6	124.7	116.7	121.8
Dry density ratio $\gamma_{ds} / \gamma_{dmax} \%$	101.85	100.26	102.53	102.51
CBR Index (%) (Mean of 3 values)	128	172	188	198

Per il C&D impiegato, un incremento dello 0.7% nel rapporto di densità secca, porta ad un incremento del 60% nell'indice CBR: spiccata sensibilità all'addensamento.

Per il calcare l'Indice CBR cresce del 16%.

Gli autori concludono che:

- Per le due strade, gli strati in C&D hanno mostrato nel tempo prestazioni non inferiori a quelle dei materiali tradizionali
- Prove in sito e laboratorio hanno evidenziato per i C&D una stretta correlazione tra la capacità portante e l'addensamento
- È opportuno condurre uno studio preliminare di laboratorio che indichi il legame tra portanza e addensamento

Inoltre, da una sperimentazione di laboratorio su C&D da cls:

- Gli aggregati provenienti dalla frantumazione di cls possono essere convenientemente impiegati per la realizzazione di strati di base in misto cementato
- Vantaggi economici/ambientali: aggiunta di cemento (2%) inferiore ai valori usati per miscele di aggregati vergini (3-5%)
- La riduzione dell'auto-cementazione a seguito di un periodo di stoccaggio (3 sett), può ridurre le resistenze dal 30 al 50%.

“Esperienza sull'impiego di C&D trattati con legante cementizio per la richiusura di scavi a sezione obbligata per sottoservizi in ambito urbano”



Dott. Ing. Ettore Volta Beccadelli Grimaldi

LA PRESENZA DI NUMEROSI ENTI GESTORI DI SOTTOSERVIZI HA CREATO UN SUSSEGUirsi I SCAVI E RIPRISTINI IN STRADE URBANE CHE, PER COME REALIZZATI, HANNO GENERATO PERDITA DI REGOLARITÀ SUPERFICIALE CON RIPERCUSSIONI SUL FLUSSO VEICOLARE E SULL'INCIDENTALITÀ

SOLITAMENTE SI IMPIEGANO SOLUZIONI E PROVVEDIMENTI DIVERSI CONDIVISIBILI O MENO:

- ECCEDERE NELLA RICARICA SINO A CREARE UNA CONVESSITÀ SUPERFICIALE
- IMPIEGARE MATERIALI PIÙ PREGIATI ED INNOVATIVI
- DIFFERIRE NEL TEMPO LE OPERAZIONI DI RICHIUSURA
- ISTITUIRE PROCEDURE DI RICHIUSURA E RAPPEZZO CON NUOVE TECNOLOGIE
- AVERE UNA COSTANTE VIGILANZA DISPONENDO DI PERSONALE QUALIFICATO
- IMPORRE COPERTURE ECONOMICHE DI GARANZIA

PROBLEMATICHE CONNESSE ALLE LAVORAZIONI

- OPERARE NEL TRAFFICO
- INTERVENIRE IL PIÙ RAPIDAMENTE POSSIBILE
- ASSICURARE GLI INTERVENTI IN ORE E CONDIZIONI METEOROLOGICHE TALVOLTA NON APPROPRIATE
- MUOVERSI IN SPAZI RISTRETTI ED ANGUSTI
- UTILIZZARE MACCHINE PICCOLE ED A BASSO RENDIMENTO

ADDENSAMENTI INADEGUANTI



VARIAZIONI VOLUMETRICHE

PROGRAMMA DELLA RICERCA

- IMPIEGO DI MATERIALI NON PARTICOLARMENTE PREGIATI REPERIBILI CON FACILITÀ E NON CONVENZIONALI
- UTILIZZARE LEGANTE CEMENTIZIO

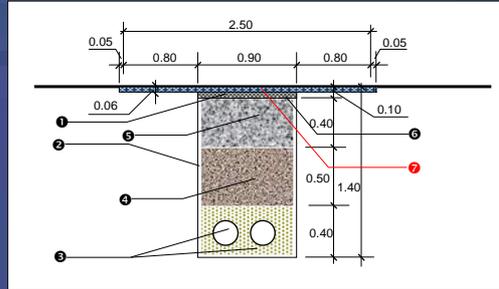
- RENDERE IL MATERIALE NON SUSCETTIBILE ALL'ACQUA
- GARANTIRE UN MINIMO DI RESISTENZE MECCANICHE
- NON PRODURRE UN MATERIALE ECCESSIVAMENTE RIGIDO
- ASSICURARE STABILITÀ VOLUMETRICA
- APPLICARE UNA TECNOLOGIA DI RICICLO "POVERA"

