



ANAS S.p.A.

DIREZIONE REGIONALE PER LA SICILIA

PA17/08

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 - Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121

Bolognetta S.c.p.a.

Contraente Generale:
Ing. Pierfrancesco Paglini

Il Responsabile Ambientale:
Ing. Claudio Lamberti

- PERIZIA DI VARIANTE N.1 -

Bolognetta S.c.p.a.

Titolo elaborato:

PROGETTO DELL'INFRASTRUTTURA VIABILITA' PRINCIPALE E SVINCOLI Proposta tecnico migliorativa della sovrastruttura stradale Relazione tecnica

Codice Unico Progetto (CUP): F41B03000230001

Codice elaborato:	OPERA	ARGOMENTO	DOC. E PROG.	FASE	REVISIONE
PA17/08	PV	VP	RT03	5	1

CARTELLA:	FILE NAME:	NOTE:	PROT.	SCALA:
6 1	PV_VP_RT03_51_4137	1=1	4 1 3 7	-
5				
4				
3				
2				
1	REVISIONE A SEGUITO ISTRUTTORIA ANAS		Febbraio 2016	Bocci - Tattolo S. Fortino D. Tironi
0	EMISSIONE PERIZIA DI VARIANTE		Settembre 2015	Bocci - Tattolo S. Fortino D. Tironi
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO APPROVATO

A.T.I. Progettisti: Capogruppo:

Mandante:

POLITECNICA

INGEGNERIA E ARCHITETTURA

Viale Amendola, 6 - 50121 Firenze
tel 055/2001660 fax 055/2344856
e-mail polifl@politecnica.it

ACS ingegneri

Via Catani, 28/c - 59100 Prato
tel 0574.527864 fax 0574.568066
E-mail acs@acsingegneri.it

Il consulente del C.G.

Prof. Ing. Maurizio Bocci

Il Progettista Responsabile
Ing. Marcello Mancone



Il Geologo
dott. Pietro Accolti Gil



Il Coordinatore per la Sicurezza
in fase di esecuzione:
Ing. Francesco Cocciantè

Il Coordinatore per la sicurezza
in fase di Esecuzione
Ing. Francesco Cocciantè

Il Direttore dei Lavori:
Ing. Sandro Favero

Il Direttore dei Lavori
Ing. Sandro Favero

ANAS S.p.A.

DATA: _____ PROTOCOLLO: _____

VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

CODICE PROGETTO **L O 4 1 0 C E 1 1 0 1**

Dott. Ing. Ettore de Cesbron de la Grennelais

Lavori di ammodernamento del tratto Palermo – Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km 0,0 del lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km 33,6 del lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS 189 ed SS 121

VIABILITA' PRINCIPALE E RAMPE DI SVINCOLO

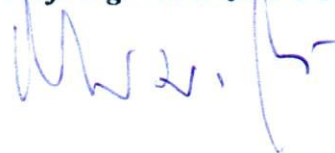
CALCOLO DELLA SOVRASTRUTTURA STRADALE

*confronto prestazionale tra la soluzione di progetto esecutivo
e la proposta di variante migliorativa*

Revisione 02

Cingoli, 4 aprile 2016

Prof. Ing. Maurizio BOCCI



Indice

1. Introduzione	3
2. Il progetto delle sovrastrutture stradali flessibili	5
3. Il dimensionamento sovrastrutturale con metodo razionale	6
4. Verifica dei materiali legati	8
4.1 Legge di fatica per i materiali legati a bitume	8
4.2 Leggi di fatica per le miscele legate a cemento	8
5. Verifica dei materiali non legati	11
6. La pavimentazione di progetto esecutivo	12
7. La pavimentazione di variante migliorativa	13
8. Parametri di calcolo assunti	14
9. Dati di traffico	19
10. Analisi dei risultati	20
11. Confezione del misto cementato	21
11.1 Misto cementato confezionato in sito con riutilizzo di fresato	21
11.2 Misto cementato confezionato in sito con riutilizzo di fresato	22
12. Fasi operative e campo prova	24
13. Conclusioni	26
14. Bibliografia	29
Appendice – Output di calcolo del programma BISAR	30

1. Introduzione

Nell'ambito dei "lavori di ammodernamento del tratto Palermo – Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km 0,0 del lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km 33,6 del lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS 189 ed SS 121" il progetto esecutivo prevede tre tipologie di pavimentazione, diversificate fra viabilità secondaria, viabilità principale e rampe di svincolo.

La sovrastruttura di progetto per la viabilità principale è costituita da 35 cm di fondazione in misto granulare stabilizzato, 17 cm di base e 6 cm di binder in conglomerato bituminoso con bitume normale e 4 cm di usura di tipo SMA. Per le rampe di svincolo, fermi restando gli strati di conglomerato bituminoso, lo strato di fondazione in misto granulare è ridotto a 20 cm.

In corso d'opera si è constatato che, rispetto a quanto ipotizzato dal progetto esecutivo, il volume di traffico sulla viabilità principale, in particolare quello dei mezzi pesanti, è notevolmente superiore: in effetti nei giorni 15, 16 e 20 luglio 2015, tecnici del Contraente Generale Bolognetta hanno eseguito il rilievo del traffico sulla SS 121, in corrispondenza del km 228+050 (Villafrati), che è risultato essere di circa 1200 veicoli pesanti complessivi per le due direzioni di marcia, tra le ore 7,00 e le 19,00, quindi ben superiore rispetto al traffico medio bidirezionale di 210 veicoli/giorno assunti per le verifiche analitiche della sovrastruttura di progetto esecutivo dell'asse principale e desunto dall'elaborato POO_EG00_GEN_RE03 (Relazione Trasportistica) del Progetto Preliminare posto a base di gara.

In data 27.08.2015 ANAS ha trasmesso i dati di traffico ufficiali aggiornati al secondo semestre 2015, che confermano un sensibile incremento rispetto ai parametri di Progetto Preliminare, in quanto sono registrati passaggi pari a 996 veicoli pesanti al giorno, per flusso bidirezionale, nella stazione di misura ubicata a Villafrati (PA).

In corso d'opera si è altresì constatata una forte criticità in ordine alle discariche disponibili per il conferimento dei materiali di risulta della demolizione delle pavimentazioni stradali in conglomerato bituminoso esistenti. Pertanto, anche e soprattutto al fine di perseguire principi di sostenibilità ambientale nel rispetto della minimizzazione dell'impegno di risorse materiali non rinnovabili e di massimo riutilizzo delle risorse naturali impegnate dall'intervento (come prescritto al capo 1 dell'art. 15 del D.P.R. n. 207/2010), è stata studiata una pavimentazione, da adottare sia per la viabilità principale che per le rampe di svincolo, che prevede di riutilizzare il più possibile il conglomerato bituminoso residuo della demolizione della vecchia pavimentazione.

La nuova pavimentazione, migliorativa rispetto a quella di progetto esecutivo in termini qualitativi e prestazionali come sopra argomentato e di seguito dimostrato, prevede in particolare la sostituzione della base a caldo con una base a freddo costituita conglomerato bituminoso di recupero, cemento ed emulsione modificata. L'adozione di una base a freddo comporta evidenti vantaggi di natura ambientale in virtù della riduzione del prelievo da

cave di prestito e del conferimento in discarica del fresato, della minore necessità di trasporto dei materiali e dell'abbattimento del consumo di combustibile per il riscaldamento degli aggregati e delle conseguenti emissioni nocive in atmosfera.

Ulteriori quantità di conglomerato bituminoso di recupero saranno impiegate nello strato di fondazione dove il misto granulare sarà sostituito da un misto cementato contenete circa il 40% di fresato.

Come anzidetto, la pavimentazione di variante, oltre ai vantaggi di natura ambientale, consente anche un miglioramento delle prestazioni, grazie soprattutto all'introduzione del misto cementato nello strato di fondazione.

Al fine di valutare l'incremento di vita utile della pavimentazione di variante rispetto a quella prevista dal progetto esecutivo per la viabilità principale, è stato condotto il calcolo della pavimentazione con metodo razionale.

Non avendo disponibile il codice di calcolo KEMPAVE utilizzato nel Progetto Esecutivo è stato impiegato il software BISAR, sviluppato dalla Shell Research e ampiamente diffuso ed applicato anche in Italia. Tale software, come il KEMPAVE, permette di calcolare le tensioni, le deformazioni e gli spostamenti in ogni punto di un sistema a multistrato elastico sottoposto a uno o più carichi uniformemente distribuiti su di un'impronta circolare. A loro volta, le tensioni e le deformazioni costituiscono i parametri di ingresso delle leggi di fatica (leggi di decadimento) relative a ciascun materiale. Tali leggi di fatica permettono di stabilire il numero di ripetizioni di carico ammissibili secondo un meccanismo di rottura che non arriva al collasso istantaneo, ma per progressiva riduzione del livello di servizio fino a valori non più tollerabili.

Poiché il dimensionamento della sovrastruttura nel progetto esecutivo è stato eseguito con metodi diversi (metodo empirico AASHO Guide e metodo razionale con codice di calcolo KEMPAVE), da quello qui utilizzato (BISAR), al fine di poter confrontare risultati ottenuti con la medesima procedura, è stato eseguito anche il calcolo della pavimentazione di progetto della viabilità principale.

Il confronto è stato eseguito, in termini di cicli di carico di asse standard da 80 kN su ruote gemellate che portano al collasso della sovrastruttura, tra le pavimentazioni di progetto e di variante migliorativa della viabilità principale.

Per le rampe di svincolo non si è proceduto al confronto essendo scontato un incremento di vita utile superiore a quello risultante per la viabilità principale, in virtù dell'aumento di spessore dello strato di fondazione (da 20 cm a 35 cm), aggiuntivo alle altre migliorie proposte.

2. Il progetto delle sovrastrutture stradali flessibili

Le pavimentazioni stradali svolgono la funzione di ripartire sul terreno i carichi trasmessi dai veicoli, in particolare da quelli pesanti.

In linea di principio il metodo di progetto di una pavimentazione stradale non differisce sostanzialmente da quello di una qualsiasi altra struttura dell'ingegneria civile: note le caratteristiche meccaniche dei materiali da impiegare ed i carichi trasmessi dai veicoli, la sovrastruttura deve garantire un certo livello di integrità entro la così detta vita utile.

In pratica però la grande variabilità dei materiali che possono essere impiegati, la difficoltà di definire compiutamente il danno subito e i livelli di carico, rendono il problema estremamente complesso.

Due sono i punti fondamentali che distinguono il progetto di una pavimentazione stradale da quello di una qualsiasi altra struttura civile:

1. la difficoltà di individuare la natura e le caratteristiche intrinseche dei materiali impiegati, estremamente variabili con le condizioni climatiche e con la modalità di applicazione dei carichi;
2. il trascurare gli effetti prodotti dal peso proprio, in quanto la loro incidenza sullo stato tenso-deformativo è minimo rispetto a quella dei carichi accidentali (veicoli) e delle condizioni ambientali (temperatura ed umidità);

Le moderne tecniche numeriche, basate sull'applicazione della teoria degli elementi finiti o del multistrato elastico, consentono di ricostruire al calcolatore un modello teorico della pavimentazione, costituita dalla sovrapposizione di differenti strati di conglomerato bituminoso, approssimando in modo più fedele possibile il suo comportamento reale. Tale algoritmo rientra tra i "metodi razionali" per il calcolo delle pavimentazioni flessibili che negli ultimi anni hanno sostituito i "metodi empirici" basati invece sull'osservazione diretta di tronchi stradali sperimentali.

I metodi fondati su una valutazione "razionale", cioè "per via di calcolo", si basano sullo studio del comportamento tenso-deformativo dei vari strati della pavimentazione attraverso cui si procede:

1. alla verifica del danno da fatica accumulato nei vari strati durante la vita utile della pavimentazione (legge di Miner);
2. alla verifica della profondità delle ormaie prodotte al termine della vita utile, le quali non devono superare il limite di tollerabilità per la funzionalità e la sicurezza del piano viabile.

Questo consente di associare ad ogni pavimentazione stradale, sottoposta ad un certo traffico, una *vita utile*, cioè di quel periodo di tempo, o di cicli di carico, al di là del quale la degradazione da essa subita ne rende necessario il rifacimento.

Si evidenzia che la vita utile della pavimentazione non esclude la necessità di interventi manutentivi non strutturali relativi al ripristino delle condizioni superficiali di regolarità ed aderenza.

3. Il dimensionamento sovrastrutturale con metodo razionale

Il processo progettuale per il dimensionamento strutturale di una pavimentazione stradale si basa principalmente su cinque passaggi:

- la definizione preliminare degli spessori di ogni singolo strato;
- la scelta dei materiali da impiegare;
- la conoscenza dei dati di traffico e delle condizioni climatiche di esercizio;
- il calcolo delle tensioni indotte dall'applicazione dei carichi;
- l'applicazione degli appropriati criteri di verifica.

In particolare la durata di una pavimentazione viene correlata al numero massimo di passaggi dell'asse standard che è in grado di sopportare prima di raggiungere il collasso strutturale.

Nota pertanto la classe di traffico assunta come riferimento, si determinerà il relativo stato tenso-defomativo indotto risolvendo la sovrastruttura tramite modelli di calcolo. Il massimo valore della deformazione orizzontale di trazione alla base degli strati legati sarà quindi utilizzato come dato di input per determinare, dalle curve di fatica, il numero massimo di cicli sopportabili dalla pavimentazione.

Sperimentalmente è stato dimostrato che tale operazione risulta cautelativa in quanto le curve di fatica determinate in laboratorio, o gli eventuali fattori di traslazione laboratorio-sito, sottovalutano il fenomeno del recupero (autoriparazione).

Tenuto conto che le proprietà meccaniche dei conglomerati bituminosi si modificano sensibilmente al variare della temperatura, tale operazione deve essere ripetuta per ciascun periodo dell'anno (stagione, mese, ecc.) a cui si associa una stessa temperatura media dell'aria.

In particolare, sulla base delle temperature medie mensili dell'aria ricavate dalla stazione meteo più vicina alla zona interessata dal progetto, si può risalire alla temperatura del conglomerato bituminoso alla profondità z (espressa in centimetri) secondo la nota formula introdotta di Witczak:

$$T_z = (1,467 + 0,043 \cdot z) + (1,362 - 0,005 \cdot z) \cdot T_a$$

dove T_z è la temperatura alla profondità z e T_a è la temperatura media dell'aria.

Ammettendo una ripartizione del traffico proporzionale nei giorni dell'anno di ciascun periodo (stagione, mese, ecc.), sarà possibile determinare il numero totale dei passaggi dell'asse standard che produce la rottura per fatica della pavimentazione sfruttando la legge di Miner, meglio nota come la legge "di accumulo lineare del danno da fatica".

La legge di Miner può essere enunciata nel modo seguente:

“Se $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_k$ sono le ampiezze delle deformazioni corrispondenti rispettivamente ad n_1, n_2, \dots, n_k cicli di carico applicati ad un materiale senza alcun ordine particolare, si

produce la rottura per fatica quando la seguente disequazione è verificata con il segno di uguaglianza:

$$\sum_{i=1}^k \frac{n_i}{N_i} \leq 1$$

dove N_i è il numero di cicli di deformazione che porterebbe a rottura il materiale qualora l'ampiezza di deformazione fosse mantenuta costante pari a ε_i .

Supposto di aver risolto la struttura per un numero di periodi dell'anno pari a k determinando altrettante coppie di valori (ε_i, N_i) , l'equazione che consentirà di determinare il numero N_x di passaggi dell'asse standard che porta al collasso per fatica la pavimentazione sarà la seguente:

$$\sum_{i=1}^k \frac{\left(\frac{N_x}{k}\right)}{N_i} = 1$$

Una volta individuato il numero totale N_x dei passaggi riferiti all'asse standard che la pavimentazione può sopportare, la determinazione della vita utile espressa in anni è calcolata dividendo tale valore N_x per la popolazione dei veicoli annui in assi standard equivalenti.

Nel caso si decida di suddividere l'anno in quattro periodi corrispondenti alle quattro stagioni, la determinazione del numero massimo di passaggi dell'asse standard assume la seguente espressione:

$$N_{tot} = \frac{4N_{tot1} \cdot N_{tot2} \cdot N_{tot3} \cdot N_{tot4}}{N_{tot2}N_{tot3}N_{tot4} + N_{tot1}N_{tot3}N_{tot4} + N_{tot1}N_{tot2}N_{tot4} + N_{tot1}N_{tot2}N_{tot3}}$$

4. Verifica dei materiali legati

4.1 Legge di fatica per i materiali legati a bitume

La legge di fatica assunta per l'analisi dei materiali legati a bitume è la legge di Finn.

La procedura che ha portato ad ottenere i modelli di fatica più utilizzati, tra cui il modello di Finn, è quella di determinare le prestazioni a fatica del materiale in laboratorio, per poi, attraverso opportuni fattori di traslazione, ottenere risultati compatibile con il comportamento in esercizio.

La legge di Finn può essere espressa come:

$$N_t = 10^{-3.083} \cdot \varepsilon_t^{-3.291} \cdot E^{-0.854}$$

dove:

N_t = è il numero di cicli di applicazione del carico, riferito all'asse standard considerato, che causa la fessurazione del 10% della superficie stradale.

ε_t = è la deformazione orizzontale di trazione massima alla base degli strati legati a bitume riferita all'inizio della vita della pavimentazione.

E = è il modulo elastico (espresso in MPa) dello strato più profondo in conglomerato bituminoso riferito alla temperatura effettiva dello strato stesso.

4.2 Leggi di fatica per le miscele legate a cemento

In maniera analoga a quanto esposto per le miscele trattate con cemento ed emulsione, anche gli strati in misto cementato presentano un comportamento evolutivo molto diverso a seconda che vengano considerati i primi anni di servizio (prima fase) o il periodo successivo (seconda fase).

I misti cementati nella prima fase mostrano un effettivo comportamento a fatica in cui il materiale si presenta a "blocchi" ma comunque rigido e coeso per poi fessurarsi progressivamente fino ad assumere, nella seconda fase, un comportamento simile ai misti granulari.

Benché questo cambiamento di comportamento avvenga gradualmente nel tempo, la modellazione della struttura prevede una schematizzazione in due fasi consecutive distinte tra loro:

- nella prima fase la sovrastruttura viene calcolata attribuendo un valore di modulo iniziale al misto cementato e si presenta a blocchi di dimensioni da 1 a 10 volte lo spessore dello strato stesso. In questo caso viene definita la vita a fatica sulla base della massima deformazione di trazione subita dallo strato ε_t e della massima deformazione di trazione ammissibile ε_b . In questa fase i parametri fondamentali che entrano in gioco sono il modulo elastico iniziale, lo spessore dello strato, la massima deformazione alla base dello strato stesso e la deformazione critica;

- nella seconda fase lo strato passa da uno stato a “blocchi” di dimensioni circa uguali allo spessore dello strato ad uno stato granulare. L’intera sovrastruttura viene ricalcolata con un valore di modulo ridotto e viene applicata una legge di trasferimento che tiene in considerazione la massima tensione di compressione subita dallo strato σ_v e il rispettivo valore ammissibile UCS . In questa fase i parametri fondamentali che entrano in gioco sono il modulo ridotto (valore che tiene in considerazione la natura fessurato/granulare dello strato), lo spessore dello strato, la massima tensione di compressione in sommità dello strato stesso e la rispettiva tensione di compressione critica.

In tale ambito, numerose ricerche (de Beer, 1990, Theyse et al., 1996) sono state svolte al fine di fornire i valori di riferimento (in funzione dei materiali impiegati) per ognuno dei parametri sopraelencati e di tarare adeguate leggi previsionali per la vita utile dello strato cementato e le sue ripercussioni all’interno dell’intera sovrastruttura.

Andando perciò a distinguere le due fasi comportamentali dello strato in misto cementato è possibile affermare che, durante la prima fase, la deformazione di trazione è il parametro chiave nella determinazione della vita utile a fatica. La vita a fatica è definita come il numero di ripetizioni di carico che determina la riduzione del modulo fino a raggiungere un valore critico in funzione del tipo di miscela. Il criterio proposto per strade di categoria B con elevato traffico pesante è basato sulla seguente equazione:

$$N_f = 10^{6.84 \left(1 - \frac{\varepsilon_t}{7.63 \varepsilon_b}\right)}$$

Dove N_f sono il numero di cicli di carico di asse standard ammissibile durante il periodo di vita a fatica effettivo, ε_t è la massima deformazione di trazione alla base dello strato e ε_b è la massima deformazione di trazione ammissibile.

Infine, tale valore viene relazionato allo spessore dello strato d per mezzo di uno Shift Factor (SF), o fattore di traslazione, definito secondo la seguente equazione:

$$SF = 10^{(0.00285 \cdot d - 0.293)}$$

Dopo aver calcolato il numero di cicli di carico che determinano la fine della prima fase (fase a fatica con materiale non fessurato), si passa allo studio della seconda fase nella quale il materiale si comporta in maniera analoga ad uno strato granulare e la legge a cui si fa riferimento per strade di categoria B ad alto traffico è la seguente:

$$N_{Ca} = 10^{8.184 \left(1 - \frac{\sigma_v}{1.2 UCS}\right)}$$

Dove σ_v è la tensione di compressione in sommità dello strato e UCS è la tensione massima a compressione ammissibile.

In maniera analoga a quanto descritto per gli strati trattati con cemento ed emulsione, il valore totale dei cicli di carico sopportati dallo strato trattato con cemento risulta essere la somma dei cicli accumulati durante le due fasi.

$$N = N_f + N_{Ca}$$

Occorre notare che se durante la prima fase gli altri strati ("i") che costituiscono la sovrastruttura hanno tutti una vita utile (N_{i1}) superiore a N_f , tale eccesso ($N_{i1} - N_f$) va moltiplicato per il rapporto $\left(\frac{N_{i2}}{N_{i1}}\right)$ dove N_{i2} è il numero di cicli dello stesso strato calcolato nelle condizioni di seconda fase. In tal caso la vita utile dello strato *i-esimo* risulterebbe essere $N_f + (N_{i1} - N_f) \cdot \frac{N_{i2}}{N_{i1}}$.

In caso contrario se uno strato qualsiasi della pavimentazione va in crisi per un numero di cicli N_i inferiore a N_f è evidente che questo determina la vita utile dell'intera pavimentazione senza l'instaurarsi della seconda fase.

5. Verifica dei materiali non legati

La natura ciclica dei carichi che transitano sulla superficie stradale è tale da produrre sulla sommità dello strato di fondazione o del terreno di sottofondo delle tensioni verticali σ_z che possono creare avvallamenti sul piano viabile per effetto di accumulo di deformazioni plastiche ε_z . Tale evenienza è tanto più probabile quanto più elevato è il livello tenso-deformativo trasferito dalla sovrastruttura.

Analogamente a quanto visto per le leggi di fatica, esistono diversi criteri per la verifica razionale dello strato di fondazione e sottofondo.

Per lo strato di fondazione in misto granulare stabilizzato previsto nelle pavimentazioni di progetto è stata utilizzata la legge di fatica proposta dal South African Mechanistic Pavement Design and Analysis (SAMPDAM):

$$N_B = 10^{(2.605122 \cdot F + 3.707667)}$$

dove N_B è il numero di cicli riferito all'asse standard considerato che causa l'accumulo critico di deformazioni permanenti ed F è un fattore di sicurezza che si determina con la seguente formula:

$$F = \min \left[\left(\frac{c_{term}}{1000 \cdot (|\sigma_{ZZ}| + \sigma_{XX,YY \max})} \right)_{y=0}, \left(\frac{c_{term}}{1000 \cdot (|\sigma_{ZZ}| + \sigma_{XX,YY \max})} \right)_{y=-0,1575} \right]$$

con:

σ_{XX} , σ_{YY} e σ_{ZZ} = valori di tensione nelle tre direzioni determinati alla profondità intermedia dello strato di fondazione;

c_{term} = coefficiente tabulato in funzione del tipo di materiale granulare.

Il criterio proposto per il sottofondo stradale riprende il modello sviluppato dal Transport Research Laboratory (TRL):

$$\log N_z = -7.21 - 3.95 \cdot \log \varepsilon_z$$

dove:

N_z = è il numero di cicli riferito all'asse standard considerato che causa l'accumulo critico di deformazioni permanenti;

ε_z = è la deformazione verticale di compressione sulla sommità dello strato (fondazione o sottofondo).

6. La pavimentazione di progetto esecutivo

La pavimentazione di progetto esecutivo è costituita da 35 cm di fondazione in misto granulare stabilizzato, 17 cm di base e 6 cm di binder in conglomerato bituminoso con bitume normale e 4 cm di usura di tipo SMA con bitume modificato (figura 6.1).

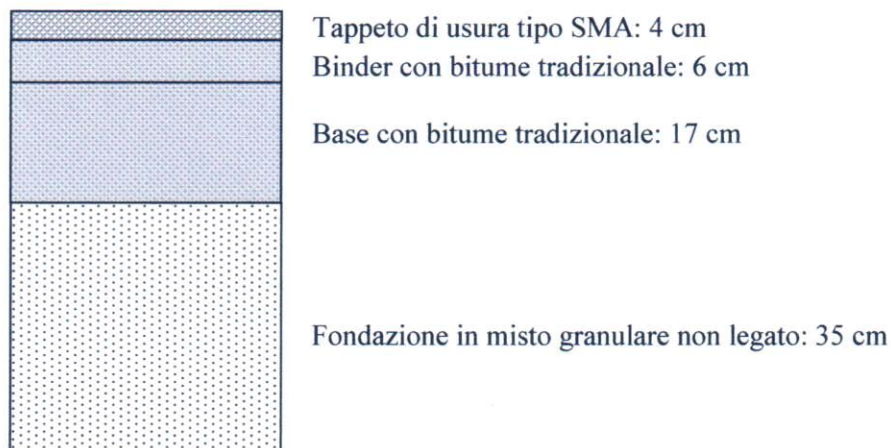


Figura 6.1: Pavimentazione di progetto

Ai fini del calcolo il conglomerato bituminoso del tappeto di usura (SMA), pur essendo confezionato con bitume modificato, è stato considerato come un conglomerato bituminoso normale. Poiché i parametri di calcolo sarebbero stati comunque molto simili, questa semplificazione ha una incidenza molto bassa sul risultato della vita utile della pavimentazione. Avendo inoltre adottato lo stesso criterio sia per la pavimentazione di progetto che per quella migliorativa proposta, nel confronto prestazionale tra le due, quanto assunto è del tutto ininfluenza.

La pavimentazione di progetto, ai fini del calcolo, è stata pertanto schematizzata come una sovrastruttura costituita da 27 cm di conglomerato bituminoso con bitume normale, 35 cm di fondazione in misto granulare stabilizzato e dal sottofondo considerato un semispazio.

7. La pavimentazione di variante migliorativa

La pavimentazione di variante migliorativa, prevista sia per la viabilità principale che per le rampe di svincolo, è costituita da 25 cm di fondazione in misto cementato (con circa il 40% di fresato di conglomerato bituminoso proveniente dalla demolizione delle pavimentazioni esistenti) realizzato in sito, 18 cm di base rigenerata a freddo con reimpiego di materiale fresato, 7 cm di binder in conglomerato bituminoso con bitume normale e 4 cm di usura di tipo SMA con bitume modificato come da progetto (figura 7.1).

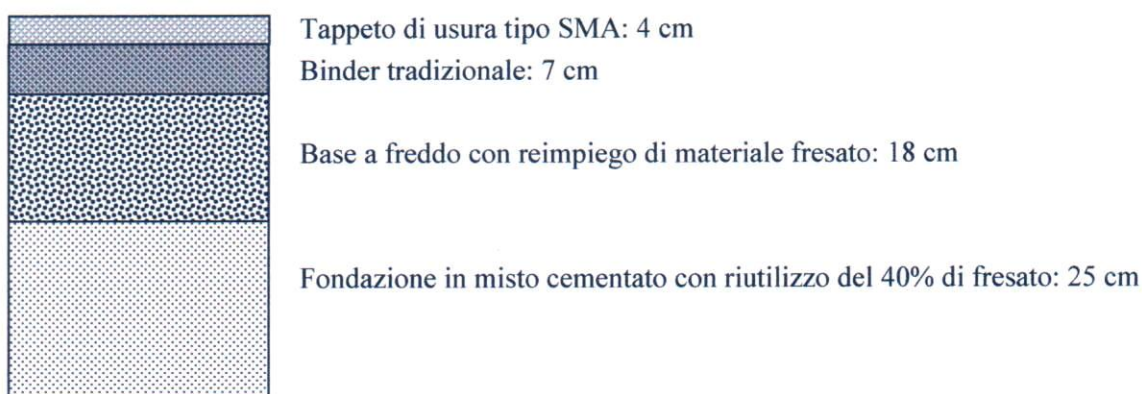


Figura 7.1: Pavimentazione alternativa

Analogamente a quanto fatto per la pavimentazione di progetto il conglomerato bituminoso del tappeto di usura (SMA), pur essendo confezionato con bitume modificato, è stato considerato come un conglomerato bituminoso normale.

Ai fini del calcolo, è stata pertanto assunta come pavimentazione di variante migliorativa la sovrastruttura costituita da 11 cm di conglomerato bituminoso con bitume normale, 18 cm di base a freddo, 25 cm di fondazione in misto cementato realizzato in sito e dal sottofondo considerato un semispazio.

8. Parametri di calcolo assunti

Lo scopo dello studio è quello di confrontare il livello prestazionale della soluzione migliorativa proposta con l'intervento previsto dal progetto esecutivo approvato.

Non avendo disponibile il codice di calcolo KEMPAVE adottato nel dimensionamento della pavimentazione del Progetto Esecutivo è stato utilizzato il software BISAR, sviluppato dalla Shell Research e ampiamente diffuso ed applicato anche in Italia.

Per poter confrontare risultati ottenuti con la stessa procedura, è stato pertanto necessario calcolare anche la pavimentazione di progetto mediante il software BISAR.

In entrambi i casi (pavimentazione di progetto e variante migliorativa), gli strati di conglomerato bituminoso facenti parte di una stessa pavimentazione sono stati modellati unitamente come uno strato unico con caratteristiche meccaniche equivalenti.

Poiché il conglomerato bituminoso è un materiale estremamente sensibile alla temperatura, per procedere nello studio con le effettive caratteristiche nei diversi periodi dell'anno è necessario conoscere le temperature medie stagionali della zona di intervento.

Nel caso specifico, sono state prese le temperature registrate dalla stazione meteo di Palermo relative all'anno 2014. Successivamente è stato possibile determinare le temperature della pavimentazione (tabella 9.1) per mezzo della formula di Witczak.

$$T_p = (1,467 + 0,043 \cdot z) + (1,362 - 0,005 \cdot z) \cdot T_a$$

Dove T_p è la temperatura alla profondità z (profondità media dello strato) e T_a è la temperatura dell'aria.

Stazione meteo di Palermo Punta Raisi	
Mese	Temperatura [°C]
Gennaio	13.7
Febbraio	14.1
Marzo	13.1
Aprile	15.8
Maggio	18.3
Giugno	23.4
Luglio	25.1
Agosto	26.4
Settembre	25.2
Ottobre	22.1
Novembre	19.3
Dicembre	14.9

Tabella 8.1: Temperature medie mensili registrate presso la stazione meteo di Palermo.

Il valore del modulo elastico del bitume è stato determinato sulla base dei principi del nomogramma di Van der Poel, a partire dai valori di penetrazione, temperatura di rammollimento, frequenza di carico e la temperatura di riferimento. Noto il modulo del bitume alla temperatura di riferimento e le caratteristiche volumetriche della miscela

bituminosa, per la determinazione del modulo di rigidezza del conglomerato bituminoso si è fatto uso della teoria di Francken di seguito descritta.

$$E^* = E_{\infty} \cdot |R^*|$$

$$E_{\infty} = 1.436 \cdot 10^4 \cdot \left(\frac{V_a}{V_b}\right)^{0.55} \cdot e^{-5.840 \cdot 10^{-2} \cdot V_v}$$

$$\log|R^*| = \log|F^*| - 1.35 \log|F^*| \cdot \left(1 - e^{-0.13 \frac{V_a}{V_b}}\right) \cdot (1 + 0.11 \log|F^*|)$$

$$|F^*| = \frac{S_b}{3000}$$

Dove:

E^* : modulo complesso del conglomerato bituminoso

E_{∞} : modulo vetroso del conglomerato bituminoso

F^* : modulo ridotto del bitume

V_a : percentuale di aggregati

V_b : percentuale di bitume

V_v : percentuale di vuoti

In conclusione, sulla base della temperatura del conglomerato bituminoso nella stagione di riferimento, delle caratteristiche meccaniche del bitume e della composizione della miscela si sono ricavati i valori del modulo degli strati in conglomerato bituminoso nelle stagioni di riferimento (tabelle 8.2, 8.3 e 8.4).

Temperatura pav stagionale [°C]	Sb [MPa]	G* [MPa]	F*	logR*	R*	E [MPa]
19.7	27.4	9.1	0.009	-0.671	0.213	7113
26.9	8.8	2.9	0.003	-0.952	0.112	3727
35.1	1.5	0.5	0.001	-1.473	0.034	1121
26.3	9.7	3.2	0.003	-0.927	0.118	3941
Profondità calcolo [cm]	13.5	Percentuale su aggregati		Percentuale sul cb		
R&B [°C]	55	Pa [%]	100	Pa [%]	95.4	
Pen [dmm]	50	Pb [%]	4.8	Pb [%]	4.6	
A	0.040	γ_a [g/cm ³]	2.7			
IP	-0.02	γ_b [g/cm ³]	1.02			
f [Hz]	8	γ_{max} [g/cm ³]	2.51			
t	0.020	γ_{mix} [g/cm ³]	2.39			
Va [%]	84.3					
Vb [%]	10.7					
Vv [%]	5.0					
C [MPa]	14360					
Einf [MPa]	33353					

Tabella 8.2: Modulo del conglomerato bituminoso della pavimentazione di progetto esecutivo

Temperatura pav stagionale [°C]	Sb [MPa]	G* [MPa]	F*	logR*	R*	E [MPa]
19.9	26.7	8.9	0.009	-0.678	0.210	7007
27.3	8.2	2.7	0.003	-0.972	0.107	3556
35.8	1.3	0.4	0.000	-1.531	0.029	981
26.7	9.0	3.0	0.003	-0.946	0.113	3773
Profondità calcolo [cm]	5.5	Percentuale su aggregati		Percentuale sul cb		
R&B [°C]	55	Pa [%]	100	Pa [%]	95.4	
Pen [dmm]	50	Pb [%]	4.8	Pb [%]	4.6	
A	0.040	γ_a [g/cm ³]	2.7			
IP	-0.02	γ_b [g/cm ³]	1.02			
f [Hz]	8	γ_{max} [g/cm ³]	2.51			
t	0.020	γ_{mix} [g/cm ³]	2.39			
Va [%]	84.3					
Vb [%]	10.7					
Vv [%]	5.0					
C [MPa]	14360					
Einf [MPa]	33353					

Tabella 8.3: Modulo del conglomerato bituminoso della pavimentazione di variante migliorativa

Temperatura pav stagionale [°C]	Sb [MPa]	G* [MPa]	F*	logR*	R*	E [MPa]	Erid [MPa]
20.5	24.4	8.1	0.008	-0.698	0.200	6682	4678
27.9	7.3	2.4	0.002	-1.003	0.099	3311	2318
36.4	1.1	0.4	0.000	-1.587	0.026	862	604
27.4	8.1	2.7	0.003	-0.977	0.106	3521	2464
Profondità calcolo [cm]	20	Percentuale su aggregati		Percentuale sul cb			
R&B [°C]	55	Pa [%]	100	Pa [%]	95.4		
Pen [dmm]	50	Pb [%]	4.8	Pb [%]	4.6		
A	0.040	γ_a [g/cm ³]	2.7				
IP	-0.02	γ_b [g/cm ³]	1.02				
f [Hz]	8	γ_{max} [g/cm ³]	2.51				
t	0.020	γ_{mix} [g/cm ³]	2.39				
Va [%]	84.3						
Vb [%]	10.7						
Vv [%]	5.0						
C [MPa]	14360						
Einf [MPa]	33353						

Tabella 8.4: Modulo della base a freddo della pavimentazione di variante migliorativa

Per il conglomerato riciclato a freddo con emulsione modificata (strato di base della pavimentazione di variante migliorativa) sono stati assunti i moduli elastici del conglomerato con bitume normale ridotti del 30%.

Per lo strato di fondazione in misto granulare (pavimentazione di progetto), con riferimento al metodo analitico-empirico Sudafricano (sviluppato dal CSIR - Council of Scientific and Industrial Research) è stato assunto un valore di modulo pari a 250 MPa, indicato per materiale codificabile come G3.

Per lo strato di misto cementato (pavimentazione di variante migliorativa) sono stati impiegati parametri previsti dallo stesso metodo Sud Africano e relativi ad un materiale codificato come C3:

- nella prima fase di vita utile, nella quale il misto cementato mostra un effettivo comportamento a fatica in cui il materiale si presenta a “blocchi” ma comunque rigido e coeso, è stato assunto un valore del modulo di 1800 MPa ed un valore di deformazione massima ammissibile ϵ_b pari a 125 μ strain (Theyse 1996);
- nella seconda fase di vita utile, nella quale lo stato fessurativo dello strato è in fase avanzata ma tuttavia la buona qualità del materiale granulare garantisce ancora ottime capacità portanti, sono stati assunti modulo pari a 500 MPa e resistenza a compressione UCS pari a 5000 kPa (Theyse 1996).

Per il sottofondo della pavimentazione di progetto e della variante migliorativa è stato adottato un modulo di 100 MPa, nonostante il progetto esecutivo abbia ipotizzato un valore di 50 MPa.

Questa scelta è scaturita dall'esperienza consolidata nel corso di alcuni decenni che prevede venga assunto un valore circa doppio del Modulo di Deformazione M_d ottenuto da prove di carico su piastra, al primo ciclo di carico.

Il testo universitario Ferrari – Giannini, Ingegneria Stradale, volume II – Corpo Stradale e Pavimentazioni, II edizione (1983) propone a pag. 314 la seguente relazione:

$$E = 1,9 - 2,1 M_d$$

Poiché il Capitolato per l'opera in questione, come la gran parte dei Capitolati per opere stradali, prescrive per il sottofondo il raggiungimento di livelli di portanza M_d di almeno 50 MPa, il valore del modulo di 100 MPa è sembrato essere più coerente con il Capitolato rispetto al valore di 50 MPa assunto in fase di progetto.

Va comunque evidenziato che, essendo lo scopo dello studio è quello di confrontare il livello prestazionale della pavimentazione migliorativa proposta con la pavimentazione di progetto, adottando per entrambe le pavimentazioni valori uguali, il fatto che siano più o meno elevati, non incide sulla valutazione finale.

Nelle successive tabelle 8.5 e 8.6 sono riepilogati i parametri di calcolo adottati per le pavimentazioni in esame.

Parametri di calcolo della pavimentazione di progetto esecutivo				
Modulo elastico [MPa]	inverno	primavera	estate	autunno
Conglomerato bituminoso tradizionale*	7113	3727	1121	3941
Fondazione in materiale granulare	250			
Sottofondo	100			
Coef. Poisson	inverno	primavera	estate	autunno
Conglomerato bituminoso tradizionale*	0.30	0.35	0.40	0.35
Fondazione in materiale granulare	0.35			
Sottofondo	0.40			
Spessori [cm]				
Conglomerato bituminoso tradizionale*	27			
Fondazione in materiale granulare	35			
Sottofondo	inf.			
*usura SMA 4 cm; binder con bit. trad. 6 cm; base con bit. trad. 17 cm				

Tabella 8.5: Parametri di calcolo della pavimentazione di progetto esecutivo

Parametri di calcolo della pavimentazione di variante migliorativa				
Modulo elastico [MPa]	inverno	primavera	estate	autunno
Conglomerato bituminoso tradizionale*	7007	3556	981	3773
Base rigenerata a freddo	4678	2318	604	2464
Fondazione in misto cementato	1800 Ph1 – 500 Ph2			
Sottofondo	100			
Coef. Poisson	inverno	primavera	estate	autunno
Conglomerato bituminoso tradizionale*	0.30	0.35	0.40	0.35
Base rigenerata a freddo	0.30	0.35	0.40	0.35
Fondazione in misto cementato	0.30			
Sottofondo	0.40			
Spessori [cm]				
Conglomerato bituminoso tradizionale*	11			
Base rigenerata a freddo	18			
Fondazione in misto cementato	25			
Sottofondo	inf.			
*usura SMA 4 cm; binder con bit. trad. 7 cm;				

Tabella 8.6: Parametri di calcolo della pavimentazione di variante migliorativa

9. Dati di traffico

Nel dimensionamento della sovrastruttura per la viabilità principale (elaborato di progetto esecutivo cod. PE_VS_RT01_31_4137) il traffico giornaliero medio dei veicoli pesanti è stato considerato di 210 veicoli/giorno (bidirezionale nell'anno di apertura della strada) sulla base dell'elaborato POO_EG00_GEN_RE03 (Relazione Trasportistica) del Progetto Preliminare posto a base di gara

In corso d'opera, tuttavia, con nota prot. 620-2015 del 15.04.2015 il Contraente Generale segnalava indizi di un forte incremento del flusso veicolare sulla SS121.

Nei giorni 15, 16 e 20 luglio 2015, tecnici del Contraente Generale hanno pertanto eseguito il rilievo del traffico sulla SS 121, alla pk. 228+050, che è risultato essere, per le due direzioni di marcia, di circa 1200 veicoli pesanti complessivi, tra le ore 7,00 e le 19,00. Considerando il traffico notturno pari al 20% di quello diurno, il TGM di veicoli pesanti sarebbe di 1440 veicoli/giorno.

Successivamente sono stati forniti dall'ANAS i dati di traffico ufficiali rilevati sulla SS121 nel 2014 e nei primi due trimestri del 2015 nelle località Vicari (km 215+805), Villafrati (km 236+830) e Misilmeri (km 249+081).

La sezione di rilievo del traffico più vicina alla tratta interessata dai lavori è quella di Villafrati, dove il TGM di veicoli pesanti del 1° trimestre 2015 è di 527 veicoli/giorno, mentre il TGM di veicoli pesanti del 2° trimestre 2015 è di 996 veicoli/giorno, con un forte incremento rispetto al trimestre precedente verosimilmente dovuto all'interruzione sull'Autostrada Palermo Catania a seguito della frana che ha investito il viadotto Himera.

Risulta evidente che **il traffico è in generale nettamente superiore rispetto a quello previsto dal Progetto Preliminare a base gara.**

Applicando gli stessi criteri adottati nel dimensionamento di progetto esecutivo (elaborato di progetto esecutivo cod. PE_VP_RT01_31_4137), cioè un arco di vita utile ipotizzato di 30 anni, un tasso di crescita del traffico r pari al 2%, una ripartizione direzionale del traffico pesante al 50%, a partire dai dati di traffico ANAS del primo trimestre 2015, i numero di passaggi di assi standard da 8,2 t (corrispondenti a 80 kN) sarebbe di:

$$N = TGM \cdot p_{sm} \cdot gg \cdot \frac{(1+r)^n - 1}{r} \cdot C.E.$$

dove TGM è il traffico giornaliero medio di veicoli pesanti (527 veicoli/giorno), p_{sm} è la percentuale di veicoli per senso di marcia (50%), gg sono i giorni di traffico (365 giorni), n è la vita utile di progetto della sovrastruttura (30 anni), r è il tasso di crescita annuale del traffico (2%) e $C.E.$ è il coefficiente di equivalenza per lo spettro di traffico considerato.

Quindi, assumendo i nuovi dati di traffico forniti da ANAS, i passaggi di assi equivalenti standard da 80 kN nei primi 30 anni di vita utile sarebbero $N = 11.198.000$ (11,2 milioni).

Il riferimento ai dati di traffico ANAS del primo trimestre 2015 sembra quello più corretto in quanto i dati ANAS del secondo semestre 2015 e il rilievo diretto di luglio 2015 sono

fortemente influenzati dalla temporanea interruzione sull'Autostrada Palermo Catania che non dovrebbe protrarsi per più di un anno o due.

Adottando il traffico giornaliero medio di veicoli pesanti rilevato dall'ANAS nel secondo semestre 2015 (996 veicoli/giorno), con gli stessi criteri visti in precedenza, i passaggi di assi equivalenti standard da 80 kN nei 30 anni di vita utile sarebbero $N = 21.200.000$ (21,2 milioni).

10. Analisi dei risultati

In appendice (figure A.1 – A.3) sono riportati i risultati, in termini di sforzi e deformazioni, ottenuti come output dal programma di calcolo BISAR rispettivamente per pavimentazione di progetto, pavimentazione alternativa – fase 1 e pavimentazione alternativa – fase 2.

Coerentemente con i criteri di calcolo e i parametri assunti per la pavimentazione di progetto e per la pavimentazione alternativa sono state eseguite le opportune verifiche, a fatica e alle deformazioni permanenti, degli strati legati a bitume, del misto cementato, del misto granulare, della fondazione con terra stabilizzata a calce e del sottofondo.

Applicando le leggi descritte nei paragrafi 4 e 5, è possibile determinare il numero di passaggi di assi standard che i vari strati delle pavimentazioni sono in grado di sopportare in ciascuna stagione dell'anno e da qui, attraverso la legge di Miner, la vita utile effettiva.

Nelle tabelle 9.1 e 9.2 sono riassunti i risultati ottenuti nell'ipotesi di progetto e con la soluzione alternativa proposta.

Pavimentazione di progetto esecutivo		
Materiale	Cicli a rottura	spessore
Conglomerato bituminoso tradizionale	1.90E+07	27
Fondazione in materiale granulare	2.13E+14	35
Sottofondo	5.51E+07	inf.

Tabella 10.1: Cicli di carico a rottura della pavimentazione di progetto

Pavimentazione di variante migliorativa		
Materiale	Cicli a rottura	spessore
Conglomerato bituminoso tradizionale	2.13E+07	11
Base rigenerata a freddo	6.93E+07	18
Fondazione in misto cementato	1.53E+08	25
Sottofondo	3.61E+07	inf.

Tabella 10.2: Cicli di carico a rottura della pavimentazione di variante migliorativa

Dai risultati di calcolo si può rilevare che la pavimentazione di progetto va in crisi dopo 19 milioni di cicli di carico di asse standard da 80 kN, mentre la soluzione alternativa è in grado di sopportarne 21.3 milioni, ben oltre il carico di traffico previsto in 30 anni di vita utile, sulla base dei dati di traffico ANAS relativi al 1° trimestre 2015.

La pavimentazione proposta risulta pertanto migliorativa rispetto alla pavimentazione di progetto con un incremento di vita utile di circa il 12%.

11. Confezione del misto cementato

Il misto cementato con il riutilizzo di fresato è costituito da una miscela di aggregati lapidei di primo impiego e di materiale ottenuto dalla scarifica di pavimentazioni in conglomerato bituminoso esistente (fresato), impastata con acqua e cemento.

Il misto cementato potrà essere, alternativamente in funzione delle logistiche operative di cantiere, realizzato in apposito impianto di confezionamento oppure miscelato in opera. Si riporta in Allegato 1 lo studio di pre-qualifica redatto dal Laboratorio STS Mobile per la validazione della miscela.

Si precisa che nella pre-qualifica della miscela degli aggregati da impiegare per la confezione del misto cementato non è stata eseguita la prova Los Angeles sul fresato di conglomerato bituminoso perché priva - per tale materiale - di un reale significato tecnico-scientifico.