La UNI 10006/2002 definisce:

STRATI CEMENTATI

L'AGGREGATO PROVENIENTE DA COSTRUZIONI E DEMOLIZIONI PUÓ ESSERE UTILIZZATO PER STRATI DI BASE CEMENTATI DI STRADE E MARCIAPIEDI E PER **RIEMPIMENTI DI CAVI STRADALI**, PURCHÉ RISULTI CONFORME ALLE PRESCRIZIONI PREVISTE NELLA CNR n°139/1992, TENENDO CONTO CHE LA MASSA DEI MATERIALI DEPERIBILI, **GRAVATA DI UN FATTORE AMPLIFICATIVO 5**, DEVE ESSERE ASSEGNATA ALLA CATEGORIA DELLE **ROCCE DEGRADABILI**.

ESEMPIO DI INTERVENTO PER POSA DI SOTTOSERVIZI IN AMBITO URBANO:



SUCCESIONE DELLE FASI DI LAVORAZIONE

- - FRESATURA MECCANICA PER UNA LARGHEZZA DI mt 0.90 E PROFONDITA' DI 10 cm.
- - SCAVO A SEZIONE OBBLIGATA DI LARGHEZZA 0.90 mt E PROFONDITA' 1.40 mt.
- - POSA DI TUBI IN STRATO DI SABBIA DI ALLETTAMENTO DELLO SPESSORE MINIMO DI 40 cm.
- - RIEMPIMENTO CON MISTO LITICO SABBIOSO TRATTATO A CEMENTO s = 0.50 mt.
- - RIEMPIMENTO CON MISTO LITICO TRATTATO A CEMENTO s = mt.
- - PAVIMENTAZIONE IN C.B. TIPO BINDER 0/18 CHIUSO s = 10 cm. - APERTURA AL TRAFFICO
- - DOPO 1 ANNO – FRESATURA MECCANICA PER UNA LARGHEZZA DI 2.60 mt. E PROFONDITA' DI 6 cm. E SUCCESSIVO TAPPETO D'USURA 0/9-0/12.

MATERIALI SPERIMENTATI

- **C&D** MISTO LITICO CON FRANTUMATI CALCAREI E CLS. => ROCCIA BASICA
- **C&D** MISTO LIT. DI SFRIDO DI PORFIDO E SABBIA CALCAREA => ROCCIA ACIDA
- **LEGANTE** CEMENTO AL II 32,5R

<i>DOSAGGI LEGANTE</i>	50 kg/m ³	=> 2.25%
	75 kg/m ³	=> 3.40%
	100 kg/m ³	=> 4.55%

PROVA PROCTOR AASHO mod. SUI MISTI GRANULOMETRICI

- MISTO CALCAREO γ_s 22.49 kN/m³ wopt = 7.16%
- MISTO PORFIRICO γ_s 22.12 kN/m³ wopt = 7.24%

SEZIONE DELLA TRINCEA 0.80x1.00(h) m ESEGUITI n° 8 TRATTI SPERIMENTALI

SERIE	MATERIALE
01	MLC + 50 C
02	MLC + 75 C
03	MLC + 100 C
04	MLP + 50 C
05	MLP + 75 C
06	MLP + 100 C
07	MLC
08	MLP

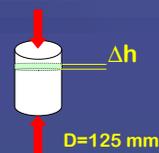
MLC - MISTO LITICO CALCAREO

MLP - MISTO LITICO PORFIRICO

tot C - DOSAGGIO DEL CEMENTO IN kg/m³

CONTROLLI POST OPERA A 28 gg. DI MATURAZIONE:

PROVE E.L.L. => campioni cilindrici l/h=2



PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE LEGGERE => ENRG 50 J

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE PESANTI => ENRG 550 J

PREPARAZIONE DELLE CAMPIONATURE:



ESEMPI DI CAMPIONI ESTRATTI:

MISTO LITICO CALCAREO+C 50 kg/m³



MISTO LITICO CALCAREO+C 100 kg/m³



MISTO LITICO PORFIRICO+C 50 kg/m³



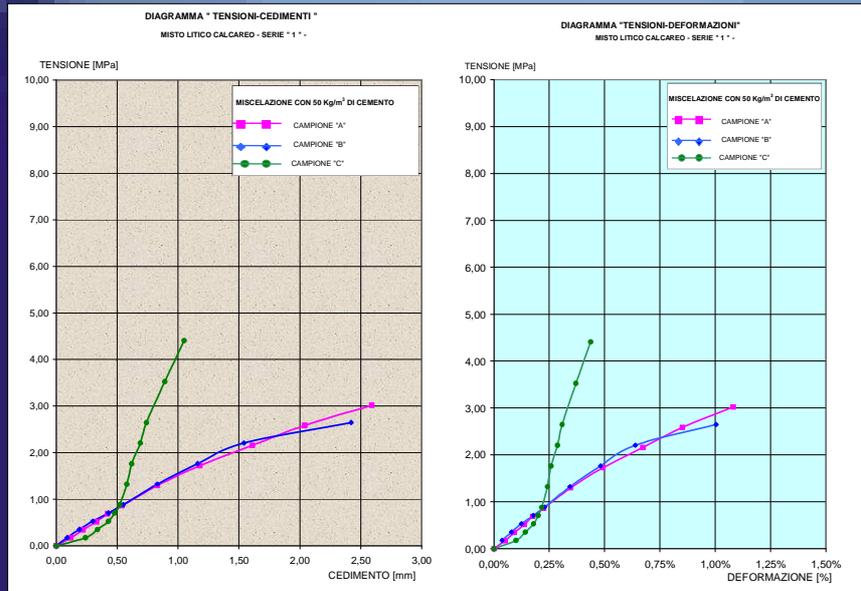
M.L. PORFIRICO+C 75 kg/m³



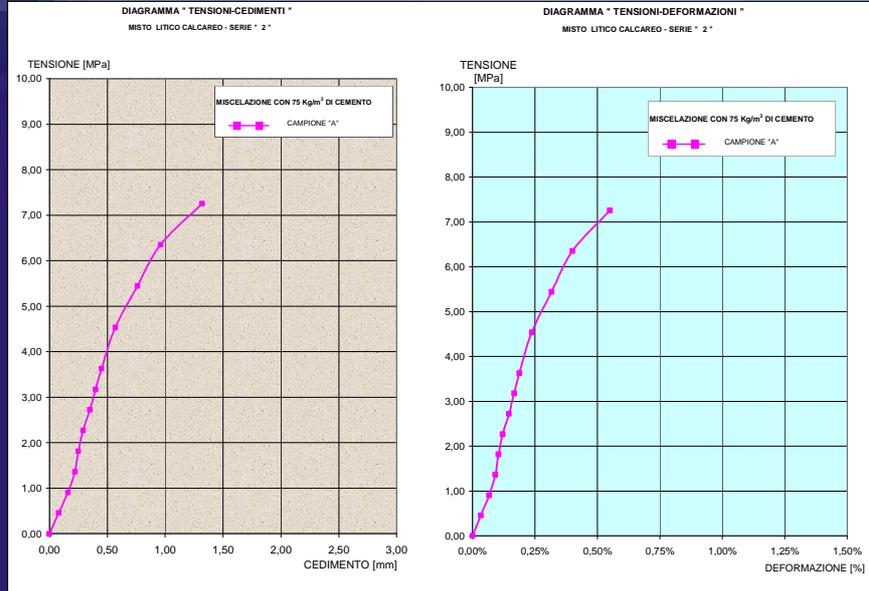


**PROVINI CILINDRICI
SOTTOPOSTI A PROVA
DI COMPRESIONE
NON CONFINATA:**