Gli aggregati rivestiti di bitume avrebbero infatti certamente ridotto la produzione di frammenti e polvere fornendo un risultato non significativo della effettiva qualità degli aggregati.

Anche una prova eseguita sugli aggregati dopo l'eventuale estrazione del bitume (operazione impegnativa per la consistenza del campione di aggregati richiesto per la prova Los Angeles) non fornirebbe risultati significativi in quanto nella realtà l'aggregato viene utilizzato nella miscela senza estrazione di bitume.

Si ritiene quindi che la prova Los Angeles sul fresato proveniente dalla demolizione del conglomerato bituminoso esistente non debba essere eseguita, né in fase di pre-qualifica, né durante i controlli in corso d'opera.

11.1 Misto cementato confezionato in sito con riutilizzo di fresato

Nel caso di confezionamento in opera, le fasi operative prevedranno l'utilizzo di un treno di macchine in successione con specifiche fasi operative, quali:

- posa in opera del misto granulare non legato di cava e del fresato proveniente dalla scarifica della pavimentazione esistente;
- spandimento del cemento mediante spandilegante secondo il dosaggio definito nello studio di prequalifica allegato;
- miscelazione mediante pulvimixer secondo gli spessori di progetto previa aggiunta di acqua secondo il dosaggio definito in fase prequalifica della miscela;
- risagomatura della superficie mediante motolivellatrice in accordo alle quote di progetto;
- compattazione.



Figura 11.1 - Treno macchine operatrici per realizzazione misto cementato in opera

11.2 Misto cementato confezionato in sito con riutilizzo di fresato

Il misto cementato confezionato in centrale viene prodotto mediante impianti fissi automatizzati, con dosatori a peso o a volume, che devono garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare miscele rispondenti a quelle indicate nello studio di prequalifica.



Figura 11.2 - Impianto fisso

La stesa verrà eseguita impiegando macchine finitrici. Il tempo massimo tra l'introduzione dell'acqua nella miscela del misto cementato e l'inizio della compattazione non dovrà superare i 60 minuti.



Figura 11.3 - Posa in opera con vibrofinitrice

Le operazioni di compattazione dello strato devono essere realizzate preferibilmente con apparecchiature e sequenze adatte a produrre il grado di addensamento e le prestazioni richieste. La stesa della miscela non deve di norma essere eseguita con temperature ambiente inferiore a 0° C e mai sotto la pioggia.

Nel caso in cui le condizioni climatiche (temperatura, soleggiamento, ventilazione) comportino un'elevata velocità di evaporazione, è necessario provvedere ad una adeguata protezione delle miscele sia durante il trasporto che durante la stesa.

Il tempo intercorrente tra la stesa di due strisce affiancate non deve superare di norma le 2 ore per garantire la continuità della struttura.

Particolari accorgimenti devono adottarsi nella formazione dei giunti longitudinali. Il giunto di ripresa deve essere ottenuto terminando la stesa dello strato a ridosso di una tavola e togliendo la tavola al momento della ripresa della stesa. Se non si fa uso della tavola si deve, prima della ripresa della stesa, provvedere a tagliare l'ultima parte dello strato precedente, in modo che si ottenga una parete perfettamente verticale. Non devono essere eseguiti altri giunti all'infuori di quelli di ripresa.



Figura10.4 - Strato finito e compattato del Misto cementato confezionato in Centrale

12. Fasi operative e campo prova

Prima della realizzazione della pavimentazione di Variante Tecnico-Migliorativa proposta per la viabilità secondaria si prevede l'esecuzione di un campo prova con la tecnica della miscelazione in sito e di un campo prova per la miscela prodotta in impianto.

Miscelazione in sito

Il campo prova sarà realizzato secondo le modalità di seguito elencate:

- posa in opera del misto granulare di cava per uno spessore di 15 cm (60% dello spessore totale previsto di 25cm);
- posa in opera del fresato da conglomerato bituminoso per uno spessore di 10 cm (40% dello spessore totale previsto di 25cm);
- in alternativa alla posa separata dei due materiali viene prevista la stesa dell'aggregato (60% misto granulare di cava + 40% fresato) premiscelato in impianto per uno spessore totale di 25 cm
- spandimento del cemento mediante spandilegante in quantità pari a quanto previsto nello studio di Prequalifica allegato;
- miscelazione mediante pulvimixer;
- risagomatura e compattazione della superficie.

Miscelazione in impianto

Il campo prova sarà realizzato secondo le modalità di seguito elencate:

- miscelazione in impianto delle materie prime per la realizzazione del misto cementato in centrale;
- confezione in centrale del misto cementato con i dosaggi di cemento e acqua previsti in Prequalifica e conformi al CSA;
- trasporto della miscela nel sito previsto per il campo prova;
- posa in opera mediante finitrice con uno spessore soffice (da individuare) in modo da garantire lo spessore finale (dopo costipamento) di 25cm;
- compattazione.

Nei campi prova, al fine di verificare la conformità della miscela alla Prequalifica e ai requisiti delle Norme Tecniche di CSA-NG vengono previste attività di controllo:

Parametro	Prova	Limite	Rif. CSA	Materiale
Assortimento granulometrico	Analisi granulometrica UNI EN 933-1	Vedi Fuso Granulometrico	14.2.4.1.1	Materiale di cava con integrazione del fresato prelevato in sito
Umidità	Contenuto d'acqua UNI CEN ISO/TS 17892-1	Verifica dell'umidità del materiale prestabilizzazione con legante idraulico	-	Materiale di cava con eventuale integrazione del fresato prelevato in sito
<u>Confezionamento dei provini:</u> Caratteristiche meccaniche prestazionali	Resistenza a Compressione "Rc" UNI EN 13286-41 Resistenza a Trazione "Rt" UNI EN 13286-42	$2.5\text{MPa} \leq R_c \leq 4.5\text{MPa}$ $R_t \geq 0.25\text{MPa}$	14.2.4.1.4	Misto cementato confezionato in sito con riutilizzo di fresato; <u>miscela prelevata in sito</u>
Umidità	Contenuto d'acqua UNI CEN ISO/TS 17892-1	Come da Prequalifica	-	Misto cementato confezionato in sito con riutilizzo di fresato; <u>miscela prelevata in sito</u>
Dosaggio di legante	-	Come da Prequalifica	-	Cemento
Portanza in sito	Prova di carico su piastra statica CNR B.U. n.146	$M_d \geq 150\text{MPa}$ dopo 24 dalla compattazione	-	Misto cementato confezionato in sito con riutilizzo di fresato
Addensamento in sito	Densità in situ CNR B.U. n.22	$\gamma \geq 97\%$ delle prove AASTHO Mod. (CNR BU 69/78)	-	Misto cementato confezionato in sito con riutilizzo di fresato
Spessore	Verifica dello spessore dello strato	Piano finito: 25cm	2.1	Misto cementato confezionato in sito con riutilizzo di fresato

Tabella 1
12.1 - Piano dei controlli per il Campo Prova

Le Norme Tecniche di Capitolato prevedono, come requisito di portanza per il misto cementato, di raggiungere "valori del Modulo di Deformazione M_d non inferiori a 150 MPa in un tempo compreso fra 3-12 ore dalla compattazione": è evidente che tra i risultati ottenuti dopo 3 ore e quelli dopo 12 ore possano sopravvenire sensibili differenze dovute ai processi di presa ed indurimento del cemento, che sono funzione delle condizioni termogravimetriche locali al momento della messa in opera del materiale e nelle ore successive di

maturazione. Il raggiungimento o meno del requisito richiesto dovrebbe pertanto in primo luogo essere accertato a ridosso delle 12 ore, per assumere carattere di rappresentatività in termini di rispondenza alle prescrizioni di Capitolato.

Tuttavia, nel caso della miscela proposta, che prevede l'utilizzo di quota parte di materiale fresato proveniente dalla demolizione di conglomerati bituminosi esistenti, la presenza di aggregati rivestiti di bitume tende a indurre un comportamento viscoso del prodotto, che può produrre alterazioni nel comportamento del materiale in termini di risposta alla prova di carico su piastra, ritardando la apparente maturazione della miscela che dovrebbe, pertanto, raggiungere i livelli prestazionali richiesti in tempi leggermente più lunghi.

Per questo motivo, si ritiene congruente con il calcolo della pavimentazione eseguito che il requisito di portanza previsto (M_d non inferiori a 150 MPa), sia verificato con prove di carico su piastra a ridosso delle 24 ore dalla fine compattazione.

13. Conclusioni

Le pavimentazioni previste nel progetto esecutivo approvato per l'asse principale e le rampe di svincolo sono di tipo flessibile, dimensionate con l'obiettivo di una vita utile di almeno 30 anni.

La pavimentazione di progetto della viabilità principale è costituita da:

- tappeto di usura tipo S.M.A. cm 4;
- binder con bitume tradizionale cm 6;
- base con bitume tradizionale cm 17;
- fondazione in misto granulare non legato cm 35.

La pavimentazione di progetto delle rampe di svincolo si differenzia solo per la riduzione dello strato di fondazione, costituita da 20 cm di misto granulare.

Dal 1° luglio 2013 è in vigore il Nuovo Regolamento EU 305/11 ove, nell'allegato I, viene riportato il requisito di "uso sostenibile delle risorse naturali" la cui definizione prevede che "Le opere da costruzione devono essere concepite, realizzate e demolite in modo che l'uso delle risorse naturali sia sostenibile e garantisca in particolare quanto segue:

- a) **il riutilizzo o la riciclabilità delle opere da costruzione, dei loro materiali e delle loro parti dopo la demolizione;**
- b) *la durabilità delle opere da costruzione;*
- c) *l'uso, nelle opere da costruzione, di materie prime e secondarie ecologicamente compatibili".*

La normativa nazionale vigente peraltro prevede, al co. 1 dell'art. 15 del Regolamento di esecuzione ed attuazione D.P.R. N° 207/2010 della Legge Quadro n. 163/2006 in materia di lavori pubblici, che "La progettazione è informata a principi di sostenibilità ambientale nel rispetto, fra l'altro, della **minimizzazione dell'impegno di risorse materiali non rinnovabili e di massimo riutilizzo delle risorse naturali impegnate dall'intervento ...**".

La presente variante vuole dare pertanto concreta attuazione alle disposizioni normative prospettando il **riutilizzo della massima quantità di risorse disponibili** che, nella fattispecie, si configurano nel fresato proveniente dalla demolizione della pavimentazione in conglomerato bituminoso esistente. Il nuovo pacchetto della sovrastruttura stradale prevede quindi la sostituzione dello strato di fondazione, in misto granulare stabilizzato non legato, con un misto cementato (confezionato in sito oppure in impianto) con il reimpiego di circa il 40% di fresato di conglomerato bituminoso in aggiunta agli aggregati vergini.

Viene inoltre prevista la sostituzione dello strato di base a caldo con bitume tradizionale (spessore 17 cm) con una base riciclata a freddo (spessore cm 18), costituita da fresato di conglomerato bituminoso, emulsione modificata, cemento ed eventuali aggregati (naturali o di riciclo) di integrazione per la correzione granulometrica.

La pavimentazione migliorativa, così costituita, viene proposta sia per la viabilità principale che per le rampe di svincolo.

La variante migliorativa della sovrastruttura viene anche incontro alla sopravvenuta occorrenza costituita dalla **sensibile variazione dei dati relativi al TGM** rispetto alle ipotesi di progetto esecutivo, a sua volta derivanti dalle indicazioni presenti nel progetto preliminare poste a base di gara (elaborato POO_EG00_GEN_RE03 - Relazione Trasportistica).

In effetti sia rilevamenti diretti effettuati dal Contraente Generale, sia i dati ufficiali aggiornati di traffico forniti da ANAS, confermano che i valori di TGM previsti dal progetto posto a base gara sono ad oggi anacronistici e necessitano di un congruo incremento che, a sua volta, comporta la necessità di un adeguamento della pavimentazione stradale in termini di maggiori performances garantite.

Al fine di valutare l'incremento di vita utile della pavimentazione di variante rispetto a quella prevista dal progetto esecutivo per la viabilità principale, è stato condotto il calcolo della pavimentazione con metodo razionale mediante il software BISAR, sviluppato dalla Shell Research e ampiamente diffuso ed applicato anche in Italia.

Il confronto è stato eseguito, in termini di cicli di carico di asse standard da 80 kN su ruote gemellate che portano al collasso della sovrastruttura, tra le pavimentazioni di progetto e di variante migliorativa della viabilità principale.

Dai risultati di calcolo si può rilevare che la pavimentazione di progetto esecutivo è dimensionata per sopportare 19 milioni di cicli di carico di asse standard da 80 kN, mentre la soluzione di variante è in grado di sopportare 21,3 milioni di cicli, ben oltre il carico di traffico previsto in 30 anni di vita utile, sulla base dei dati ANAS relativi al 1° trimestre 2015.

L'incremento di vita utile è di circa il 12%.

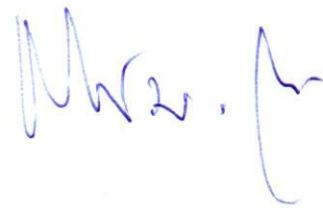
Per le rampe di svincolo non si è proceduto al confronto tra pavimentazione di progetto e pavimentazione di variante poiché l'adozione della stessa pavimentazione proposta per la viabilità principale comporta certamente un incremento della vita utile, superiore a quello

Prof. Ing. Maurizio BOCCI

sopra determinato per la viabilità principale, grazie all'aumento di spessore dello strato di fondazione (da 20 cm a 35 cm), aggiuntivo alle altre migliorie proposte.

La variante proposta si configura pertanto come migliorativa rispetto alla soluzione di P.E., in quanto garantisce un **incremento della durabilità**, in termini di vita utile, sposando contestualmente i fondamentali **principi di ecosostenibilità** previsti dalla legislazione vigente, nonché assicurando un aumento **della sicurezza in cantiere** per la sensibile riduzione dei mezzi circolanti interferenti con le restanti lavorazioni.

Prof. Ing. Maurizio BOCCI



14. Bibliografia

Ferrari P., Giannini F., "Ingegneria Stradale Vol. II – Corpo stradale e pavimentazioni" Edizioni ISEDI, II Edizione, maggio 1983.

Bocci M., Cardone F., Cerni G., Santagata E., "Rheological characterization of the fatigue resistance of asphalt binders", ISAP conference, Quebec City, Canada, 2006.

Bonnetti K., Nam K., Bahia H. U., "Measuring and defining fatigue behaviour of asphalt binder", 8th TRB annual meeting, Washington D.C., 2002.

De Beer M., "Aspects of the design and behaviour of road structures incorporating lightly cementitious layers", PhD dissertation, Pretoria, 1990.

Finn F., Saraf C., Kulkarni R., Nair K., Smith W. And Abdullah A., "The use of distress prediction subsystems for the design of pavement structures", 4th International conference on structural design of asphalt pavements, 1977.

Jenkins K. J., "Mix design considerations for cold and half-warm bituminous mixes with emphasis on foamed bitumen", PhD Dissertation, University of Stellenbosch, 2000.

Isacsson U. and Lu X., "Properties of bitumens modified with elastomers and plastomers", 2th Euroasphalt & Eurobitume Congress, Barcellona, Spagna, 2000.

Lesueur D., "The colloidal structure of bitumen: Consequences on the rheology and on the mechanisms of bitumen modification", International Journal on Advances in colloid and interface science, vol. 145, pp 42-82, 2009.

Loizos A., "In-situ characterization of foamed bitumen treated layer mixes for heavy-duty pavements", International Journal of Pavement Engineering, June 2007.

Long F., H. Theyse, "Mechanical-empirical structural design models for foamed and emulsified bitumen treated materials", 8th Conference on Asphalt Pavements for Southern Africa, 2004.

Raffaelli D., "Foamed asphalt base stabilization", Institute of Transportation Studies, University of California Berkeley, 2004.

Smith W., "Foamed bitumen stabilisation project – Warwick, QLD", Joint Transport South Australia/AustStab Seminar on 15th April 99.

Theyse H. L., de Beer M., Rust F. C., "Overview of South African mechanistic pavement design method", Transport Research Record 1539, 1996.

Theyse H. L., Muthern M. "Pavement analysis and design software (PADS) based on the South African mechanistic-empirical design method", CSIR, Pretoria, 2000.

Yetkin Y., "Polymer modified asphalt binders", International Journal on Construction and building materials, vol. 21, pp 66-72, 2007.

Appendice – Output di calcolo del programma BISAR

Project: Palermo-Bolognetta - Prog1 2015-03-12
 Calculated: 12-Mar-2015 09.42.09

System: 1: Palermo-Bolognetta - Prog1 2015-03-12 - Ph1 - Inverno

Layer Number	Thickness (m)	Modulus		Poisson's Ratio	Load Number	Vertical Load	Vertical Stress	Horz. (Shear)		Radius (m)	Shear		
		Elasticity (MPa)				Load (kN)	Stress (MPa)	Load (kN)	Stress (MPa)		X-Coordinate (m)	Y-Coordinate (m)	Angle (Degrees)
1	0.27	7.11E+03		0.3		2.00E+01	5.77E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.05E-01	0.00E+00	-1.58E-01	0.00E+00
2	0.35	2.50E+02		0.35		2.00E+01	5.77E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.05E-01	0.00E+00	1.58E-01	0.00E+00
3		1.00E+02		0.4									

Position Number	Layer Number	X-Coordinate (m)	Y-Coordinate (m)	Depth (m)	Stress XX	Stress YY	Stress ZZ	Strain XX	Strain YY	Strain ZZ	Displacement UX	Displacement UY	Displacement UZ
					(MPa)	(MPa)	(MPa)	μstrain	μstrain	μstrain	(μm)	(μm)	(μm)
1	1	0.00E+00	0.00E+00	2.70E-01	4.64E-01	3.63E-01	-2.85E-02	5.11E+01	3.27E+01	-3.89E+01	0.00E+00	0.00E+00	1.82E+02
2	1	0.00E+00	-1.58E-01	2.70E-01	4.48E-01	3.72E-01	-2.78E-02	4.84E+01	3.46E+01	-3.85E+01	0.00E+00	-5.39E+00	1.78E+02
3	2	0.00E+00	0.00E+00	4.45E-01	5.08E-03	4.18E-03	-1.70E-02	3.83E+01	3.35E+01	-8.11E+01	0.00E+00	0.00E+00	1.65E+02
4	2	0.00E+00	-1.58E-01	4.45E-01	4.86E-03	3.72E-03	-1.61E-02	3.68E+01	3.06E+01	-7.64E+01	0.00E+00	-5.12E+00	1.62E+02
5	3	0.00E+00	0.00E+00	6.20E-01	-3.45E-04	-5.77E-04	-1.13E-02	4.39E+01	4.06E+01	-1.09E+02	0.00E+00	0.00E+00	1.52E+02
6	3	0.00E+00	-1.58E-01	6.20E-01	-3.56E-04	-7.19E-04	-1.08E-02	4.26E+01	3.75E+01	-1.04E+02	0.00E+00	-6.23E+00	1.50E+02

System: 2: Palermo-Bolognetta - Prog1 2015-03-12 - Ph1 - Primavera

Layer Number	Thickness (m)	Modulus		Poisson's Ratio	Load Number	Vertical Load	Vertical Stress	Horz. (Shear)		Radius (m)	Shear		
		Elasticity (MPa)				Load (kN)	Stress (MPa)	Load (kN)	Stress (MPa)		X-Coordinate (m)	Y-Coordinate (m)	Angle (Degrees)
1	0.27	3.73E+03		0.35		2.00E+01	5.77E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.05E-01	0.00E+00	-1.58E-01	0.00E+00
2	0.35	2.50E+02		0.35		2.00E+01	5.77E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.05E-01	0.00E+00	1.58E-01	0.00E+00
3		1.00E+02		0.4									

Position Number	Layer Number	X-Coordinate (m)	Y-Coordinate (m)	Depth (m)	Stress XX	Stress YY	Stress ZZ	Strain XX	Strain YY	Strain ZZ	Displacement UX	Displacement UY	Displacement UZ
					(MPa)	(MPa)	(MPa)	μstrain	μstrain	μstrain	(μm)	(μm)	(μm)
1	1	0.00E+00	0.00E+00	2.70E-01	3.73E-01	2.86E-01	-4.09E-02	7.70E+01	4.58E+01	-7.28E+01	0.00E+00	0.00E+00	2.12E+02
2	1	0.00E+00	-1.58E-01	2.70E-01	3.62E-01	2.98E-01	-3.99E-02	7.27E+01	4.98E+01	-7.26E+01	0.00E+00	-7.64E+00	2.06E+02
3	2	0.00E+00	0.00E+00	4.45E-01	7.17E-03	5.69E-03	-2.30E-02	5.30E+01	4.50E+01	-1.10E+02	0.00E+00	0.00E+00	1.84E+02
4	2	0.00E+00	-1.58E-01	4.45E-01	6.84E-03	5.01E-03	-2.16E-02	5.05E+01	4.06E+01	-1.03E+02	0.00E+00	-6.86E+00	1.88E+02
5	3	0.00E+00	0.00E+00	6.20E-01	-1.20E-05	-3.82E-05	-1.43E-02	5.87E+01	5.35E+01	-1.42E+02	0.00E+00	0.00E+00	1.71E+02
6	3	0.00E+00	-1.58E-01	6.20E-01	-3.80E-05	-6.03E-05	-1.37E-02	5.67E+01	4.88E+01	-1.34E+02	0.00E+00	-8.18E+00	1.68E+02

System: 3: Palermo-Bolognetta - Prog1 2015-03-12 - Ph1 - Estate

Layer Number	Thickness (m)	Modulus		Poisson's Ratio	Load Number	Vertical Load	Vertical Stress	Horz. (Shear)		Radius (m)	Shear		
		Elasticity (MPa)				Load (kN)	Stress (MPa)	Load (kN)	Stress (MPa)		X-Coordinate (m)	Y-Coordinate (m)	Angle (Degrees)
1	0.27	1.12E+03		0.4		2.00E+01	5.77E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.05E-01	0.00E+00	-1.58E-01	0.00E+00
2	0.35	2.50E+02		0.35		2.00E+01	5.77E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.05E-01	0.00E+00	1.58E-01	0.00E+00
3		1.00E+02		0.4									

Position Number	Layer Number	X-Coordinate (m)	Y-Coordinate (m)	Depth (m)	Stress XX	Stress YY	Stress ZZ	Strain XX	Strain YY	Strain ZZ	Displacement UX	Displacement UY	Displacement UZ
					(MPa)	(MPa)	(MPa)	μstrain	μstrain	μstrain	(μm)	(μm)	(μm)
1	1	0.00E+00	0.00E+00	2.70E-01	1.83E-01	1.22E-01	-7.29E-02	1.48E+02	6.95E+01	-1.74E+02	0.00E+00	0.00E+00	2.71E+02
2	1	0.00E+00	-1.58E-01	2.70E-01	1.81E-01	1.40E-01	-7.25E-02	1.37E+02	8.62E+01	-1.79E+02	0.00E+00	-1.25E+01	2.62E+02
3	2	0.00E+00	0.00E+00	4.45E-01	1.14E-02	8.02E-03	-3.75E-02	8.69E+01	6.86E+01	-1.77E+02	0.00E+00	0.00E+00	2.31E+02
4	2	0.00E+00	-1.58E-01	4.45E-01	1.07E-02	8.85E-03	-3.45E-02	8.16E+01	6.06E+01	-1.63E+02	0.00E+00	-1.04E+01	2.24E+02
5	3	0.00E+00	0.00E+00	6.20E-01	6.95E-04	-8.67E-05	-2.09E-02	9.09E+01	8.00E+01	-2.12E+02	0.00E+00	0.00E+00	2.04E+02
6	3	0.00E+00	-1.58E-01	6.20E-01	6.25E-04	-5.12E-04	-1.96E-02	8.68E+01	7.09E+01	-1.97E+02	0.00E+00	-1.21E+01	1.99E+02

System: 4: Palermo-Bolognetta - Prog1 2015-03-12 - Ph1 - Autunno

Layer Number	Thickness (m)	Modulus		Poisson's Ratio	Load Number	Vertical Load	Vertical Stress	Horz. (Shear)		Radius (m)	Shear		
		Elasticity (MPa)				Load (kN)	Stress (MPa)	Load (kN)	Stress (MPa)		X-Coordinate (m)	Y-Coordinate (m)	Angle (Degrees)
1	0.27	3.94E+03		0.35		2.00E+01	5.77E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.05E-01	0.00E+00	-1.58E-01	0.00E+00
2	0.35	2.50E+02		0.35		2.00E+01	5.77E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.05E-01	0.00E+00	1.58E-01	0.00E+00
3		1.00E+02		0.4									

Position Number	Layer Number	X-Coordinate (m)	Y-Coordinate (m)	Depth (m)	Stress XX	Stress YY	Stress ZZ	Strain XX	Strain YY	Strain ZZ	Displacement UX	Displacement UY	Displacement UZ
					(MPa)	(MPa)	(MPa)	μstrain	μstrain	μstrain	(μm)	(μm)	(μm)
1	1	0.00E+00	0.00E+00	2.70E-01	3.82E-01	2.95E-01	-3.96E-02	7.44E+01	4.44E+01	-7.02E+01	0.00E+00	0.00E+00	2.09E+02
2	1	0.00E+00	-1.58E-01	2.70E-01	3.70E-01	3.07E-01	-3.87E-02	7.02E+01	4.83E+01	-7.00E+01	0.00E+00	-7.43E+00	2.04E+02
3	2	0.00E+00	0.00E+00	4.45E-01	6.98E-03	5.56E-03	-2.25E-02	5.16E+01	4.39E+01	-1.07E+02	0.00E+00	0.00E+00	1.86E+02
4	2	0.00E+00	-1.58E-01	4.45E-01	6.65E-03	4.89E-03	-2.10E-02	4.92E+01	3.97E+01	-1.00E+02	0.00E+00	-6.70E+00	1.82E+02
5	3	0.00E+00	0.00E+00	6.20E-01	-4.39E-05	-4.00E-05	-1.40E-02	5.73E+01	5.23E+01	-1.39E+02	0.00E+00	0.00E+00	1.69E+02
6	3	0.00E+00	-1.58E-01	6.20E-01	-6.84E-05	-6.12E-05	-1.34E-02	5.53E+01	4.77E+01	-1.31E+02	0.00E+00	-8.00E+00	1.66E+02

Figura A.1: Dati di calcolo della pavimentazione di progetto

Project: Palermo-Bologneta - Alt2 2015-03-23
 Calculated: 23-Mar-2015 13.35.45

System: 1: Palermo-Bologneta - Alt2 2015-03-23 - Ph1 - Inverno

Layer Number	Thickness (m)	Modulus		Poisson's Ratio	Load Number	Vertical	Vertical	Horz. (Shear)		Radius (m)	X-Coordinate (m)	Y-Coordinate (m)	Angle (Degrees)
		Load (kN)	Stress (MPa)			Load (kN)	Stress (MPa)						
1	0.11	7.01E+03		0.3	1	2.00E+01	5.77E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.05E-01	0.00E+00	-1.58E-01	0.00E+00
2	0.18	4.68E+03		0.3	2	2.00E+01	5.77E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.05E-01	0.00E+00	1.58E-01	0.00E+00
3	0.25	1.80E+03		0.3									
4		1.00E+02		0.4									

Position Number	Layer Number	X-Coordinate (m)	Y-Coordinate (m)	Depth (m)	Stress	Stress	Stress	Strain	Strain	Strain	Displacement	Displacement	Displacement
					XX (MPa)	YY (MPa)	ZZ (MPa)	XX (µstrain)	YY (µstrain)	ZZ (µstrain)	UX (µm)	UY (µm)	UZ (µm)
1	1	0.00E+00	0.00E+00	1.10E-01	-3.35E-02	-1.85E-01	-1.35E-01	8.91E+00	-1.91E+01	-9.97E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.47E+02
2	1	0.00E+00	-1.58E-01	1.10E-01	-8.03E-03	-2.69E-02	-3.19E-01	1.37E+01	1.02E+01	-4.40E+01	0.00E+00	6.11E-01	1.47E+02
3	2	0.00E+00	0.00E+00	2.90E-01	1.34E-01	9.44E-02	-6.09E-02	2.64E+01	1.55E+01	-2.76E+01	0.00E+00	0.00E+00	1.42E+02
4	2	0.00E+00	-1.58E-01	2.90E-01	1.28E-01	9.95E-02	-6.06E-02	2.48E+01	1.70E+01	-2.75E+01	0.00E+00	-2.60E+00	1.40E+02
5	3	0.00E+00	0.00E+00	5.40E-01	9.10E-02	8.45E-02	-9.51E-03	3.80E+01	3.34E+01	-3.45E+01	0.00E+00	0.00E+00	1.34E+02
6	3	0.00E+00	-1.58E-01	5.40E-01	8.61E-02	7.74E-02	-9.07E-03	3.64E+01	3.02E+01	-3.23E+01	0.00E+00	-5.09E+00	1.32E+02
7	4	0.00E+00	0.00E+00	5.40E-01	-2.25E-04	-5.60E-04	-9.51E-03	3.80E+01	3.34E+01	-9.20E+01	0.00E+00	0.00E+00	1.34E+02
8	4	0.00E+00	-1.58E-01	5.40E-01	-2.71E-04	-7.20E-04	-9.07E-03	3.64E+01	3.02E+01	-8.67E+01	0.00E+00	-5.09E+00	1.32E+02

System: 2: Palermo-Bologneta - Alt2 2015-03-23 - Ph1 - Primavera

Layer Number	Thickness (m)	Modulus		Poisson's Ratio	Load Number	Vertical	Vertical	Horz. (Shear)		Radius (m)	X-Coordinate (m)	Y-Coordinate (m)	Angle (Degrees)
		Load (kN)	Stress (MPa)			Load (kN)	Stress (MPa)						
1	0.11	3.58E+03		0.35	1	2.00E+01	5.77E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.05E-01	0.00E+00	-1.58E-01	0.00E+00
2	0.18	2.32E+03		0.35	2	2.00E+01	5.77E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.05E-01	0.00E+00	1.58E-01	0.00E+00
3	0.25	1.80E+03		0.3									
4		1.00E+02		0.4									

Position Number	Layer Number	X-Coordinate (m)	Y-Coordinate (m)	Depth (m)	Stress	Stress	Stress	Strain	Strain	Strain	Displacement	Displacement	Displacement
					XX (MPa)	YY (MPa)	ZZ (MPa)	XX (µstrain)	YY (µstrain)	ZZ (µstrain)	UX (µm)	UY (µm)	UZ (µm)
1	1	0.00E+00	0.00E+00	1.10E-01	-2.60E-02	-1.89E-01	-1.45E-01	2.55E+01	-3.63E+01	-1.95E+01	0.00E+00	0.00E+00	1.67E+02
2	1	0.00E+00	-1.58E-01	1.10E-01	4.91E-03	-1.92E-02	-3.25E-01	3.52E+01	2.61E+01	-8.99E+01	0.00E+00	6.06E-01	1.69E+02
3	2	0.00E+00	0.00E+00	2.90E-01	4.34E-02	1.90E-02	-7.96E-02	2.78E+01	1.36E+01	-4.37E+01	0.00E+00	0.00E+00	1.59E+02
4	2	0.00E+00	-1.58E-01	2.90E-01	4.12E-02	2.49E-02	-7.98E-02	2.61E+01	1.66E+01	-4.44E+01	0.00E+00	-2.41E+00	1.56E+02
5	3	0.00E+00	0.00E+00	5.40E-01	1.11E-01	1.02E-01	-1.19E-02	4.68E+01	4.01E+01	-4.21E+01	0.00E+00	0.00E+00	1.50E+02
6	3	0.00E+00	-1.58E-01	5.40E-01	1.04E-01	9.23E-02	-1.13E-02	4.45E+01	3.58E+01	-3.90E+01	0.00E+00	-6.08E+00	1.47E+02
7	4	0.00E+00	0.00E+00	5.40E-01	-4.66E-04	-9.44E-04	-1.19E-02	4.68E+01	4.01E+01	-1.13E+02	0.00E+00	0.00E+00	1.50E+02
8	4	0.00E+00	-1.58E-01	5.40E-01	-5.12E-04	-1.14E-03	-1.13E-02	4.45E+01	3.58E+01	-1.06E+02	0.00E+00	-6.08E+00	1.47E+02

System: 3: Palermo-Bologneta - Alt2 2015-03-23 - Ph1 - Estate

Layer Number	Thickness (m)	Modulus		Poisson's Ratio	Load Number	Vertical	Vertical	Horz. (Shear)		Radius (m)	X-Coordinate (m)	Y-Coordinate (m)	Angle (Degrees)
		Load (kN)	Stress (MPa)			Load (kN)	Stress (MPa)						
1	0.11	9.81E+02		0.4	1	2.00E+01	5.77E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.05E-01	0.00E+00	-1.58E-01	0.00E+00
2	0.18	6.04E+02		0.4	2	2.00E+01	5.77E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.05E-01	0.00E+00	1.58E-01	0.00E+00
3	0.25	1.80E+03		0.3									
4		1.00E+02		0.4									

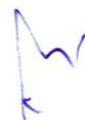
Position Number	Layer Number	X-Coordinate (m)	Y-Coordinate (m)	Depth (m)	Stress	Stress	Stress	Strain	Strain	Strain	Displacement	Displacement	Displacement
					XX (MPa)	YY (MPa)	ZZ (MPa)	XX (µstrain)	YY (µstrain)	ZZ (µstrain)	UX (µm)	UY (µm)	UZ (µm)
1	1	0.00E+00	0.00E+00	1.10E-01	-2.90E-03	-1.83E-01	-1.60E-01	1.37E+02	-1.20E+02	-8.77E+01	0.00E+00	0.00E+00	2.29E+02
2	1	0.00E+00	-1.58E-01	1.10E-01	4.02E-02	8.40E-03	-3.33E-01	1.73E+02	1.28E+02	-3.60E+02	0.00E+00	-1.43E+00	2.42E+02
3	2	0.00E+00	0.00E+00	2.90E-01	-6.67E-02	-7.40E-02	-1.14E-01	1.40E+01	-2.95E+00	-9.53E+01	0.00E+00	0.00E+00	2.01E+02
4	2	0.00E+00	-1.58E-01	2.90E-01	-6.60E-02	-6.96E-02	-1.15E-01	1.28E+01	4.24E+00	-9.98E+01	0.00E+00	-7.29E-02	1.95E+02
5	3	0.00E+00	0.00E+00	5.40E-01	1.52E-01	1.37E-01	-1.83E-02	6.48E+01	5.36E+01	-5.83E+01	0.00E+00	0.00E+00	1.89E+02
6	3	0.00E+00	-1.58E-01	5.40E-01	1.41E-01	1.21E-01	-1.71E-02	6.11E+01	4.68E+01	-5.33E+01	0.00E+00	-8.09E+00	1.84E+02
7	4	0.00E+00	0.00E+00	5.40E-01	-1.90E-03	-2.70E-03	-1.83E-02	6.48E+01	5.36E+01	-1.64E+02	0.00E+00	0.00E+00	1.89E+02
8	4	0.00E+00	-1.58E-01	5.40E-01	-1.88E-03	-2.91E-03	-1.71E-02	6.11E+01	4.68E+01	-1.52E+02	0.00E+00	-8.09E+00	1.84E+02

System: 4: Palermo-Bologneta - Alt2 2015-03-23 - Ph1 - Autunno

Layer Number	Thickness (m)	Modulus		Poisson's Ratio	Load Number	Vertical	Vertical	Horz. (Shear)		Radius (m)	X-Coordinate (m)	Y-Coordinate (m)	Angle (Degrees)
		Load (kN)	Stress (MPa)			Load (kN)	Stress (MPa)						
1	0.11	3.77E+03		0.35	1	2.00E+01	5.77E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.05E-01	0.00E+00	-1.58E-01	0.00E+00
2	0.18	2.46E+03		0.35	2	2.00E+01	5.77E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.05E-01	0.00E+00	1.58E-01	0.00E+00
3	0.25	1.80E+03		0.3									
4		1.00E+02		0.4									

Position Number	Layer Number	X-Coordinate (m)	Y-Coordinate (m)	Depth (m)	Stress	Stress	Stress	Strain	Strain	Strain	Displacement	Displacement	Displacement
					XX (MPa)	YY (MPa)	ZZ (MPa)	XX (µstrain)	YY (µstrain)	ZZ (µstrain)	UX (µm)	UY (µm)	UZ (µm)
1	1	0.00E+00	0.00E+00	1.10E-01	-2.67E-02	-1.89E-01	-1.44E-01	2.39E+01	-3.43E+01	-1.82E+01	0.00E+00	0.00E+00	1.65E+02
2	1	0.00E+00	-1.58E-01	1.10E-01	4.07E-03	-1.99E-02	-3.24E-01	3.30E+01	2.45E+01	-8.46E+01	0.00E+00	5.93E-01	1.67E+02
3	2	0.00E+00	0.00E+00	2.90E-01	5.02E-02	2.47E-02	-7.80E-02	2.80E+01	1.40E+01	-4.24E+01	0.00E+00	0.00E+00	1.58E+02
4	2	0.00E+00	-1.58E-01	2.90E-01	4.78E-02	3.06E-02	-7.82E-02	2.62E+01	1.68E+01	-4.29E+01	0.00E+00	-2.45E+00	1.55E+02
5	3	0.00E+00	0.00E+00	5.40E-01	1.09E-01	1.00E-01	-1.17E-02	4.60E+01	3.95E+01	-4.15E+01	0.00E+00	0.00E+00	1.48E+02
6	3	0.00E+00	-1.58E-01	5.40E-01	1.03E-01	9.10E-02	-1.11E-02	4.38E+01	3.53E+01	-3.85E+01	0.00E+00	-6.00E+00	1.46E+02
7	4	0.00E+00	0.00E+00	5.40E-01	-4.30E-04	-8.94E-04	-1.17E-02	4.60E+01	3.95E+01	-1.12E+02	0.00E+00	0.00E+00	1.48E+02
8	4	0.00E+00	-1.58E-01	5.40E-01	-4.77E-04	-1.09E-03	-1.11E-02	4.38E+01	3.53E+01	-1.04E+02	0.00E+00	-6.00E+00	1.46E+02

Figura A.2: Dati di calcolo della pavimentazione alternativa - fase 1



Project: Palermo-Bolognetta - Alt2 2015-03-23
 Calculated: 23-Mar-2015 13.35.45

System: 5: Palermo-Bolognetta - Alt2 2015-03-23 - Ph2 - Inverno

Layer Number	Thickness (m)	Modulus		Load Number	Vertical Load	Vertical Stress	Horz. (Shear)		Radius (m)	X-Coordinate (m)	Y-Coordinate (m)	Angle (Degrees)
		Elasticity (MPa)	Poisson's Ratio		(kN)	(MPa)	Load (kN)	Stress (MPa)				
1	0.11	7.01E+03	3.00E-01	1.00E+00	2.00E+01	5.77E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.05E-01	0.00E+00	-1.58E-01	0.00E+00
2	0.18	4.68E+03	0.3	2	2.00E+01	5.77E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.05E-01	0.00E+00	1.58E-01	0.00E+00
3	0.25	5.00E+02	0.3									
4		1.00E+02	0.4									

Position Number	Layer Number	X-Coordinate (m)	Y-Coordinate (m)	Depth (m)	Stress XX	Stress YY	Stress ZZ	Strain XX	Strain YY	Strain ZZ	Displacement UX	Displacement UY	Displacement UZ
					(MPa)	(MPa)	(MPa)	µstrain	µstrain	µstrain	(µm)	(µm)	(µm)
1	1	0.00E+00	0.00E+00	1.10E-01	-1.95E-02	-1.69E-01	-1.22E-01	9.67E+00	-1.81E+01	-9.32E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.78E+02
2	1	0.00E+00	-1.58E-01	1.10E-01	5.50E-03	-1.27E-02	-3.07E-01	1.45E+01	1.11E+01	-4.34E+01	0.00E+00	4.55E-01	1.77E+02
3	2	0.00E+00	0.00E+00	2.90E-01	2.89E-01	2.27E-01	-3.68E-02	4.96E+01	3.23E+01	-4.09E+01	0.00E+00	0.00E+00	1.73E+02
4	2	0.00E+00	-1.58E-01	2.90E-01	2.76E-01	2.27E-01	-3.59E-02	4.67E+01	3.31E+01	-3.99E+01	0.00E+00	-5.24E+00	1.70E+02
5	3	0.00E+00	0.00E+00	2.90E-01	1.68E-02	1.02E-02	-3.68E-02	4.96E+01	3.23E+01	-8.97E+01	0.00E+00	0.00E+00	1.73E+02
6	3	0.00E+00	-1.58E-01	2.90E-01	1.58E-02	1.05E-02	-3.59E-02	4.67E+01	3.31E+01	-8.75E+01	0.00E+00	-5.24E+00	1.70E+02
7	4	0.00E+00	0.00E+00	5.40E-01	2.60E-04	-1.58E-04	-1.25E-02	5.30E+01	4.72E+01	-1.25E+02	0.00E+00	0.00E+00	1.56E+02
8	4	0.00E+00	-1.58E-01	5.40E-01	1.96E-04	-3.88E-04	-1.19E-02	5.09E+01	4.28E+01	-1.18E+02	0.00E+00	-7.20E+00	1.54E+02

System: 6: Palermo-Bolognetta - Alt2 2015-03-23 - Ph2 - Primavera

Layer Number	Thickness (m)	Modulus		Load Number	Vertical Load	Vertical Stress	Horz. (Shear)		Radius (m)	X-Coordinate (m)	Y-Coordinate (m)	Angle (Degrees)
		Elasticity (MPa)	Poisson's Ratio		(kN)	(MPa)	Load (kN)	Stress (MPa)				
1	0.11	3.56E+03	3.50E-01	1.00E+00	2.00E+01	5.77E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.05E-01	0.00E+00	-1.58E-01	0.00E+00
2	0.18	2.32E+03	3.50E-01	2.00E+00	2.00E+01	5.77E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.05E-01	0.00E+00	1.58E-01	0.00E+00
3	0.25	5.00E+02	3.00E-01									
4		1.00E+02	0.4									

Position Number	Layer Number	X-Coordinate (m)	Y-Coordinate (m)	Depth (m)	Stress XX	Stress YY	Stress ZZ	Strain XX	Strain YY	Strain ZZ	Displacement UX	Displacement UY	Displacement UZ
					(MPa)	(MPa)	(MPa)	µstrain	µstrain	µstrain	(µm)	(µm)	(µm)
1	1	0.00E+00	0.00E+00	1.10E-01	-1.12E-02	-1.72E-01	-1.30E-01	2.66E+01	-3.44E+01	-1.86E+01	0.00E+00	0.00E+00	2.09E+02
2	1	0.00E+00	-1.58E-01	1.10E-01	1.92E-02	-3.78E-03	-3.11E-01	3.64E+01	2.76E+01	-8.89E+01	0.00E+00	3.31E-01	2.09E+02
3	2	0.00E+00	0.00E+00	2.90E-01	1.93E-01	1.45E-01	-5.29E-02	6.92E+01	4.13E+01	-7.37E+01	0.00E+00	0.00E+00	2.00E+02
4	2	0.00E+00	-1.58E-01	2.90E-01	1.84E-01	1.48E-01	-5.18E-02	6.49E+01	4.38E+01	-7.24E+01	0.00E+00	-6.82E+00	1.95E+02
5	3	0.00E+00	0.00E+00	2.90E-01	2.21E-02	1.14E-02	-5.29E-02	6.92E+01	4.13E+01	-1.26E+02	0.00E+00	0.00E+00	2.00E+02
6	3	0.00E+00	-1.58E-01	2.90E-01	2.07E-02	1.25E-02	-5.18E-02	6.49E+01	4.38E+01	-1.24E+02	0.00E+00	-6.82E+00	1.95E+02
7	4	0.00E+00	0.00E+00	5.40E-01	6.81E-04	1.22E-05	-1.61E-02	7.12E+01	6.19E+01	-1.64E+02	0.00E+00	0.00E+00	1.77E+02
8	4	0.00E+00	-1.58E-01	5.40E-01	5.83E-04	-3.23E-04	-1.52E-02	6.80E+01	5.53E+01	-1.53E+02	0.00E+00	-9.40E+00	1.73E+02

System: 7: Palermo-Bolognetta - Alt2 2015-03-23 - Ph2 - Estate

Layer Number	Thickness (m)	Modulus		Load Number	Vertical Load	Vertical Stress	Horz. (Shear)		Radius (m)	X-Coordinate (m)	Y-Coordinate (m)	Angle (Degrees)
		Elasticity (MPa)	Poisson's Ratio		(kN)	(MPa)	Load (kN)	Stress (MPa)				
1	0.11	9.81E+02	4.00E-01	1.00E+00	2.00E+01	5.77E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.05E-01	0.00E+00	-1.58E-01	0.00E+00
2	0.18	6.04E+02	4.00E-01	2.00E+00	2.00E+01	5.77E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.05E-01	0.00E+00	1.58E-01	0.00E+00
3	0.25	5.00E+02	3.00E-01									
4		1.00E+02	4.00E-01									

Position Number	Layer Number	X-Coordinate (m)	Y-Coordinate (m)	Depth (m)	Stress XX	Stress YY	Stress ZZ	Strain XX	Strain YY	Strain ZZ	Displacement UX	Displacement UY	Displacement UZ
					(MPa)	(MPa)	(MPa)	µstrain	µstrain	µstrain	(µm)	(µm)	(µm)
1	1	0.00E+00	0.00E+00	1.10E-01	5.15E-03	-1.73E-01	-1.49E-01	1.36E+02	-1.17E+02	-8.36E+01	0.00E+00	0.00E+00	2.85E+02
2	1	0.00E+00	-1.58E-01	1.10E-01	4.79E-02	1.76E-02	-3.22E-01	1.73E+02	1.30E+02	-3.55E+02	0.00E+00	-1.78E+00	2.94E+02
3	2	0.00E+00	0.00E+00	2.90E-01	2.11E-02	-1.84E-03	-9.05E-02	9.61E+01	4.29E+01	-1.63E+02	0.00E+00	0.00E+00	2.54E+02
4	2	0.00E+00	-1.58E-01	2.90E-01	1.98E-02	4.46E-03	-8.97E-02	8.93E+01	5.37E+01	-1.65E+02	0.00E+00	-7.72E+00	2.46E+02
5	3	0.00E+00	0.00E+00	2.90E-01	2.11E-02	6.31E-04	-9.05E-02	9.61E+01	4.29E+01	-1.94E+02	0.00E+00	0.00E+00	2.54E+02
6	3	0.00E+00	-1.58E-01	2.90E-01	1.95E-02	5.75E-03	-8.97E-02	8.93E+01	5.37E+01	-1.95E+02	0.00E+00	-7.72E+00	2.46E+02
7	4	0.00E+00	0.00E+00	5.40E-01	6.78E-04	-6.93E-04	-2.49E-02	1.09E+02	8.97E+01	-2.48E+02	0.00E+00	0.00E+00	2.20E+02
8	4	0.00E+00	-1.58E-01	5.40E-01	5.50E-04	-1.21E-03	-2.31E-02	1.03E+02	7.79E+01	-2.28E+02	0.00E+00	-1.35E+01	2.13E+02

System: 8: Palermo-Bolognetta - Alt2 2015-03-23 - Ph2 - Autunno

Layer Number	Thickness (m)	Modulus		Load Number	Vertical Load	Vertical Stress	Horz. (Shear)		Radius (m)	X-Coordinate (m)	Y-Coordinate (m)	Angle (Degrees)
		Elasticity (MPa)	Poisson's Ratio		(kN)	(MPa)	Load (kN)	Stress (MPa)				
1	0.11	3.77E+03	3.50E-01	1.00E+00	2.00E+01	5.77E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.05E-01	0.00E+00	-1.58E-01	0.00E+00
2	0.18	2.46E+03	3.50E-01	2.00E+00	2.00E+01	5.77E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.05E-01	0.00E+00	1.58E-01	0.00E+00
3	0.25	5.00E+02	3.00E-01									
4		1.00E+02	4.00E-01									

Position Number	Layer Number	X-Coordinate (m)	Y-Coordinate (m)	Depth (m)	Stress XX	Stress YY	Stress ZZ	Strain XX	Strain YY	Strain ZZ	Displacement UX	Displacement UY	Displacement UZ
					(MPa)	(MPa)	(MPa)	µstrain	µstrain	µstrain	(µm)	(µm)	(µm)
1	1	0.00E+00	0.00E+00	1.10E-01	-1.17E-02	-1.72E-01	-1.29E-01	2.49E+01	-3.26E+01	-1.73E+01	0.00E+00	0.00E+00	2.06E+02
2	1	0.00E+00	-1.58E-01	1.10E-01	1.85E-02	-4.35E-03	-3.11E-01	3.41E+01	2.60E+01	-8.37E+01	0.00E+00	3.31E-01	2.06E+02
3	2	0.00E+00	0.00E+00	2.90E-01	2.01E-01	1.52E-01	-5.14E-02	6.75E+01	4.06E+01	-7.12E+01	0.00E+00	0.00E+00	1.97E+02
4	2	0.00E+00	-1.58E-01	2.90E-01	1.93E-01	1.55E-01	-5.03E-02	6.33E+01	4.29E+01	-6.99E+01	0.00E+00	-6.69E+00	1.93E+02
5	3	0.00E+00	0.00E+00	2.90E-01	2.18E-02	1.14E-02	-5.14E-02	6.75E+01	4.06E+01	-1.23E+02	0.00E+00	0.00E+00	1.97E+02
6	3	0.00E+00	-1.58E-01	2.90E-01	2.03E-02	1.25E-02	-5.03E-02	6.33E+01	4.29E+01	-1.20E+02	0.00E+00	-6.69E+00	1.93E+02
7	4	0.00E+00	0.00E+00	5.40E-01	6.52E-04	7.94E-06	-1.58E-02	6.96E+01	6.06E+01	-1.60E+02	0.00E+00	0.00E+00	1.75E+02
8	4	0.00E+00	-1.58E-01	5.40E-01	5.57E-04	-3.18E-04	-1.49E-02	6.65E+01	5.42E+01	-1.50E+02	0.00E+00	-9.21E+00	1.72E+02

Figura A.3: Dati di calcolo della pavimentazione alternativa – fase 2

STS MOBILE S.r.l. Servizio Tecnologico Sperimentale

Studio sperimentale delle miscele

Ancona, 15 Dicembre 2015



BOLOGNETTA S.C.P.A.

Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal Km 14.4(Km 0.0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al Km 48,0 (Km 33.6 del Lotto 2- Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121.

**MIX DESIGN CONGLOMERATO BITUMINOSO
RICICLATO A FREDDO PER STRATO DI BASE**
in accordo Norme tecniche allegate al presente documento


STS Mobile S.r.l.
Servizio Tecnologico Sperimentale Mobile
IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
DOTTORE DI RICERCA
Ing. STEFANO TATTOLO

Documento preparato da: Dottore di Ricerca Ing. Stefano Tattolo

Nome file:	N° Commessa	Revisione	Data	Numero Documento
Doc.n°R0498 commessa 1378/15	1378/15	02	15/12/2015	n°R0498/15

Su incarico della Bolognetta S.c.p.a., la STS MOBILE ha allestito una campagna di indagini di laboratorio finalizzata alla formulazione di una miscela in conglomerato bituminoso ricilata a freddo con emulsione bituminosa modificata in accordo alle Norme tecniche allegate al presente documento.

La Committenza ha pertanto provveduto all'invio presso il Laboratorio STS MOBILE di tutti i materiali oggi disponibili per il confezionamento delle miscele:

- Conglomerato bituminoso di recupero, non vagliato e campionato in specifiche aree di cantiere;
- Sabbia 0/3;
- Emulsione bituminosa modificata;
- Cemento 32.5N.

Dall'analisi dell'assortimento granulometrico dei materiali è emerso che la miscela ottimale rispondente ai requisiti delle Norme tecniche è costituita dall'80% di conglomerato bituminoso di recupero e dal 20% di inerte vergine di integrazione (sabbia 0/3).

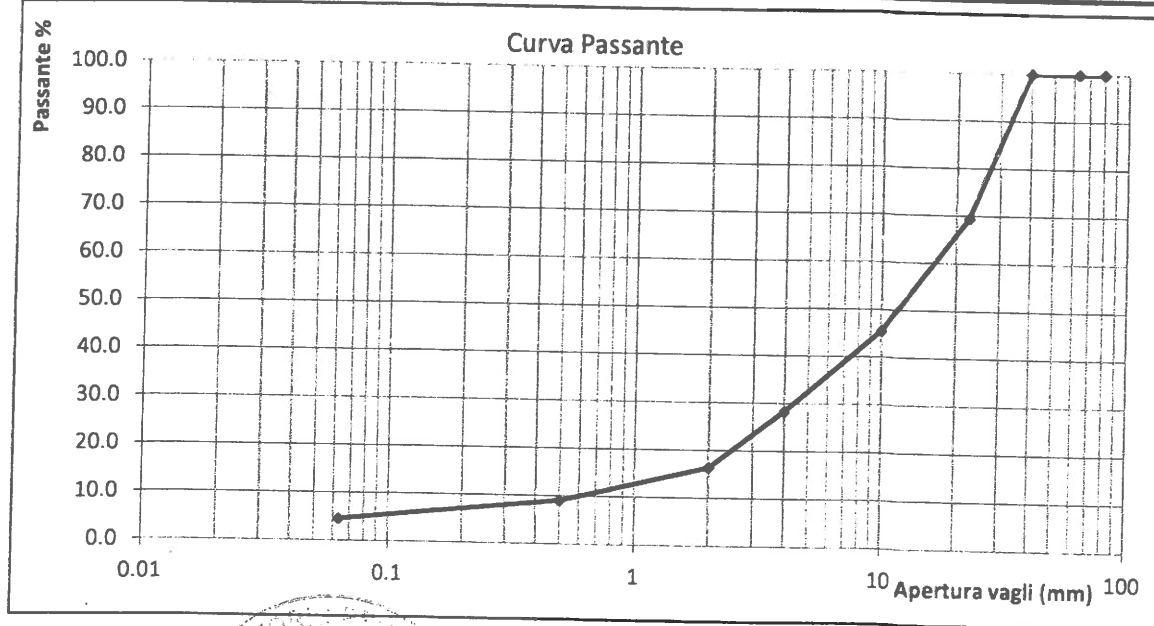
Come è noto il conglomerato bituminosi di recupero è fortemente dipendente dalla variabilità dei luoghi (stratigrafia della pavimentazione fresata, stato fessurativo esistente) e dalla modalità di fresatura (velocità e tipologia di fresa). Al fine di minimizzare le variazioni della granulometria del fresato, in modo da garantire una maggiore omogeneità nella produzione della miscela, l'Appaltatore sta valutando la possibilità di procedere alla vagliatura del conglomerato bituminoso di recupero (fresato). La disponibilità di diverse frazioni granulometriche di fresato potrebbe consentire di ottimizzare la miscela degli aggregati e di ridurre l'apporto di aggregati vergini. In tal caso si procederà ad un ulteriore studio della miscela sulla base dei nuovi materiali disponibili, nel rispetto delle caratteristiche prestazionali previste dalle Norme Tecniche di Capitolato.

PROVE SU CONGLOMERATO BITUMINOSO DI RECUPERO (RICICLATO)

Determinazione della distribuzione granulometrica UNI EN 933-1

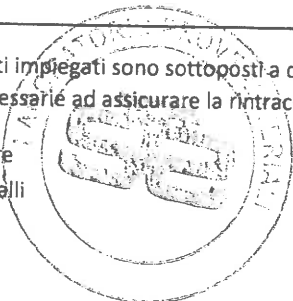
Committente: BOLOGNETTA S.C.P.A.
Indirizzo: Via Trieste, 76- 48122 Ravenna (RA)
Impresa: BOLOGNETTA S.C.P.A.
Cantiere: Cantiere "Bolognetta" tratto Palermo - Lercara Friddi
Opera: Prequalifica base rigenerata a freddo per lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal Km 14.4(Km 0.0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al Km 48,0 (Km 33.6 del Lotto 2- Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121.
Attrezzature: Vibrosetacci elettrico(cod.1103) - Setacci UNI(cod.1010-1046) - Bilancia(cod.1001) - Forno(cod.1004)
Campione: **CONGLOMERATO BITUMINOSO DI RECUPERO (ante-estrazione)**
Consegna: 09/11/2015
Data prove: 10/11/2015
Commessa: 1378-15
Rapporto di prova N°: 32086-15
Data: 24/11/2015
Rev.00 del: 24/11/2015

Setacci UNI No.	Setacci ASTM No.	Apertura [mm]	Massa trattenuta [g]	Massa trattenuta [%]	Cumulativo trattenuto [%]	Passante [%]
		80	0.0	0.0	0.0	100.0
		63	0.0	0.0	0.0	100.0
		40	0.0	0.0	0.0	100.0
		22.5	352.5	30.6	30.6	69.4
		10	275.3	23.9	54.5	45.5
		4	198.1	17.2	71.7	28.3
		2	137.1	11.9	83.6	16.4
		0.5	84.1	7.3	90.9	9.1
		0.063	51.8	4.5	95.4	4.6
Fondo			53.0	4.6	100.0	0.0
Massa Totale			1151.9			



N.B: Gli strumenti impiegati sono sottoposti a controllo periodico di taratura. Il laboratorio fornirà a richiesta le informazioni necessarie ad assicurare la rintracciabilità della catena metrologica.

Lo sperimentatore
 Geom. Matteo Galli



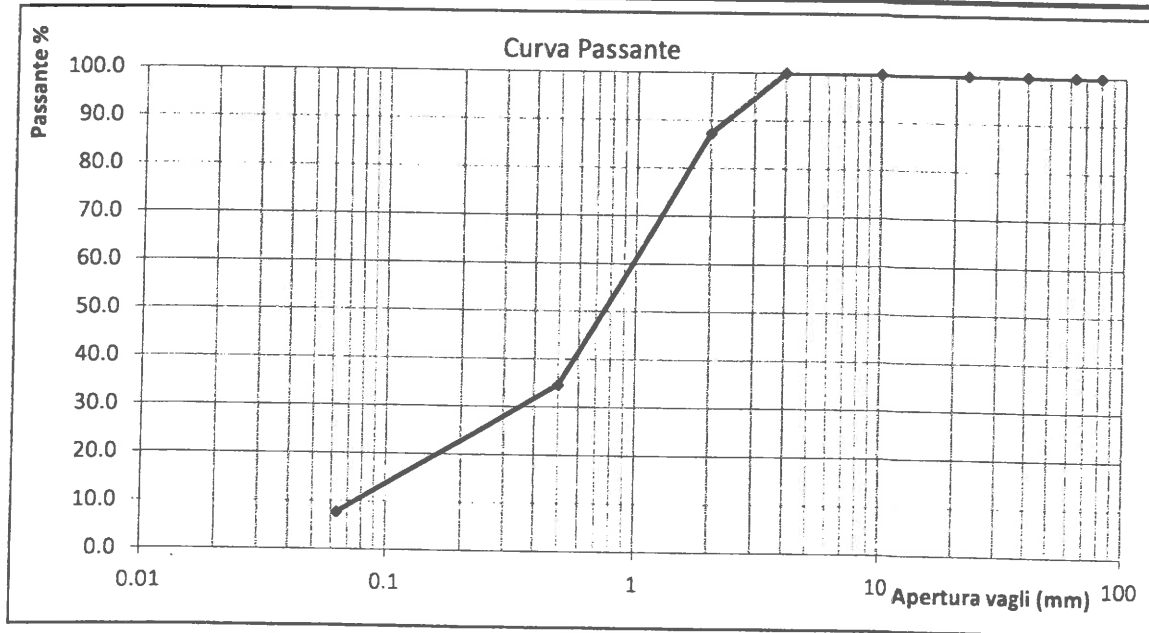
Il direttore del laboratorio
 Dott. di ricerca Ing. Stefano Tattolo

PROVE SU AGGREGATI DI INTEGRAZIONE

Determinazione della distribuzione granulometrica UNI EN 933-1

Committente: BOLOGNETTA S.C.P.A.
Indirizzo: Via Trieste, 76- 48122 Ravenna (RA)
Impresa: BOLOGNETTA S.C.P.A.
Cantiere: Cantiere "Bolognetta" tratto Palermo - Lercara Friddi
Opera: Prequalifica base rigenerata a freddo per lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal Km 14.4(Km 0.0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al Km 48,0 (Km 33.6 del Lotto 2- Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121.
Attrezzature: Vibrosetacci elettrico(cod.1103) - Setacci UNI(cod.1010÷1046) - Bilancia(cod.1001) - Forno(cod.1004)
Campione: SABBIA 0/3 POLVEROSA
Consegna: 09/11/2015
Data prove: 10/11/2015
Commessa: 1378-15
Rapporto di prova N°: 32087-15
Data: 24/11/2015
Rev.00 del: 24/11/2015

Setacci UNI No.	Setacci ASTM No.	Apertura [mm]	Massa trattenuta [g]	Massa trattenuta [%]	Cumulativo trattenuto [%]	Passante [%]
		80	0.0	0.0	0.0	100.0
		63	0.0	0.0	0.0	100.0
		40	0.0	0.0	0.0	100.0
		22.5	0.0	0.0	0.0	100.0
		10	0.0	0.0	0.0	100.0
		4	0.0	0.0	0.0	100.0
		2	136.0	12.7	12.7	87.3
		0.5	564.5	52.7	65.4	34.6
		0.063	288.2	26.9	92.3	7.7
Fondo			82.5	7.7	100.0	0.0
Massa Totale			1071.2			



N.B: Gli strumenti impiegati sono sottoposti a controllo periodico di taratura. Il laboratorio fornirà a richiesta le informazioni necessarie ad assicurare la rintracciabilità della catena metrologica.

Lo sperimentatore
Geom. Matteo Galli

Il direttore del laboratorio
Dott. di ricerca Ing. Stefano Tattolo

Valutazione dei fini - Prova dell'equivalente in sabbia UNI EN 933-8

Committente: BOLOGNETTA S.C.P.A.
Indirizzo: Via Trieste, 76- 48122 Ravenna (RA)
Impresa: BOLOGNETTA S.C.P.A.
Cantiere: Cantiere "Bolognetta" tratto Palermo - Lercara Friddi
Opera: Prequalifica base rigenerata a freddo per lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal Km 14.4(Km 0.0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al Km 48,0 (Km 33.6 del Lotto 2- Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121.
Attrezzature: Attrezzatura per equivalente in sabbia (cod.1065) - Agitatore automatico (cod.1066)
Campione: SABBIA 0/3 POLVEROSA
Consegna: 09/11/2015
Data prove: 10/11/2015
Commessa: 1378-15
Rapporto di prova N° 32241-15
Data : 01/12/2015
Rev.00 del: 01/12/2015

Campione	Provino n°	H [mm]	h [mm]	ES -
SABBIA 0/3 POLVEROSA	1	108	82	76
	2	110	83	75

EQUIVALENTE IN SABBIA MEDIO	ES	76
LIMITE NTA	ES	≥ 60

N.B: Gli strumenti impiegati sono sottoposti a controllo periodico di taratura. Il laboratorio fornirà a richiesta le informazioni necessarie ad assicurare la rintracciabilità della catena metrologica.

Lo sperimentatore
 Dott. Ing. Alessandra Niccoli

Il direttore del laboratorio
 Dott. Ing. Stefano Tattolo

Limiti di Atterberg CNR UNI 10014

Committente: BOLOGNETTA S.C.P.A.
Indirizzo: Via Trieste, 76- 48122 Ravenna (RA)
Impresa: BOLOGNETTA S.C.P.A.
Cantiere: Cantiere "Bolognetta" tratto Palermo - Lercara Friddi
Opera: Prequalifica base rigenerata a freddo per lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal Km 14.4(Km 0.0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al Km 48,0 (Km 33.6 del Lotto 2- Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121.
Attrezzature: Bilancia (cod.1001) - Bilancia (cod.1003) - Cucchiaino di casagrande (cod.1067) - Set completo limiti di ritiro (cod.1069) - Setacci (cod.1046-1018-1021-1025)
Campione: **SABBIA 0/3 POLVEROSA**
Consegna: 09/11/2015
Data prove: 10/11/2015
Commessa: 1378-15 **Data :** 01/12/2015
Rapporto di prova N° : 32242-15 **Rev.00 del:** 01/12/2015

LIMITI DI ATTERBERG CNR UNI 10014

Colpi [n]	[n]	LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO	
Tara contenitore	[g]	-	-	-	-	-	-
Massa lorda umida	[g]	-	-	-	-	-	-
Massa lorda secca	[g]	-	-	-	-	-	-
Contenuto d'acqua	[%]	-	-	-	-	-	-
LIMITE LIQUIDO	[%]	-					
LIMITE PLASTICO	[%]	N.P.					
INDICE PLASTICO	[%]	N.P.					
INDICE DI GRUPPO	IG	-					

N.B: Gli strumenti impiegati sono sottoposti a controllo periodico di taratura. Il laboratorio fornirà a richiesta le informazioni necessarie ad assicurare la rintracciabilità della catena metrologica.

Lo sperimentatore
 Dott. Ing. Alessandra Nicconi

Il direttore del laboratorio
 Dott. di ricerca Ing. Stefano Tattori



PROVE SU LEGANTE BITUMINOSO

Caratterizzazione delle Emulsioni Bituminose e del Legante recuperato per evaporazione

Committente: BOLOGNETTA S.C.P.A.
Indirizzo: Via Trieste, 76- 48122 Ravenna (RA)
Impianto: BOLOGNETTA S.C.P.A.
Cantiere: Cantiere "Bolognetta" tratto Palermo - Lercara Friddi
Opera: Prequalifica base rigenerata a freddo per lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal Km 14.4(Km 0.0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al Km 48,0 (Km 33.6 del Lotto 2- Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121.
Attrezzature: Kit per polarità delle emulsioni (cod.1133); Agitatore per indice di rottura emulsioni (cod.1134); Viscosimetro a efflusso (cod.1135); Set di setacci (cod.1136); Apparecchiatura per la penetrazione con ago (cod.1128); Palla e anello automatico digitale (cod.1127); Stufa (cod.1006); Bilancia (cod.1001)
Materiale: EMULSIONE BITUMINOSA MODIFICATA
Consegna: 09/11/2015
Data prove: 20/11/2015
Commessa: 1378-15
Rapporto di prova N° : 32200-15 (1/2)
Data : 27/11/2015
Rev.00 del: 27/11/2015

UNI EN 1430		Polarità delle particelle delle emulsioni bituminose	
Intensità corrente	9 mA	Polarità	Positiva
UNI EN 13075-1		Indice di rottura - Metodo del filler minerale	
Procedimento	Semi-automatico	BV - Prova n.1	180
Temperatura	26°C	BV - Prova n.2	181
Alimentazione	25 W	BV - Valore medio	181
Velocità di rotazione	280 giri/minuto		
UNI EN 1428		Contenuto di acqua - Metodo della distillazione azeotropica	
N. prove eseguite	1	Conten. d'acqua - w	40.5%
UNI EN 1431		Contenuto di Legante e olii flussanti recuperati mediante distillazione	
Legante recuperato - r	59.5%	Olii flussanti - o	0.2%
UNI EN 12847		Determinazione della tendenza alla sedimentazione: sedimentazione a 7gg	
N. prove eseguite	1	Sedimentazione	6.1%
UNI EN 1429		Residuo alla setacciatura e stabilità allo stoccaggio (dopo 7gg)	
N. prove eseguite	1	R _{0,160}	0.2%
R _{0,500}	0.071%	R _{0,500} (dopo 7 gg)	0.076%

N.B: Gli strumenti impiegati sono sottoposti a controllo periodico di taratura. Il laboratorio fornirà a richiesta le informazioni necessarie ad assicurare la rintracciabilità della catena metrologica.

Lo sperimentatore
 Geom. Matteo Galli

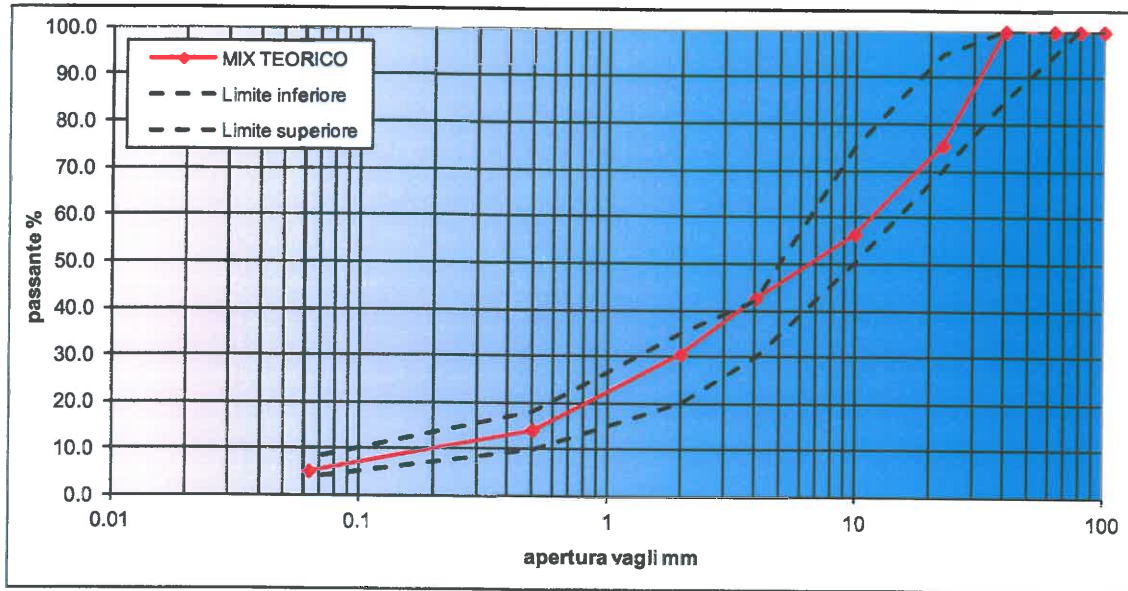
Il direttore del laboratorio
 Dott. di ricerca Ing. Stefano Tattolo

MIX DESIGN DELLA MISCELA

Setacci UNI	Massa trattenuta % Conglomerato bituminoso di recupero	Massa trattenuta % Sabbia 0/3 polverosa
100	0.0	0.0
80	0.0	0.0
63	0.0	0.0
40	0.0	0.0
22.5	30.6	0.0
10	23.9	0.0
4	17.2	0.0
2	11.9	12.7
0.5	7.3	52.7
0.063	4.5	26.9
fondo	4.6	7.7
massa trattenuta totale %	100.0	100.0

Setacci UNI EN	Massa trattenuta %	Massa trattenuta %	Massa trattenuta %
	80%	20%	100%
	Conglomerato bituminoso di recupero	Sabbia 0/3 polverosa	MIX
100	0.0	0.0	0.0
80	0.0	0.0	0.0
63	0.0	0.0	0.0
40	0.0	0.0	0.0
22.5	24.5	0.0	24.5
10	19.1	0.0	19.1
4	13.8	0.0	13.8
2	9.5	2.5	12.1
0.5	5.8	10.5	16.4
0.063	3.6	5.4	9.0
fondo	3.7	1.5	5.2

Setacci UNI EN	Massa trattenuta %	Cumulativa trattenuta %	MIX PASSANTE %	FUSO CAPITOLATO PASSANTE %	
100	0.0	0.0	100.0	100	100
80	0.0	0.0	100.0	100	100
63	0.0	0.0	100.0	95	100
40	0.0	0.0	100.0	85	100
22.5	24.5	24.5	75.5	70	95
10	19.1	43.6	56.4	50	75
4	13.8	57.4	42.6	30	42
2	12.1	69.4	30.6	20	35
0.5	16.4	85.8	14.2	10	18
0.063	9.0	94.8	5.2	4	8
fondo	5.2	100.0	0.0		



Partendo dalla composizione granulometrica delle singole pezzature disponibili si è proceduto alla definizione delle percentuali di impiego di ciascuna delle stesse, al fine di ottenere una miscela conforme al fuso granulometrico di riferimento.