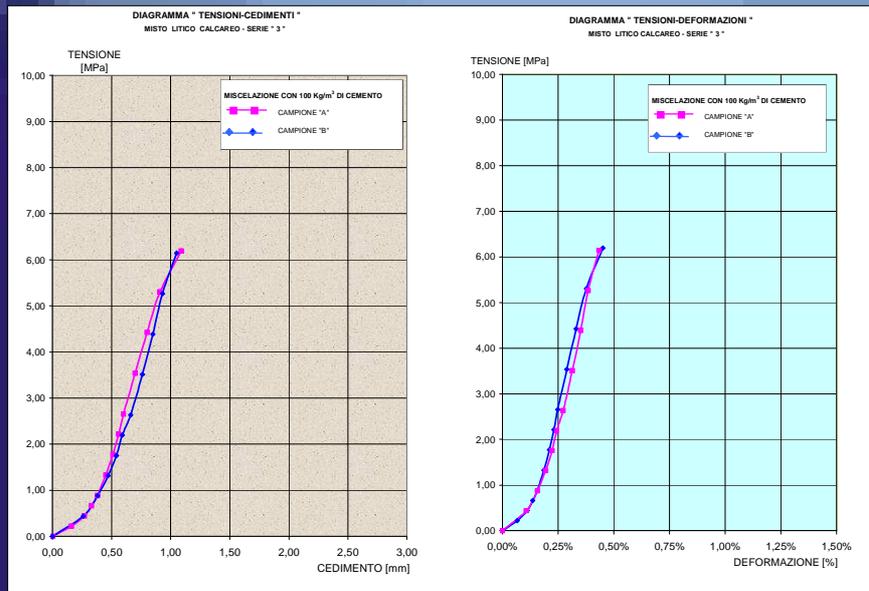
MLC - MISTO LITICO CALCAREO
DOSAGGIO DI CEMENTO 50 kg/m³ – SERIE 01



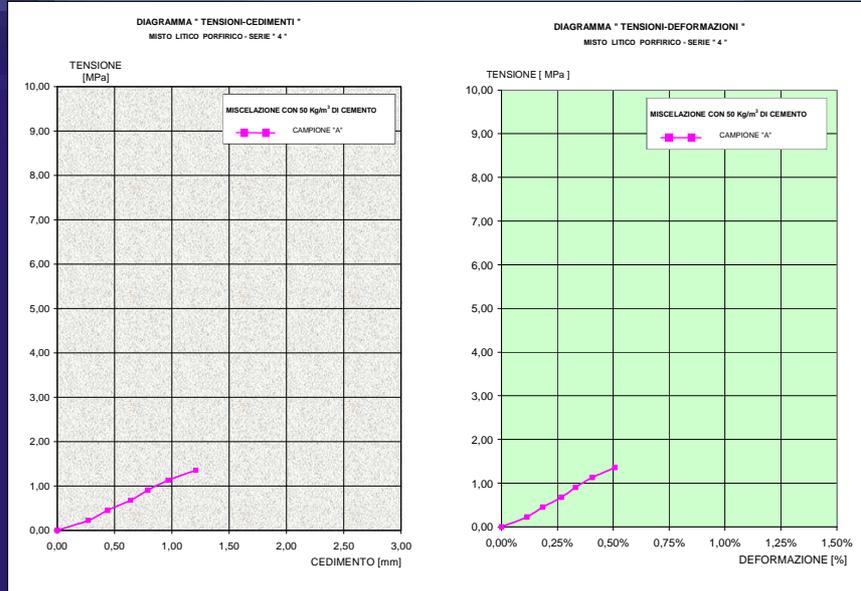
MLC - MISTO LITICO CALCAREO DOSAGGIO DI CEMENTO 75 kg/m³ – SERIE 02



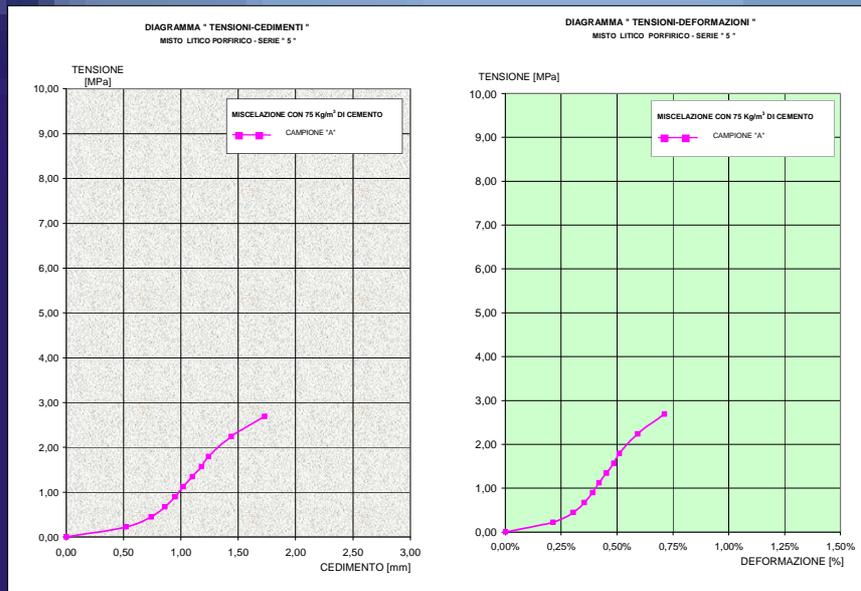
MLC - MISTO LITICO CALCAREO DOSAGGIO DI CEMENTO 100 kg/m³ – SERIE 03



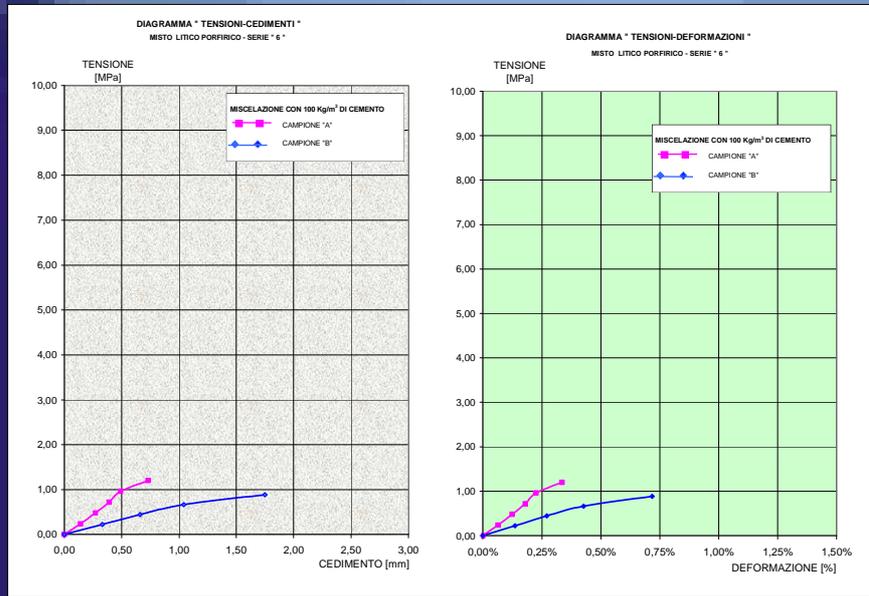
MLP - MISTO LITICO PORFIRICO DOSAGGIO DI CEMENTO 50 kg/m³ – SERIE 04



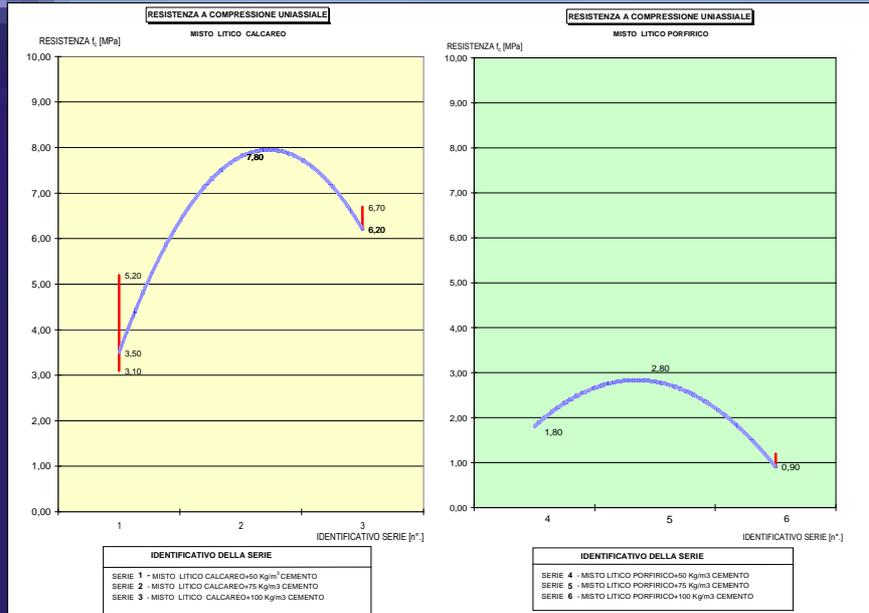
MLP - MISTO LITICO PORFIRICO DOSAGGIO DI CEMENTO 75 kg/m³ – SERIE 05