L'assortimento granulometrico della miscela teorica conforme alle specifiche tecniche è quindi costituito da:

- 80 % conglomerato bituminoso di recupero (riciclato)
- 20 % sabbia

Definita la curva granulometrica teorica della miscela, la stessa è stata quindi riprodotta in laboratorio per la verifica dei requisiti, confermando la conformità del prodotto.

PROVE FISICHE E MECCANICHE SULLE MISCELE

Determinazione della resistenza a trazione indiretta e della deformazione a rottura di miscele di aggregati lapidei e bitume UNI EN 12697-23

Committente: BOLOGNETTA S.C.P.A.
Indirizzo: Via Trieste, 76- 48122 Ravenna (RA)
Impresa: BOLOGNETTA S.C.P.A.
Cantiere: Cantiere "Bolognetta" tratto Palermo - Lercara Friddi
Opera: Prequalifica base rigenerata a freddo per lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal Km 14,4(Km 0.0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al Km 48,0 (Km 33.6 del Lotto 2- Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121.
Attrezzature: Pressa giratoria(cod.1095) - Estrusore meccanico(cod.1058) - Bilancia(cod.1000a) - Forno(cod.1006) - Pressa:cella di carico(cod.1007) - trasduttori(cod.1008)
Campione: CONGLOMERATO BITUMINOSO RICICLATO A FREDDO PER STRATO DI BASE: 80% c.b. di recupero - 20% Sabbia 0/3 polverosa - 2,5% cemento 32.5 N - 4,0% emulsione bituminosa modificata - 5,0% H₂O di aggiunta
Consegna: 09/11/2015
Data prove: 16/11/2015
Verbale: -
Commessa: 1378-15 **Data :** 24/11/2015
Rapporto di prova N° : 32089-15 **Rev.00 del:** 24/11/2015

Provino No.	Diametro [mm]	Altezza [mm]	Carico di rottura [N]	Resistenza a trazione indiretta [N/mm ²]	Deformazione unitaria a rottura -	Coefficiente di trazione indiretta [N/mm ²]
1	150	70,9	6859	0,41	0,012	56,0
2	150	71,1	6952	0,41	0,010	64,1
3	150	71,2	6956	0,41	0,011	60,2
4	150	71,4	7026	0,42	0,010	63,0
Valore medio	150	71,2	6948	0,41	0,011	60,8
Limiti NTA	-	-	-	≥ 0,35	-	≥ 40

Note: Data di compattazione dei provini: 13/11/2015	Provini stagionati 72 h a T=40°C e termostati a 25°C per 4 ore prima della prova
Compattazione mediante pressa giratoria - 100 rotazioni	$\gamma_d: 2.118\text{g/cm}^3$

N.B: Gli strumenti impiegati sono sottoposti a controllo periodico di taratura. Il laboratorio fornirà a richiesta le informazioni necessarie ad assicurare la rintracciabilità della catena metrologica.

Lo sperimentatore
 Geom. Matteo Galli

Il direttore del laboratorio
 Dott. di ricerca Ing. Stefano Tattolo

Determinazione della resistenza a trazione indiretta e della deformazione a rottura di miscele di aggregati lapidei e bitume UNI EN 12697-23

Committente: BOLOGNETTA S.C.P.A.
Indirizzo: Via Trieste, 76- 48122 Ravenna (RA)
Impresa: BOLOGNETTA S.C.P.A.
Cantiere: Cantiere "Bolognetta" tratto Palermo - Lercara Friddi
Opera: Prequalifica base rigenerata a freddo per lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal Km 14.4(Km 0.0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al Km 48,0 (Km 33.6 del Lotto 2- Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121.
Attrezzature: Pressa giratoria(cod.1095) - Estrusore meccanico(cod.1058) - Bilancia(cod.1000a) - Forno(cod.1006) - Pressa:cella di carico(cod.1007) - trasduttori(cod.1008)
Campione: **CONGLOMERATO BITUMINOSO RICICLATO A FREDDO PER STRATO DI BASE: 80% c.b. di recupero - 20% Sabbia 0/3 polverosa - 2,5% cemento 32.5 N - 3,5% emulsione bituminosa modificata - 5,0% H₂O di aggiunta**
Consegna: 09/11/2015
Data prove: 16/11/2015
Verbale: -
Commessa: 1378-15
Rapporto di prova N° : 32090-15
Data : 24/11/2015
Rev.00 del: 24/11/2015

Provino No.	Diametro [mm]	Altezza [mm]	Carico di rottura [N]	Resistenza a trazione indiretta [N/mm ²]	Deformazione unitaria a rottura -	Coefficiente di trazione indiretta [N/mm ²]
1	150	70,0	5626	0,34	0,008	70,4
2	150	69,9	6235	0,38	0,008	77,9
3	150	69,9	6022	0,37	0,008	73,4
4	150	68,5	5842	0,36	0,008	74,6
Valore medio	150	69,6	5931	0,36	0,008	74,1
Limiti NTA	-	-	-	≥ 0,35	-	≥ 40

Note: Data di compattazione dei provini: 13/11/2015	Provini stagionati 72 h a T=40°C e termostati a 25°C per 4 ore prima della prova
Compattazione mediante pressa giratoria - 100 rotazioni	$\gamma_d: 2.105\text{g/cm}^3$

N.B: Gli strumenti impiegati sono sottoposti a controllo periodico di taratura. Il laboratorio fornirà a richiesta le informazioni necessarie ad assicurare la rintracciabilità della catena metrologica.

Lo sperimentatore
 Geom. Marco Galli

Il direttore del laboratorio
 Dott. di ricerca Ing. Stefano Tattolo

Determinazione della resistenza a trazione indiretta e della deformazione a rottura di miscele di aggregati lapidei e bitume UNI EN 12697-23

Committente: BOLOGNETTA S.C.P.A.
Indirizzo: Via Trieste, 76- 48122 Ravenna (RA)
Impresa: BOLOGNETTA S.C.P.A.
Cantiere: Cantiere "Bolognetta" tratto Palermo - Lercara Friddi
Opera: Prequalifica base rigenerata a freddo per lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal Km 14.4(Km 0.0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al Km 48,0 (Km 33.6 del Lotto 2- Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121.
Attrezzature: Pressa giratoria(cod.1095) - Estrusore meccanico(cod.1058) - Bilancia(cod.1000a) - Forno(cod.1006) - Pressa:cella di carico(cod.1007) - trasduttori(cod.1008)
Campione: CONGLOMERATO BITUMINOSO RICICLATO A FREDDO PER STRATO DI BASE: 80% c.b. di recupero - 20% Sabbia 0/3 polverosa - 2,5% cemento 32.5 N - 3,0% emulsione bituminosa modificata - 5,0% H₂O di aggiunta
Consegna: 09/11/2015
Data prove: 16/11/2015
Verbale: -
Commessa: 1378-15
Rapporto di prova N° : 32091-15
Data : 24/11/2015
Rev.00 del: 24/11/2015

Provino No.	Diametro [mm]	Altezza [mm]	Carico di rottura [N]	Resistenza a trazione indiretta [N/mm ²]	Deformazione unitaria a rottura -	Coefficiente di trazione indiretta [N/mm ²]
1	150	70,3	4859	0,29	0,006	80,8
2	150	70,2	5023	0,30	0,005	100,0
3	150	70,0	4852	0,29	0,005	94,4
4	150	69,8	4875	0,30	0,006	83,7
Valore medio	150	70,1	4902	0,30	0,005	89,7
Limiti NTA	-	-	-	≥ 0,35	-	≥ 40

Note: Data di compattazione dei provini: 13/11/2015	Provini stagionati 72 h a T=40°C e termostati a 25°C per 4 ore prima della prova
Compattazione mediante pressa giratoria - 100 rotazioni	$\gamma_d: 2.095\text{g/cm}^3$

N.B: Gli strumenti impiegati sono sottoposti a controllo periodico di taratura. Il laboratorio fornirà a richiesta le informazioni necessarie ad assicurare la rintracciabilità della catena metrologica.

Lo sperimentatore
 Geom. Matteo Galli

Il direttore del laboratorio
 Dott. di ricerca Ing. Stefano Tattolo

Determinazione della resistenza a trazione indiretta e della deformazione a rottura di miscele di aggregati lapidei e bitume UNI EN 12697-23

Committente: BOLOGNETTA S.C.P.A.
Indirizzo: Via Trieste, 76- 48122 Ravenna (RA)
Impresa: BOLOGNETTA S.C.P.A.
Cantiere: Cantiere "Bolognetta" tratto Palermo - Lercara Friddi
Opera: Prequalifica base rigenerata a freddo per lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal Km 14.4(Km 0.0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al Km 48,0 (Km 33.6 del Lotto 2- Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121.
Attrezzature: Pressa giratoria(cod.1095) - Estrusore meccanico(cod.1058) - Bilancia(cod.1000a) - Forno(cod.1006) - Pressa:cella di carico(cod.1007) - trasduttori(cod.1008)
Campione: CONGLOMERATO BITUMINOSO RICICLATO A FREDDO PER STRATO DI BASE: 80% c.b. di recupero - 20% Sabbia 0/3 polverosa - 2,0% cemento 32.5 N - 4,0% emulsione bituminosa modificata - 5,0% H₂O di aggiunta
Consegna: 09/11/2015
Data prove: 16/11/2015
Verbale: -
Commessa: 1378-15
Rapporto di prova N° : 32092-15
Data : 24/11/2015
Rev.00 del: 24/11/2015

Provino No.	Diametro [mm]	Altezza [mm]	Carico di rottura [N]	Resistenza a trazione indiretta [N/mm ²]	Deformazione unitaria a rottura -	Coefficiente di trazione indiretta [N/mm ²]
1	150	69,9	4521	0,27	0,012	34,9
2	150	69,8	4986	0,30	0,012	39,8
3	150	69,9	4758	0,29	0,013	34,1
4	150	70,0	4125	0,25	0,012	31,8
Valore medio	150	69,9	4598	0,28	0,013	35,1
Limiti NTA	-	-	-	≥ 0,35	-	≥ 40

Note:	Data di compattazione dei provini: 13/11/2015	Provini stagionati 72 h a T=40°C e termostati a 25°C per 4 ore prima della prova
	Compattazione mediante pressa giratoria - 100 rotazioni	γ_d : 2.103g/cm ³

N.B: Gli strumenti impiegati sono sottoposti a controllo periodico di taratura. Il laboratorio fornirà a richiesta le informazioni necessarie ad assicurare la rintracciabilità della catena metrologica.

Lo sperimentatore
 Geom. Matteo Galli

Il direttore del laboratorio
 Dott. di ricerca Ing. Stefano Tattolo

Determinazione della resistenza a trazione indiretta e della deformazione a rottura di miscele di aggregati lapidei e bitume UNI EN 12697-23

Committente: BOLOGNETTA S.C.P.A.
Indirizzo: Via Trieste, 76- 48122 Ravenna (RA)
Impresa: BOLOGNETTA S.C.P.A.
Cantiere: Cantiere "Bolognetta" tratto Palermo - Lercara Friddi
Opera: Prequalifica base rigenerata a freddo per lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal Km 14.4(Km 0.0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al Km 48,0 (Km 33.6 del Lotto 2- Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121.
Attrezzature: Pressa giratoria(cod.1095) - Estrusore meccanico(cod.1058) - Bilancia(cod.1000a) - Forno(cod.1006) - Pressa:cella di carico(cod.1007) - trasduttori(cod.1008)
Campione: CONGLOMERATO BITUMINOSO RICICLATO A FREDDO PER STRATO DI BASE: 80% c.b. di recupero - 20% Sabbia 0/3 polverosa - 2,0% cemento 32.5 N - 3,5% emulsione bituminosa modificata - 5,0% H₂O di aggiunta
Consegna: 09/11/2015
Data prove: 16/11/2015
Verbale: -
Commessa: 1378-15 **Data :** 24/11/2015
Rapporto di prova N° : 32093-15 **Rev.00 del:** 24/11/2015

Provino No.	Diametro [mm]	Altezza [mm]	Carico di rottura [N]	Resistenza a trazione indiretta [N/mm ²]	Deformazione unitaria a rottura	Coefficiente di trazione indiretta [N/mm ²]
1	150	68,4	4152	0,26	0,008	48,0
2	150	68,4	3965	0,25	0,007	54,6
3	150	68,4	4022	0,25	0,008	47,0
4	150	68,3	3996	0,25	0,008	52,0
Valore medio	150	68,4	4034	0,25	0,008	50,4
Limiti NTA	-	-	-	≥ 0,35	-	≥ 40

Note: Data di compattazione dei provini: 13/11/2015	Provini stagionati 72 h a T=40°C e termostati a 25°C per 4 ore prima della prova
Compattazione mediante pressa giratoria - 100 rotazioni	γ _d : 2.090g/cm ³

N.B: Gli strumenti impiegati sono sottoposti a controllo periodico di taratura. Il laboratorio fornirà a richiesta le informazioni necessarie ad assicurare la rintracciabilità della catena metrologica.

Lo sperimentatore
 Geom. Matteo Galli

Il direttore del laboratorio
 Dott. di Ricerca Ing. Stefano Tattolo

Determinazione della resistenza a trazione indiretta e della deformazione a rottura di miscele di aggregati lapidei e bitume UNI EN 12697-23

Committente: BOLOGNETTA S.C.P.A.
Indirizzo: Via Trieste, 76- 48122 Ravenna (RA)
Impresa: BOLOGNETTA S.C.P.A.
Cantiere: Cantiere "Bolognetta" tratto Palermo - Lercara Friddi
Opera: Prequalifica base rigenerata a freddo per lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal Km 14.4(Km 0.0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al Km 48,0 (Km 33.6 del Lotto 2- Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121.
Attrezzature: Pressa giratoria(cod.1095) - Estrusore meccanico(cod.1058) - Bilancia(cod.1000a) - Forno(cod.1006) - Pressa:cella di carico(cod.1007) - trasduttori(cod.1008)
Campione: **CONGLOMERATO BITUMINOSO RICICLATO A FREDDO PER STRATO DI BASE: 80% c.b. di recupero - 20% Sabbia 0/3 polverosa - 2,0% cemento 32.5 N - 3,0% emulsione bituminosa modificata - 5,0% H₂O di aggiunta**
Consegna: 09/11/2015
Data prove: 16/11/2015
Verbale: -
Commessa: 1378-15 **Data :** 24/11/2015
Rapporto di prova N° : 32094-15 **Rev.00 del:** 24/11/2015

Provino No.	Diametro [mm]	Altezza [mm]	Carico di rottura [N]	Resistenza a trazione indiretta [N/mm ²]	Deformazione unitaria a rottura -	Coefficiente di trazione indiretta [N/mm ²]
1	150	68,6	3748	0,23	0,005	67,0
2	150	68,7	3652	0,23	0,006	61,5
3	150	68,5	3625	0,22	0,006	62,6
4	150	68,6	3529	0,22	0,006	60,3
Valore medio	150	68,6	3639	0,23	0,006	62,8
Limiti NTA	-	-	-	≥ 0,35	-	≥ 40

Note: Data di compattazione dei provini: 13/11/2015	Provini stagionati 72 h a T=40°C e termostati a 25°C per 4 ore prima della prova
Compattazione mediante pressa giratoria - 100 rotazioni	γ_d : 2.087g/cm ³

N.B: Gli strumenti impiegati sono sottoposti a controllo periodico di taratura. Il laboratorio fornirà a richiesta le informazioni necessarie ad assicurare la rintracciabilità della catena metrologica.

Lo sperimentatore
 Geom. Matteo Galli

Il direttore del laboratorio
 Dott. di ricerca Ing. Stefano Tattolo

Determinazione della resistenza a trazione indiretta e della deformazione a rottura di miscele di aggregati lapidei e bitume UNI EN 12697-23

Committente: BOLOGNETTA S.C.P.A.
Indirizzo: Via Trieste, 76- 48122 Ravenna (RA)
Impresa: BOLOGNETTA S.C.P.A.
Cantiere: Cantiere "Bolognetta" tratto Palermo - Lercara Friddi
Opera: Prequalifica base rigenerata a freddo per lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal Km 14.4(Km 0.0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al Km 48,0 (Km 33.6 del Lotto 2- Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121.
Attrezzature: Pressa giratoria(cod.1095) - Estrusore meccanico(cod.1058) - Bilancia(cod.1000a) - Forno(cod.1006) - Pressa:cella di carico(cod.1007) - trasduttori(cod.1008)
Campione: **CONGLOMERATO BITUMINOSO RICICLATO A FREDDO PER STRATO DI BASE: 80% c.b. di recupero - 20% Sabbia 0/3 polverosa - 1,5% cemento 32.5 N - 4,0% emulsione bituminosa modificata - 5,0% H₂O di aggiunta**
Consegna: 09/11/2015
Data prove: 16/11/2015
Verbale: -
Commessa: 1378-15 **Data :** 24/11/2015
Rapporto di prova N° : 32095-15 **Rev.00 del:** 24/11/2015

Provino No.	Diametro [mm]	Altezza [mm]	Carico di rottura [N]	Resistenza a trazione indiretta [N/mm ²]	Deformazione unitaria a rottura -	Coefficiente di trazione indiretta [N/mm ²]
1	150	71,0	3295	0,20	0,013	24,7
2	150	70,6	3185	0,19	0,012	25,8
3	150	70,9	3095	0,19	0,011	26,9
4	150	42332,0	3326	0,00	0,013	0,0
Valore medio	150	10636,1	3225	0,14	0,012	19,4
Limiti NTA	-	-	-	≥ 0,35	-	≥ 40

Note: Data di compattazione dei provini: 13/11/2015	Provini stagionati 72 h a T=40°C e termostati a 25°C per 4 ore prima della prova
Compattazione mediante pressa giratoria - 100 rotazioni	γ _d : 2.088g/cm ³

N.B: Gli strumenti impiegati sono sottoposti a controllo periodico di taratura. Il laboratorio fornirà a richiesta le informazioni necessarie ad assicurare la rintracciabilità della catena metrologica.

Lo sperimentatore
 Geom. Matteo Galli

Il direttore del laboratorio
 Dott. di ricerca Ing. Stefano Tattolo

Determinazione della resistenza a trazione indiretta e della deformazione a rottura di miscele di aggregati lapidei e bitume UNI EN 12697-23

Committente: BOLOGNETTA S.C.P.A.
Indirizzo: Via Trieste, 76- 48122 Ravenna (RA)
Impresa: BOLOGNETTA S.C.P.A.
Cantiere: Cantiere "Bolognetta" tratto Palermo - Lercara Friddi
Opera: Prequalifica base rigenerata a freddo per lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal Km 14.4(Km 0.0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al Km 48,0 (Km 33.6 del Lotto 2- Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121.
Attrezzature: Pressa giratoria(cod.1095) - Estrusore meccanico(cod.1058) - Bilancia(cod.1000a) - Forno(cod.1006) - Pressa:cella di carico(cod.1007) - trasduttori(cod.1008)
Campione: **CONGLOMERATO BITUMINOSO RICICLATO A FREDDO PER STRATO DI BASE: 80% c.b. di recupero - 20% Sabbia 0/3 polverosa - 1,5% cemento 32.5 N - 3,5% emulsione bituminosa modificata - 5,0% H₂O di aggiunta**
Consegna: 09/11/2015
Data prove: 16/11/2015
Verbale: -
Commessa: 1378-15
Rapporto di prova N°: 32096-15
Data: 24/11/2015
Rev.00 del: 24/11/2015

Provino No.	Diametro [mm]	Altezza [mm]	Carico di rottura [N]	Resistenza a trazione indiretta [N/mm ²]	Deformazione unitaria a rottura -	Coefficiente di trazione indiretta [N/mm ²]
1	150	70,2	2856	0,17	0,006	42,5
2	150	70,6	2451	0,15	0,006	38,1
3	150	70,5	2653	0,16	0,007	37,4
4	150	70,5	2749	0,17	0,006	41,7
Valore medio	150	70,5	2677	0,16	0,006	39,9
Limiti NTA	-	-	-	≥ 0,35	-	≥ 40

Note:	Data di compattazione dei provini: 13/11/2015	Provini stagionati 72 h a T=40°C e termostati a 25°C per 4 ore prima della prova
	Compattazione mediante pressa giratoria - 100 rotazioni	γ _d : 2.079g/cm ³

N.B: Gli strumenti impiegati sono sottoposti a controllo periodico di taratura. Il laboratorio fornirà a richiesta le informazioni necessarie ad assicurare la rintracciabilità della catena metrologica.

Lo sperimentatore
 Geom. Matteo Galli

Il direttore del laboratorio
 Dott. di ricerca Ing. Stefano Tattolo

Determinazione della resistenza a trazione indiretta e della deformazione a rottura di miscele di aggregati lapidei e bitume UNI EN 12697-23

Committente: BOLOGNETTA S.C.P.A.
Indirizzo: Via Trieste, 76- 48122 Ravenna (RA)
Impresa: BOLOGNETTA S.C.P.A.
Cantiere: Cantiere "Bolognetta" tratto Palermo - Lercara Friddi
Opera: Prequalifica base rigenerata a freddo per lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal Km 14.4(Km 0.0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al Km 48,0 (Km 33.6 del Lotto 2- Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121.
Attrezzature: Pressa giratoria(cod.1095) - Estrusore meccanico(cod.1058) - Bilancia(cod.1000a) - Forno(cod.1006) - Pressa:cella di carico(cod.1007) - trasduttori(cod.1008)
Campione: CONGLOMERATO BITUMINOSO RICICLATO A FREDDO PER STRATO DI BASE: 80% c.b. di recupero - 20% Sabbia 0/3 polverosa - 1,5% cemento 32.5 N - 3,0% emulsione bituminosa modificata - 5,0% H₂O di aggiunta
Consegna: 09/11/2015
Data prove: 16/11/2015
Verbale: -
Commessa: 1378-15 **Data :** 24/11/2015
Rapporto di prova N° : 32097-15 **Rev.00 del:** 24/11/2015

Provino No.	Diametro [mm]	Altezza [mm]	Carico di rottura [N]	Resistenza a trazione indiretta [N/mm ²]	Deformazione unitaria a rottura -	Coefficiente di trazione indiretta [N/mm ²]
1	150	70,0	2561	0,16	0,004	55,0
2	150	69,5	2356	0,14	0,005	48,5
3	150	69,7	2351	0,14	0,004	51,8
4	150	69,8	2251	0,14	0,004	49,5
Valore medio	150	69,7	2380	0,14	0,004	51,2
Limiti NTA	-	-	-	≥ 0,35	-	≥ 40

Note: Data di compattazione dei provini: 13/11/2015	Provini stagionati 72 h a T=40°C e termostati a 25°C per 4 ore prima della prova
Compattazione mediante pressa giratoria - 100 rotazioni	γ_d : 2.066g/cm ³

N.B: Gli strumenti impiegati sono sottoposti a controllo periodico di taratura. Il laboratorio fornirà a richiesta le informazioni necessarie ad assicurare la rintracciabilità della catena metrologica.