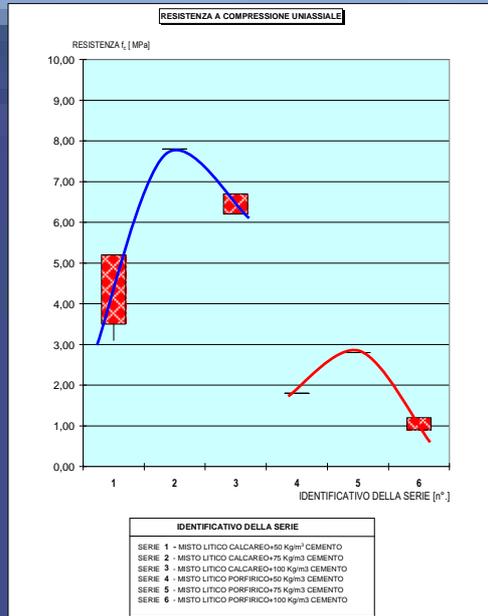
MLP - MISTO LITICO PORFIRICO DOSAGGIO DI CEMENTO 100 kg/m³ – SERIE 06



CONFRONTO: MLC - MLP RESISTENZA A COMPRESIONE NON CONFINATA



CONFRONTO: MLC - MLP RESISTENZA A COMPRESIONE NON CONFINATA



INDAGINE IN SITU MEDIANTE PROSPEZIONI DINAMICHE:

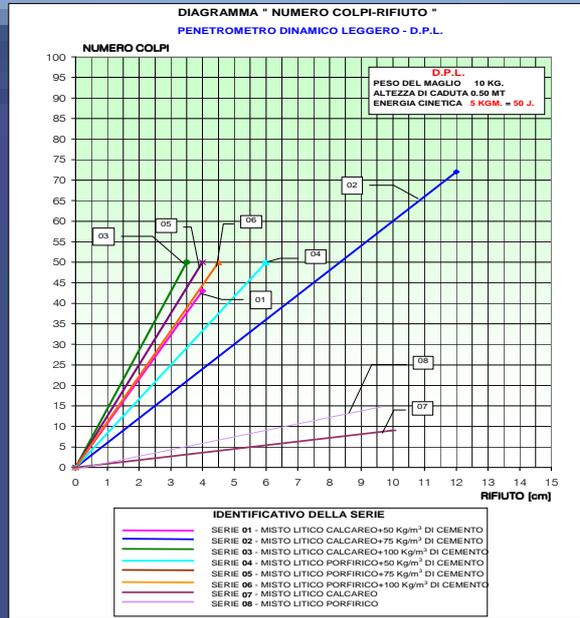


PROSPEZIONE DINAMICA - DPL

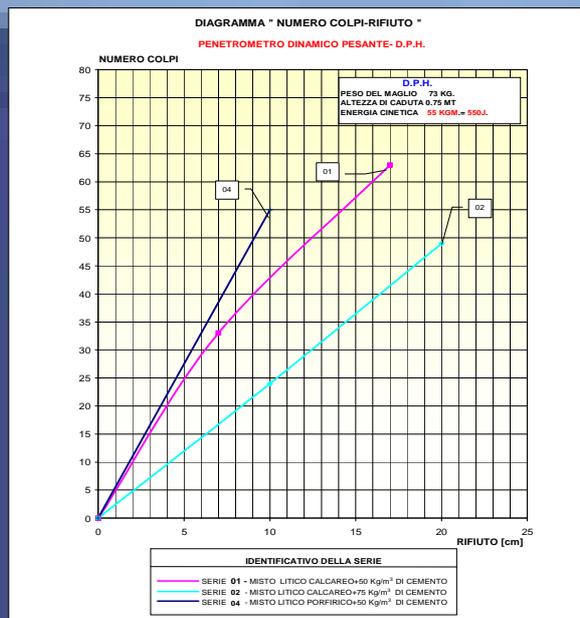


PROSPEZIONE DINAMICA - DPH

CONFRONTO: MLC - MLP RESISTENZA DINAMICA ALLA PUNTA



CONFRONTO: MLC - MLP RESISTENZA DINAMICA ALLA PUNTA



Grazie per l'attenzione!



*Facoltà di Ingegneria di Bologna
DISTART - Strade*

*e-mail: cesare.sangiorgi@mail.ing.unibo.it
ettore.volta@mail.ing.unibo.it*