Lo sperimentatore
 Geom. Matteo Galli

Il direttore del laboratorio
 Dott. di Ricerca Ing. Stefano Tattolo

Determinazione del Modulo di Rigidezza mediante prova IT-CY di trazione indiretta su provino cilindrico di conglomerato bituminoso secondo la Norma UNI EN 12697-26 Allegato C

Committente: BOLOGNETTA S.C.P.A.
Indirizzo: Via Trieste, 76- 48122 Ravenna (RA)
Impresa: BOLOGNETTA S.C.P.A.
Cantiere: Cantiere "Bolognetta" tratto Palermo - Lercara Friddi
Opera: Prequalifica base rigenerata a freddo per lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal Km 14,4(Km 0.0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al Km 48,0 (Km 33.6 del Lotto 2- Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121.
Attrezzatura: Macchina universale per prove prestazionali su C.B. (cod.1089) - Calibro digitale (cod.1063a)
Campione: CONGLOMERATO BITUMINOSO RICICLATO A FREDDO PER STRATO DI BASE : 80% c.b. di recupero - 20% Sabbia 0/3 polverosa - 2,5% cemento 32.5 N - 3,5% emulsione bituminosa modificata - 5,0% H₂O di aggiunta
Consegna: 09/11/2015
Data prove: 18/11/2015
Verbale: -
Commessa: 1378-15 **Data :** 24/11/2015
Rapporto di prova N° : 32098-15 **Rev.01 del:** 15/12/2015

Informazioni sul provino	
Identificazione	1
Spessore [mm]	59,6
Diametro [mm]	150,5
Sezione[mm ²]	17789,5
Commenti:	Compattazione in accordo UNI EN 12697-31 - 160 giri

Parametri di setup	
Tempo di carico [ms]	124±4
Periodo di ripetizione del carico [ms]	3000
N. colpi di condizionamento	10
Temperatura di prova [°C]	20
Coefficiente di Poisson stimato	0,35

DIAMETRO 1						
	Colpo 1	Colpo 2	Colpo 3	Colpo 4	Colpo 5	Media
Modulo di Rigidezza [Mpa]	3397	3268	3208	3178	2514	3113
Modulo di Rigidezza corretto [Mpa]	3309	3183	3142	3109	3084	3165
Fattore di area	0,55	0,55	0,56	0,56	0,56	0,56

DIAMETRO 2						
	Colpo 1	Colpo 2	Colpo 3	Colpo 4	Colpo 5	Media
Modulo di Rigidezza [Mpa]	3339	3322	3334	3320	3307	3324
Modulo di Rigidezza corretto [Mpa]	3292	3258	3278	3265	3249	3268
Fattore di area	0,57	0,56	0,57	0,57	0,57	0,57

MODULO DI RIGIDEZZA [Mpa]	3217	20°C
----------------------------------	-------------	-------------

N.B: Gli strumenti impiegati sono sottoposti a controllo periodico di taratura. Il laboratorio fornirà a richiesta le informazioni necessarie ad assicurare la rintracciabilità della catena metrologica.

Lo sperimentatore
 Geom. Matteo Galli

Il direttore del laboratorio
 Dott. di ricerca Ing. Stefano Tattolo

Determinazione del Modulo di Rigidezza mediante prova IT-CY di trazione indiretta su provino cilindrico di conglomerato bituminoso secondo la Norma UNI EN 12697-26 Allegato C

Committente: BOLOGNETTA S.C.P.A.
Indirizzo: Via Trieste, 76- 48122 Ravenna (RA)
Impresa: BOLOGNETTA S.C.P.A.
Cantiere: Cantiere "Bolognetta" tratto Palermo - Lercara Friddi
Opera: Prequalifica base rigenerata a freddo per lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal Km 14.4(Km 0.0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al Km 48,0 (Km 33.6 del Lotto 2- Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121.
Attrezzatura: Macchina universale per prove prestazionali su C.B. (cod.1089) - Calibro digitale (cod.1063a)
Campione: CONGLOMERATO BITUMINOSO RICICLATO A FREDDO PER STRATO DI BASE : 80% c.b. di recupero - 20% Sabbia 0/3 polverosa - 2,5% cemento 32.5 N - 4,0% emulsione bituminosa modificata - 5,0% H₂O di aggiunta
Consegna: 09/11/2015
Data prove: 18/11/2015
Verbale: -
Commessa: 1378-15
Rapporto di prova N° : 32099-15
Data : 24/11/2015
Rev.00 del: 24/11/2015

Informazioni sul provino		Parametri di setup	
Identificazione	1	Tempo di carico [ms]	124±4
Spessore [mm]	5904.0	Periodo di ripetizione del carico [ms]	3000
Diametro [mm]	150.5	N. colpi di condizionamento	10
Sezione[mm ²]	17789.5	Temperatura di prova [°C]	20
Commenti:	Compattazione in accordo UNI EN 12697-31 - 160 giri	Coefficiente di Poisson stimato	0.35

DIAMETRO 1						
	Colpo 1	Colpo 2	Colpo 3	Colpo 4	Colpo 5	Media
Modulo di Rigidezza [Mpa]	3562	3518	3498	3475	3365	3484
Modulo di Rigidezza corretto [Mpa]	3481	3479	3385	3342	3265	3390
Fattore di area	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59

DIAMETRO 2						
	Colpo 1	Colpo 2	Colpo 3	Colpo 4	Colpo 5	Media
Modulo di Rigidezza [Mpa]	3645	3585	3479	3316	3201	3445
Modulo di Rigidezza corretto [Mpa]	3603	3595	3425	3354	3225	3440
Fattore di area	0.60	0.60	0.59	0.60	0.60	0.60

MODULO DI RIGIDEZZA [Mpa]	3415	20°C
---------------------------	------	------

N.B: Gli strumenti impiegati sono sottoposti a controllo periodico di taratura. Il laboratorio fornirà a richiesta le informazioni necessarie ad assicurare la rintracciabilità della catena metrologica.

Lo sperimentatore
Geom. Matteo Galli

Il direttore del laboratorio
Dott. di Ricerca Ing. Stefano Tattolo

Determinazione della resistenza a trazione indiretta e della deformazione a rottura di miscele di aggregati lapidei e bitume UNI EN 12697-23

Committente: BOLOGNETTA S.C.P.A.
Indirizzo: Via Trieste, 76- 48122 Ravenna (RA)
Impresa: BOLOGNETTA S.C.P.A.
Cantiere: Cantiere "Bolognetta" tratto Palermo - Lercara Friddi
Opera: Prequalifica base rigenerata a freddo per lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal Km 14.4(Km 0.0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al Km 48,0 (Km 33.6 del Lotto 2- Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121.
Attrezzature: Pressa giratoria(cod.1095) - Estrusore meccanico(cod.1058) - Bilancia(cod.1000a) - Forno(cod.1006) - Pressa:cella di carico(cod.1007) - trasduttori(cod.1008)
Campione: **BASE RIGENERATA A FREDDO : 80% fresato - 20% Sabbia 0/3 polverosa - 2,5% cemento 32.5 N - 3,5% emulsione bituminosa modificata - 5,0% H2O di aggiunta**
Consegna: 09/11/2015
Data prove: 19/11/2015
Verbale: -
Commessa: 1378-15 **Data :** 27/11/2015
Rapporto di prova N° : 32201-15 **Rev.00 del:** 27/11/2015

Provino No.	Diametro [mm]	Altezza [mm]	Carico di rottura [N]	Resistenza a trazione indiretta [N/mm ²]	Deformazione unitaria a rottura -	Coefficiente di trazione indiretta [N/mm ²]
1	150	68.1	5057	0.32	0.010	48.8
2	150	67.8	5062	0.32	0.011	47.0
3	150	68.2	5023	0.31	0.010	48.8
4	150	67.9	5045	0.32	0.011	45.3
Valore medio	150	68.0	5047	0.31	0.010	47.4
Limiti NTA	-	-	-	-	-	-

Note:
 Data di compattazione dei provini: 16/11/2015
 Condizionamento dei provini: 40°C per 72 ore e 25°C in imbibizione, per 1 ora sottovuoto a 50 mm di mercurio.
 Compattazione mediante pressa giratoria - 100 rotazioni
 Temperatura di prova: 25°C

valore medio trazione indiretta (vedi cert. 32090-15)	valore medio trazione indiretta post-imbibizione	perdita di resistenza (resistenza residua)	limiti NTA
[N/mm ²]	[N/mm ²]	%	%
0.36	0.31	86.11	≥70

N.B: Gli strumenti impiegati sono sottoposti a controllo periodico di taratura. Il laboratorio fornirà a richiesta le informazioni necessarie ad assicurare la rintracciabilità della catena metrologica.

Lo sperimentatore
 Dott. Ing. Francesco Baleani

Il direttore del laboratorio
 Dott. di Ricerca Ing. Stefano Tattolo

Determinazione della resistenza a trazione indiretta e della deformazione a rottura di miscele di aggregati lapidei e bitume UNI EN 12697-23

Committente: BOLOGNETTA S.C.P.A.
Indirizzo: Via Trieste, 76- 48122 Ravenna (RA)
Impresa: BOLOGNETTA S.C.P.A.
Cantiere: Cantiere "Bolognetta" tratto Palermo - Lercara Friddi
Opera: Prequalifica base rigenerata a freddo per lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal Km 14.4(Km 0.0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al Km 48,0 (Km 33.6 del Lotto 2- Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121.
Attrezzature: Pressa giratoria(cod.1095) - Estrusore meccanico(cod.1058) - Bilancia(cod.1000a) - Forno(cod.1006) - Pressa:cella di carico(cod.1007) - trasduttori(cod.1008)
Campione: **BASE RIGENERATA A FREDDO : 80% fresato - 20% Sabbia 0/3 polverosa - 2,5% cemento 32.5 N - 4% emulsione bituminosa modificata - 5,0% H2O di aggiunta**
Consegna: 09/11/2015
Data prove: 19/11/2015
Verbale: -
Commessa: 1378-15 **Data :** 27/11/2015
Rapporto di prova N° : 32202-15 **Rev.00 del:** 27/11/2015

Provino No.	Diametro [mm]	Altezza [mm]	Carico di rottura [N]	Resistenza a trazione indiretta [N/mm ²]	Deformazione unitaria a rottura	Coefficiente di trazione indiretta [N/mm ²]
1	150	68.2	6057	0.38	0.011	54.7
2	150	67.9	5762	0.36	0.011	50.2
3	150	68.5	5923	0.37	0.011	53.7
4	150	67.5	5945	0.37	0.011	53.7
Valore medio	150	68.0	5922	0.37	0.011	53.1
Limiti NTA	-	-	-	-	-	-

Note: Data di compattazione dei provini: 16/11/2015
 Condizionamento dei provini: 40°C per 72 ore e 25°C in imbibizione, per 1 ora sottovuoto a 50 mm di mercurio.
 Compattazione mediante pressa giratoria - 100 rotazioni
 Temperatura di prova: 25°C

valore medio trazione indiretta (vedi cert. 32089-15)	valore medio trazione indiretta post-imbibizione	perdita di resistenza (resistenza residua)	limiti NTA
[N/mm ²]	[N/mm ²]	%	%
0.41	0.37	90.11	≥70

N.B: Gli strumenti impiegati sono sottoposti a controllo periodico di taratura. Il laboratorio fornirà a richiesta le informazioni necessarie ad assicurare la rintracciabilità della catena metrologica.

Lo sperimentatore
 Dott. Ing. Francesco Bellani

Il direttore del laboratorio
 Dott. di ricerca Ing. Stefano Tattolo

DETERMINAZIONE DEL CONTENUTO OTTIMALE D'ACQUA:

Al fine di determinare il massimo addensamento della miscela, e quindi il contenuto d'acqua ottimale, sono stati compattate n.6 serie di provini mediante pressa giratoria al variare dell'umidità della miscela.

Le risultanze sperimentali di seguito riportate evidenziano quale contenuto ottimale d'acqua il dosaggio pari al 5.0%, per il quale risulta il massimo addensamento (γ_d) e una minor quantità d'acqua espulsa (inferiore al 0.5%).

I provini con diverso contenuto d'acqua sono stati compattati con pressa giratoria (UNI EN 12697-31) nelle seguenti condizioni di prova:

- fustella drenata
- angolo di rotazione : $1.25^\circ \pm 0.02^\circ$
- velocità di rotazione : 30giri/min
- pressione verticale : 600 kPa
- diametro provino: 150 mm
- n°giri: 100
- massa del provino: 2800 g

MISCELA + 2% CEMENTO + 3% ACQUA								
Provino	Massa pre-comp	Massa post-comp	(*) Massa asciutta	Variazione di massa	Dimensione		Umidità	γ_d
[n]	[g]	[g]	[g]	[%]	ϕ [mm]	h [mm]	[%]	[cm ³]
1	2800,4	2799,8	2545,6	0,0	150,5	68,8	3,0	2,080
2	2800,1	2797,8	2524,9	0,1	150,5	68,4	3,0	2,048
3	2799,8	2798,1	2566,3	0,1	150,5	68,4	3,0	2,054
Limite NTA				< 0,5%				
(*) Provini essiccati a T=40°C fino a peso costante. Massa volumica media (UNI EN 12697-6/ procedura D). $\gamma_d: 2.061 \text{ g/cm}^3$								

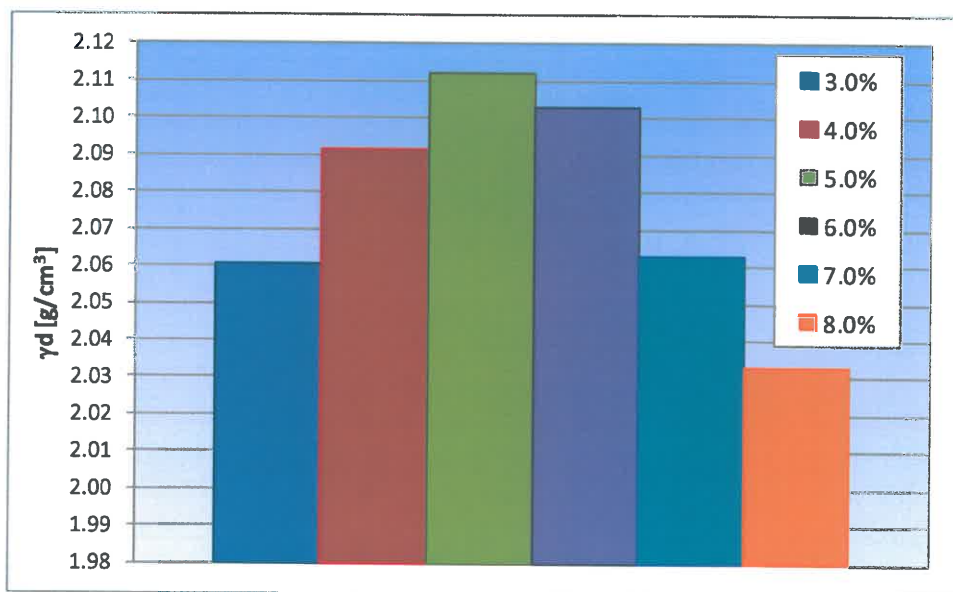
MISCELA + 2% CEMENTO + 4% ACQUA								
Provino	Massa pre-comp	Massa post-comp	(*) Massa asciutta	Variazione di massa	Dimensione		Umidità	γ_d
[n]	[g]	[g]	[g]	[%]	ϕ [mm]	h [mm]	[%]	[cm ³]
1	2799,7	2796,9	2591,5	0,1	150,5	68,9	4,0	2,114
2	2801,5	2795,3	2581,5	0,2	150,5	68,8	4,0	2,081
3	2800,4	2795,6	2608,6	0,2	150,5	68,7	4,0	2,079
Limite NTA				< 0,5%				
(*) Provini essiccati a T=40°C fino a peso costante. Massa volumica media (UNI EN 12697-6/ procedura D). $\gamma_d: 2.092 \text{ g/cm}^3$								

MISCELA + 2% CEMENTO + 5% ACQUA								
Provino	Massa pre-comp	Massa post-comp	(*) Massa asciutta	Variazione di massa	Dimensione		Umidità	γ_d
[n]	[g]	[g]	[g]	[%]	ϕ [mm]	h [mm]	[%]	[cm ³]
1	2801,2	2794,4	2551,5	0,2	150,5	68,1	5,0	2,106
2	2801,0	2790,5	2581,5	0,4	150,5	67,8	5,0	2,112
3	2799,1	2789,8	2638,6	0,3	150,5	68,2	5,0	2,118
Limite NTA				< 0,5%				
(*) Provini essiccati a T=40°C fino a peso costante. Massa volumica media (UNI EN 12697-6/ procedura D). $\gamma_d: 2.112 \text{ g/cm}^3$								

MISCELA + 2% CEMENTO + 6% ACQUA								
Provino	Massa pre-comp	Massa post-comp	(*) Massa asciutta	Variazione di massa	Dimensione		Umidità	γ_d
[n]	[g]	[g]	[g]	[%]	ϕ [mm]	h [mm]	[%]	[cm ³]
1	2800,5	2775,5	2561,5	0,9	150,5	68,5	6,0	2,102
2	2801,1	2780,5	2591,5	0,7	150,5	67,8	6,0	2,120
3	2799,8	2768,7	2598,6	1,1	150,5	68,2	6,0	2,086
Limite NTA				< 0,5%				
(*) Provini essiccati a T=40°C fino a peso costante. Massa volumica media (UNI EN 12697-6/ procedura D). $\gamma_d: 2.103 \text{ g/cm}^3$								

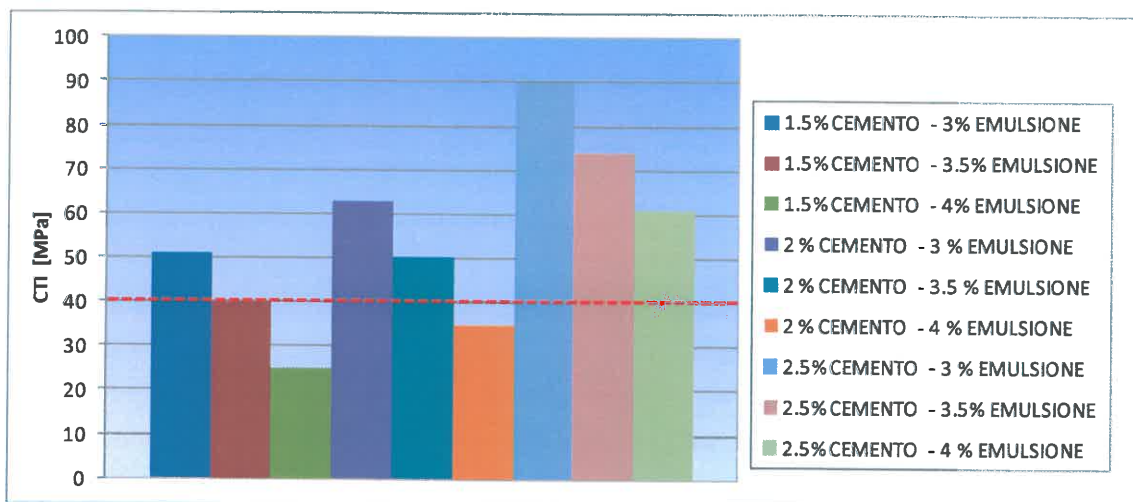
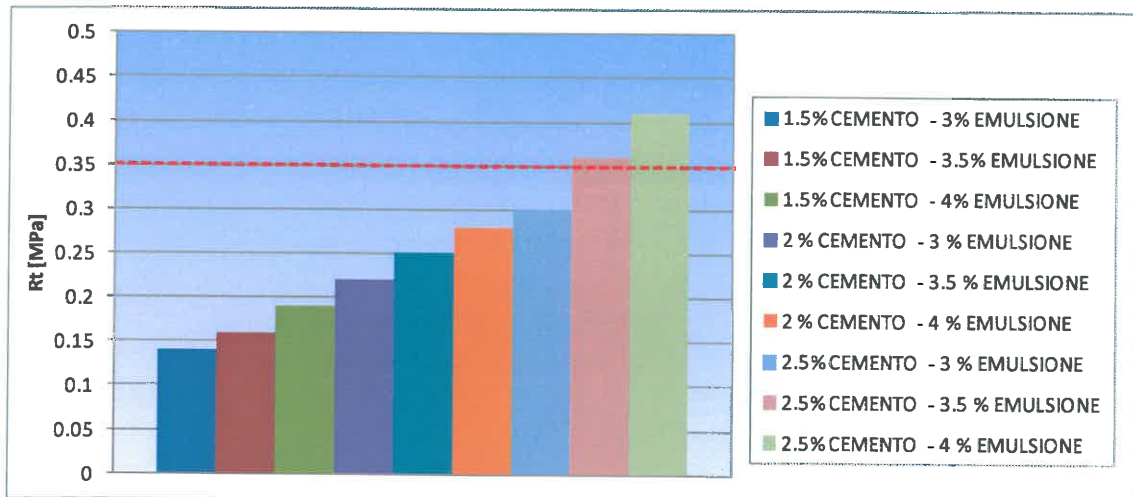
MISCELA + 2% CEMENTO + 7% ACQUA								
Provino	Massa pre-comp	Massa post-comp	(*) Massa asciutta	Variazione di massa	Dimensione		Umidità	γ_d
[n]	[g]	[g]	[g]	[%]	ϕ [mm]	h [mm]	[%]	[cm ³]
1	2799,5	2778,5	2547,6	0,8	150,5	68,5	7,0	2,091
2	2801,0	2778,4	2562,3	0,8	150,5	68,9	7,0	2,063
3	2797,9	2778,5	2549,5	0,7	150,5	68,6	7,0	2,035
Limite NTA				< 0,5%				
(*) Provini essiccati a T=40°C fino a peso costante. Massa volumica media (UNI EN 12697-6/ procedura D). $\gamma_d: 2.063 \text{ g/cm}^3$								

MISCELA + 2% CEMENTO + 8% ACQUA								
Provino	Massa pre-comp	Massa post-comp	(*) Massa asciutta	Variazione di massa	Dimensione		Umidità	γ_d
[n]	[g]	[g]	[g]	[%]	ϕ [mm]	h [mm]	[%]	[cm ³]
1	2800,4	2766,0	2537,6	1,2	150,5	69,8	8,0	2,044
2	2800,2	2768,9	2542,3	1,1	150,5	69,3	8,0	2,035
3	2799,9	2759,6	2550,2	1,4	150,5	69,1	8,0	2,021
Limite NTA				< 0,5%				
(*) Provini essiccati a T=40°C fino a peso costante. Massa volumica media (UNI EN 12697-6/ procedura D). $\gamma_d: 2.033 \text{ g/cm}^3$								



Utilizzando le stesse modalità di compattazione e il contenuto d'acqua ottimale, sono stati confezionati provini a diverse percentuali di cemento ed emulsione al fine di stabilire le percentuali ottimali di dosaggio.

SCHEMA DI SINTESI DELLA MISCELA OTTIMALE

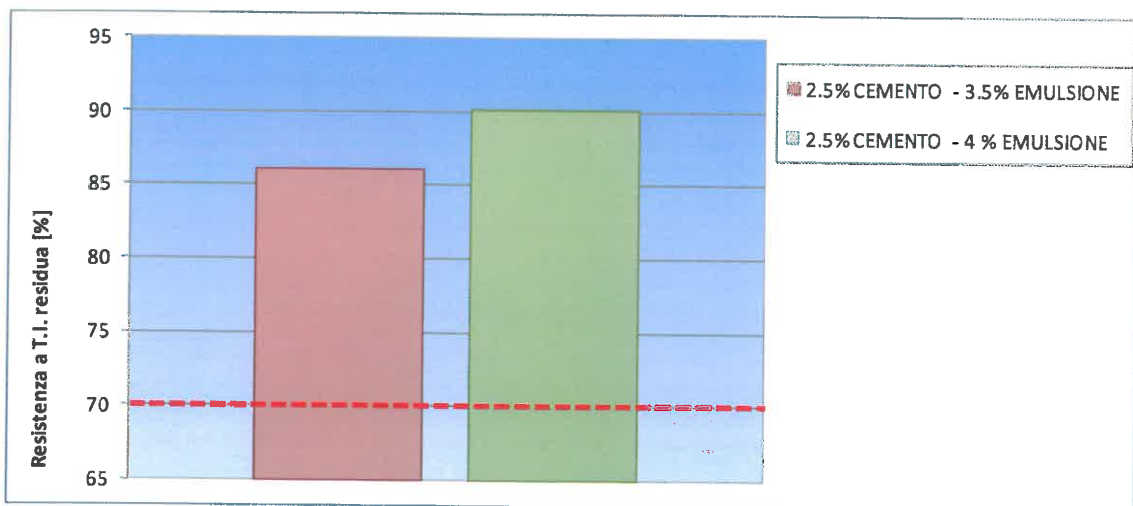
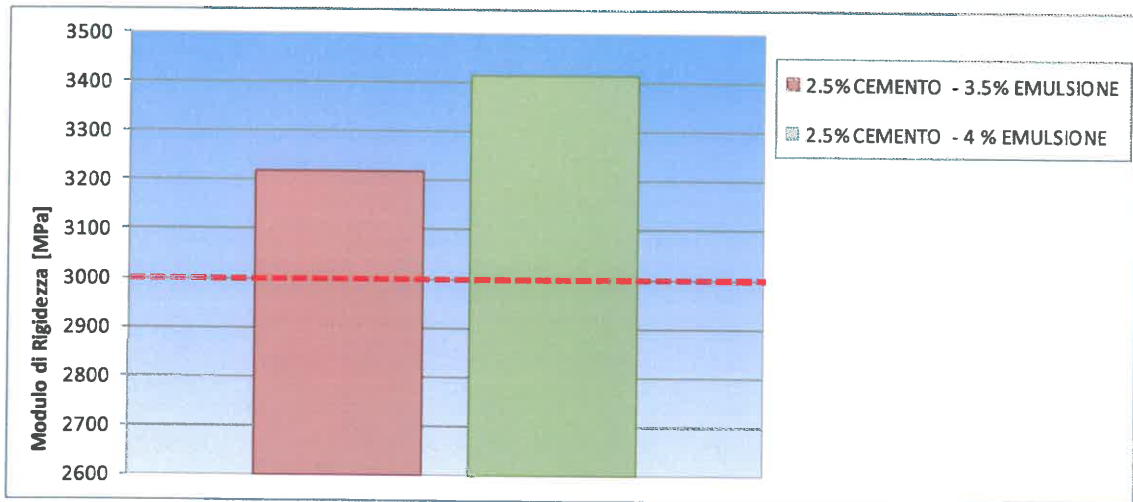


Dalle risultanze sperimentali emerge che le miscele conformi ai requisiti indicati nelle Norme tecniche allegato, per resistenza a trazione indiretta e CTI, risultano essere quelle confezionate con:

- **2.5% cemento e il 3.5% di emulsione;**
- **2.5% cemento e il 4.0% di emulsione.**

Per tali miscele sono stati pertanto confezionati provini per la determinazione dei seguenti parametri:

- Modulo di rigidezza (UNI EN 12697-26 App.C);
- Perdita di resistenza a trazione indiretta dopo imbibizione a 25°C;
- Densità geometrica di riferimento a 100giri per la verifica dell'addensamento in sito (quest'ultima solo per la miscela conforme ai due precedenti requisiti meccanico-prestazionali di Modulo e resistenza a trazione indiretta).



I valori riportati negli istogrammi evidenziano come entrambe le miscele siano conformi, oltre che ai requisiti meccanici di trazione indiretta e CTI, anche ai requisiti prestazionali espressi dal Modulo di Rigidezza, che risultano essere superiori al limite indicato nelle Norme tecniche allegate (3000MPa).

La miscela ottimale risulta pertanto essere quella confezionata con il 2.5% di cemento e il 3.5% di emulsione bituminosa.

Per tale miscela si è proceduto infine alla verifica della densità geometrica di riferimento a 100 giri.

DENSITÀ GEOMETRICA DI RIFERIMENTO A 100 GIRI PER IL CONTROLLO IN SITO

Provino	Massa (*)	Dimensione		Densità geometrica a 100 giri	Valore medio
[n]	[g]	Φ [mm]	h [mm]	[kg/m ³]	[kg/m ³]
1	2612	150,5	69,3	2118	2118
2	2615	150,5	69,4	2116	
3	2616	150,5	69,6	2121	
4	2614	150,5	69,2	2117	
<i>(*) Provini stagionati in stufa a 40°C fino a massa costante</i>					

NORME TECNICHE

Articolo

CONGLOMERATI BITUMINOSI RICICLATI A FREDDO PER LA FORMAZIONE DI STRATI DI BASE

Il conglomerato bituminoso riciclato a freddo, direttamente in sito o in impianto (fisso o mobile) viene realizzato mediante idonee attrezzature che consentano di impastare, stendere e compattare la miscela costituita dal conglomerato bituminoso di riciclo, eventuali inerti di integrazione, emulsione modificata, acqua, cemento ed eventuali additivi.

Il conglomerato bituminoso di riciclo può provenire dalla frantumazione con macchina fresatrice, direttamente dalla sua primitiva posizione, oppure da siti di stoccaggio autorizzati di materiale proveniente dalla demolizione di pavimentazioni stradali.

A) MATERIALI COSTITUENTI E LORO QUALIFICAZIONE

1) Conglomerato bituminoso di recupero (UNI EN 13108)

Per conglomerato bituminoso di recupero (riciclato) deve intendersi il conglomerato proveniente dalla demolizione (anche parziale) di pavimentazioni stradali o aeroportuali. La demolizione può essere eseguita con macchine fresatrici o con macchine di altro tipo (escavatori, ecc.). In questo secondo caso il materiale di recupero deve essere sottoposto ad un processo di frantumazione – disgregazione per la riduzione dei blocchi e delle placche alle dimensioni adeguate per il suo riutilizzo.

Il conglomerato bituminoso riciclato, nei casi in cui la miscelazione sia prevista in impianto (fisso o mobile) deve essere vagliato prima del suo reimpiego per eliminare eventuali elementi (grumi, placche, ecc.) di dimensioni superiori al Dmax previsto per la miscela (40 mm per gli strati di base; 25 mm per il binder). Tale operazione non è necessaria quando è prevista la miscelazione in sito mediante pulvimixer.

Nel caso sia previsto l'impiego di conglomerato di recupero di provenienza esterna al cantiere, esso deve essere preventivamente qualificato in conformità alla norma UNI EN 13108-8.

La granulometria del conglomerato di recupero deve essere eseguita per via umida sul materiale prelevato all'impianto, dopo la vagliatura, oppure dopo un passaggio di pulvimixer quando sia prevista la miscelazione in sito.

2) Aggregati di integrazione

Qualora la composizione granulometrica del materiale fresato non consenta la realizzazione della curva di progetto e/o il bitume nel conglomerato da riciclare sia maggiore del 5%, la miscela deve essere integrata con aggregati nuovi, grossi e fini, costituiti da elementi ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali (rocce, aggregati naturali tondeggianti, aggregati naturali a spigoli vivi).

Gli aggregati impiegati dovranno essere qualificati in conformità alla direttiva 89/106/CEE sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13043.

La designazione dell'aggregato grosso dovrà essere effettuata mediante le dimensioni degli stacci appartenenti al gruppo di base più gruppo 2 della UNI EN 13043.

L'aggregato grosso potrà essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nelle **Tabella A1**.

Tabella A.1

AGGREGATO GROSSO			
Parametro	Metodo di prova	Valori richiesti	Categoria UNI EN 13043
Resistenza alla frammentazione (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	≤30%	LA ₃₀
Percentuale di particelle frantumate	UNI EN 933-5	100%	C ₁₀₀₀
Dimensione Max	UNI EN 933-1	30mm	-
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	≤1%	f ₁
Resistenza al gelo e disgelo	UNI EN 1367-1	≤1%	F ₁
Spogliamento	UNI EN 12697-12	≤30%	-
Coefficiente di appiattimento	UNI EN 933-3	≤30%	FI ₃₀
Assorbimento d'acqua	UNI EN 1097-6	≤1,5%	WA ₂₄₂

La designazione dell'aggregato fine dovrà essere effettuata secondo la norma UNI EN 13043. Per motivi di congruenza con le pezzature fini attualmente prodotte in Italia, è permesso l'impiego come aggregato fine anche di aggregati in frazione unica con dimensione massima D=4mm.

L'aggregato fine potrà essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella **Tabella A.2**.

Tabella A.2

AGGREGATO FINE			
Parametro	Norma di prova	Valori richiesti	Categoria UNI EN 13043
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	≥60%	-
Quantità di frantumato		100%	-
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	≤2%	f ₂
Indice di plasticità	UNI CEN ISO/TS 17892-12	n.p.	-
Limite Liquido	UNI CEN ISO/TS 17892-12	≤25%	-

Il possesso dei requisiti elencati nelle **Tabella A.1 e A2** sarà verificato dalla Direzione Lavori in base ai valori riportati sugli attestati di conformità CE degli aggregati, relativi all'anno in corso. Gli attestati dovranno essere consegnati alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Il sistema di attestazione della conformità è quello specificato all'art. 7, comma 1, lettera B, procedura 3, del DPR n. 246/93 (Sistema 4: autodichiarazione del produttore).

Resta salva la facoltà del Direttore Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal produttore.

Per i requisiti non dichiarati nell'attestato di conformità CE la Direzione Lavori richiederà la qualifica del materiale da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 280/2001. Per i requisiti contenuti nella UNI EN 13043 la qualifica prevedrà sia le prove iniziali di tipo (ITT) che il controllo della produzione di fabbrica (FPC), come specificato dalla stessa UNI EN 13043.

3) Legante

Il legante finale deve essere costituito dal bitume presente nel conglomerato riciclato integrato con quello proveniente dall'emulsione bituminosa modificata.

L'emulsione per il riciclaggio a freddo deve essere un'emulsione cationica a rottura lenta con il 60% di bitume residuo (designazione secondo UNI EN 13808:2005: C 60 BPO 6) rispondente alle specifiche indicate nella **Tabella A.3**.

Tabella A.3

EMULSIONE BITUMINOSA MODIFICATA			
<i>Parametro</i>	<i>Normativa</i>	<i>valori</i>	<i>Classe UNI EN 13808</i>
Polarità	UNI EN 1430	Positiva	2
Contenuto di acqua	UNI EN 1428	40+/-2%	-
Contenuto di bitume	UNI EN 1428	60+/-2%	5
Contenuto di legante (bitume+flussante)	UNI EN 1431	> 59%	5
Sedimentazione a 7gg	UNI EN 12847	≤10%	3
Residuo al setaccio da 0,5 mm	UNI EN1429	≤0,2	-
Stabilità al cemento	UNI EN 12848	≤2	-
Indice di rottura	UNI EN 12850	110 – 195	6
<i>Residuo bituminoso (per evaporazione)</i>			
Penetrazione a 25 °C	UNI EN1426	≤ 100 dmm	-
Punto di rammollimento	UNI EN1427	> 60°C	-
Punto di rottura (Frass)	UNI EN 12593	< -13°C	-
Ritorno elastico a 25 °C	UNI EN 13398	≥ 50%	4

Ai fini dell'accettazione, almeno 15 giorni prima dell'inizio della posa in opera, l'Impresa è tenuta a predisporre la qualificazione dell'emulsione tramite certificazione attestante i requisiti prescritti. Tale certificazione deve essere di norma rilasciata dal produttore o da un Laboratorio che opera per c/terzi.

4) Cemento

E' da considerarsi un additivo catalizzatore di processo, importante per regolare i tempi di rottura dell'emulsione che divengono più o meno critici in relazione al tipo di applicazione.

I cementi impiegati dovranno essere qualificati in conformità alla direttiva 89/106/CEE sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 197-1.

Saranno impiegati unicamente cementi:

- CEM I – cemento Portland
- CEM II – cemento Portland composito
- CEM III – cemento d'altoforno;
- CEM IV – cemento pozzolanico.

5) Acqua

L'acqua impiegata deve essere esente da impurità dannose, conforme alla norma UNI EN 1008.

6) Miscela di aggregati

La granulometria della miscela finale di aggregati deve essere compresa nel fuso indicato nella **Tabella A.4**.

Tabella A.4

Serie setacci ISO		Passanti
	mm	%
Setaccio	80	100
Setaccio	63	95-100
Setaccio	40	85-100
Setaccio	22.5	70-95
Setaccio	10	50-75
Setaccio	4	30-42
Setaccio	2	20-35
Setaccio	0.5	10-18
Setaccio	0.063	4-8

Il fresato può essere corretto granulometricamente mediante granulazione e/o vagliatura ovvero mediante l'aggiunta di inerti di dimensioni e caratteristiche tali da riportare la curva granulometrica nel fuso richiesto.

B) STUDIO DELLA MISCELA

Le percentuali ottimali di emulsione bituminosa modificata, cemento, acqua e dell'eventuale integrazione di aggregati sono stabilite mediante uno specifico studio in laboratorio.

Nel caso di riciclaggio del conglomerato bituminoso della pavimentazione esistente, per una corretta valutazione delle caratteristiche del materiale della tratta stradale interessata, devono essere eseguiti prelievi ogni 500 m, eventualmente intensificati in caso di disomogeneità.

Nel caso sia prevista la miscelazione con pulvimixer i campioni degli aggregati per lo studio della miscela devono essere prelevati in cantiere, subito dopo un passaggio di pulvimixer senza la stesa dei leganti.

Prima di definire la giusta combinazione di leganti, deve essere determinato il contenuto ottimale di acqua sulla miscela granulare con il 2% in peso di cemento, secondo le indicazioni della **Tabella B.1**.

I provini con diverso contenuto di acqua devono essere compattati con pressa giratoria (UNI EN 12697-31) nelle seguenti condizioni di prova:

Tipo di fustella:	NON drenata
Angolo di rotazione:	1.25° ± 0.02°
Velocità di rotazione:	30 rotazioni al minuto
Pressione verticale:	600 kPa
Dimensioni provino:	150 mm
n° giri:	100
Peso campione:	2800 g (comprensivi di cemento e acqua)

Nel caso in cui gli elementi più grossolani impediscano la produzione di provini geometricamente regolari deve essere eliminato il trattenuto al setaccio da 20 mm.

Tabella B.1		2,0					
Cemento [%]							
Acqua [%]		3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0
Provini [n°]		3	3	3	3	3	3

Ogni provino deve essere pesato prima e dopo la compattazione al fine di determinare la percentuale di (eventuale) acqua espulsa.

I provini così ottenuti devono essere essiccati fino a peso costante in stufa a 40°C e sottoposti a prova per la valutazione della massa volumica (UNI EN 12697-6/procedura D). Il contenuto ottimo di acqua sarà quello che permette di raggiungere il valore più elevato di massa volumica della miscela (secca) e un quantitativo di acqua espulsa durante la compattazione minore dello 0,5%.

Secondo la stessa procedura di compattazione e con il contenuto di acqua ottimo, devono essere confezionati provini con differenti quantità (percentuali riferite al peso degli inerti) di cemento ed emulsione bituminosa modificata, come indicato nelle **Tabella B.2**.

Tabella B.2		Contenuto ottimo								
Acqua [%]										
Cemento [%]		1,5			2,0			2,5		
Emulsione bituminosa [%]		3,0	3,5	4,0	3,0	3,5	4,0	3,0	3,5	4,0
Provini [n°]		4	4	4	4	4	4	4	4	4

Nel contenuto ottimo di acqua della miscela bisogna considerare anche l'acqua apportata dall'emulsione.

I provini così confezionati devono subire una maturazione a 40 °C per 72 ore e successivamente devono essere sottoposti a prova di resistenza a trazione indiretta (UNI EN 12697/23), dopo un condizionamento per 4 ore in camera climatica a 25 °C. Tali provini devono fornire:

- resistenza a trazione diametrale $R_t > 0,35 \text{ N/mm}^2$
- coefficiente di trazione indiretta $CTI > 40 \text{ N/mm}^2$

Sui provini confezionati con le miscele che soddisfano i requisiti di resistenza a trazione indiretta e CTI, maturati per 72 ore a 40 °C, si devono determinare :

- modulo di rigidezza in configurazione di trazione indiretta (spostamento orizzontale imposto $5\pm 0.2 \mu\text{m}$) secondo la Norma UNI EN 12697/26;

- perdita di resistenza dopo imbibizione a 25 °C per 1 ora sottovuoto a 50 mm di mercurio.

La miscela ottima di progetto sarà quella che fornisce il modulo di rigidezza a 20 °C più piccolo tra quelli che risultano maggiori di 3000 MPa e resistenza a trazione indiretta dopo imbibizione maggiore del 70% di quella ottenuta su provini non immersi in acqua.

Sulla miscela ottima si deve determinare la densità geometrica a 100 giri di pressa giratoria che costituisce il riferimento per il controllo della densità in sito.

L'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori, almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori e per ogni cantiere di produzione, la composizione delle miscele che intende adottare; ogni composizione proposta deve essere corredata da una completa documentazione degli studi effettuati.

Una volta accettata dalla Direzione Lavori la composizione granulometrica di progetto, non saranno ammesse variazioni delle singole percentuali dei trattenuti di +/- 10 per gli aggregati riciclati, di +/- 5 per gli aggregati di integrazione. Per la percentuale di bitume schiumato ovvero di emulsione bituminosa (determinata per differenza tra la quantità di legante complessivo e la quantità di bitume contenuta nel fresato) non deve essere tollerato uno scostamento da quella di progetto di +/- 0,25.

Tali valori dovranno essere soddisfatti dall'esame delle miscele prelevate al momento della stesa, come pure dall'esame delle carote prelevate in sito.

C) CONFEZIONE POSA IN OPERA DELLE MISCELE

Il conglomerato bituminoso riciclato a freddo può essere realizzato mediante un "treno" di riciclaggio costituito da: fresa, macchina stabilizzatrice (pulvimixer tale da frantumare i grumi del conglomerato fresato e miscelare omogeneamente cemento ed emulsione), autobotte per l'emulsione bituminosa, autobotte per l'acqua, livellatrice e almeno n 2 rulli.

Subito dopo la miscelazione si deve procedere al livellamento del conglomerato ed alla compattazione mediante l'impiego di un rullo vibrante di peso > 18 t con controllo di frequenza e di ampiezza di vibrazione e di un rullo gommato di carico statico > 20 t.

Si avrà cura inoltre che la compattazione sia condotta con la metodologia più adeguata per ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

In alternativa all'impianto di riciclaggio semovente, per la confezione delle miscele potrà essere utilizzato un impianto mobile da installare in cantiere. L'impianto deve comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare le miscele rispondenti a quelle indicate nello studio presentato ai fini dell'accettazione. In questo caso la stesa viene effettuata con macchina vibrofinitrice cui segue la compattazione come nel caso del treno di riciclaggio.

Il riciclaggio a freddo deve essere sospeso con temperatura dell'aria inferiore ai 5°C e comunque quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro.

Ultimato il costipamento, compatibilmente con le attività di cantiere, lo strato deve essere fatto maturare per qualche giorno, favorendo l'evaporazione dell'acqua, prima di essere coperto con emulsione a lenta rottura, eventualmente anche la stessa usata nella formazione della miscela, con un dosaggio di circa 1,5 kg/m², e successivo spargimento di graniglia o sabbia.

D) CONTROLLI

Il controllo della qualità degli strati stabilizzati con cemento ed emulsione bituminosa e deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e con prove in situ.

L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono a discrezione della Direzione Lavori.

Sui materiali costituenti devono essere verificate le caratteristiche di accettabilità.

Sulla miscela vengono determinate: la percentuale d'acqua e la granulometria degli aggregati (riciclati e di integrazione). Su provini confezionati direttamente in cantiere con pressa giratoria vengono eseguite prove di resistenza a trazione indiretta (UNI EN 12697-23) e modulo di rigidezza per trazione indiretta (UNI EN 12697-26, Annesso C).

Dopo 90 giorni dal trattamento vengono eseguite prove per la determinazione del modulo elastico dinamico mediante macchina a massa battente (Falling Weight Deflectometer – FWD) ed il prelievo di carote per il controllo delle peso di volume e la verifica degli spessori.

Sulle carote possono inoltre, a discrezione della Direzione Lavori, essere determinati la resistenza a trazione indiretta (UNI EN 12697-23) ed il modulo di rigidità (UNI EN 12697-26, Annesso C).

A compattazione ultimata la **densità secca** in sito (γ_{situ}), nel 95% dei punti controllati (con volumometro o prelievo di carote), non deve essere inferiore al 95% del valore di riferimento ($\gamma_{\text{laboratorio}}$) misurato in laboratorio sulla miscela di progetto costipata con pressa giratoria a 100 giri (campione di 2800 g) e dichiarato prima dell'inizio dei lavori. Quando possibile il valore di riferimento può essere costituito dall'addensamento ottenuto in laboratorio sulla miscela effettivamente utilizzata in quel punto, costipata con 100 giri di pressa giratoria.

Le misure della massa volumica su provini asciutti sono effettuate secondo la norma (UNI EN 12697-6/procedura D).

Nella prova di **trazione indiretta** (UNI EN 12697-23) eseguita su carote prelevate dopo 90 giorni dalla realizzazione o su provini confezionati in cantiere con la pressa giratoria (100 giri su miscela di 2800 g), maturati in camera climatica per 72 ore a 40 °C e successivamente, condizionati per 4 ore a 25 °C, la Resistenza a Trazione Indiretta R_t non deve essere inferiore a 0,35 N/mm² ed il Coefficiente di trazione indiretta CTI non deve essere inferiore a 40 N/mm².

Il **modulo di rigidità** alla temperatura di 20°C determinato in configurazione di trazione indiretta (UNI EN 12697-26) con deformazione imposta di $5 \pm 0.2 \mu\text{m}$ su carote prelevate dopo 90 giorni dalla realizzazione e su provini confezionati in cantiere con la pressa giratoria (100 giri su miscela di 2800 g), maturati in camera climatica per 72 ore a 40°C o dopo 28 giorni di maturazione a 20°C, nel 95% dei campioni, non deve essere inferiore a 3000 MPa. Sugli stessi provini e con gli stessi diametri di misura, il modulo di rigidità alla temperature a 40°C deve essere < del 75% del valore ottenuto a 20°C.

Il **modulo elastico** rilevato, dopo 90 giorni dal trattamento, con *Falling Weight Deflectometer*, e riferito alla temperatura di 20°C, nel 95% dei campioni (ovvero dei punti analizzati) non deve essere inferiore a 3000 MPa.

STS MOBILE S.r.l. Servizio Tecnologico Sperimentale

Studio sperimentale delle miscele

Ancona, 25 Agosto 2015



BOLOGNETTA S.C.P.A.

Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal Km 14.4(Km 0.0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al Km 48,0 (Km 33.6 del Lotto 2- Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121.

MIX DESIGN FONDAZIONE IN MISTO CEMENTATO
in accordo al Capitolo 15 delle Norme tecniche di Appalto allegato


STS Mobile S.r.l.
Servizio Tecnologico Sperimentale Mobile
IL DIRETTORE DEL LABORATORIO
DOTTORE DI RICERCA
Ing. **STEFANO TATTOLO**

Documento preparato da: Dottore di Ricerca Ing. Stefano Tattolo

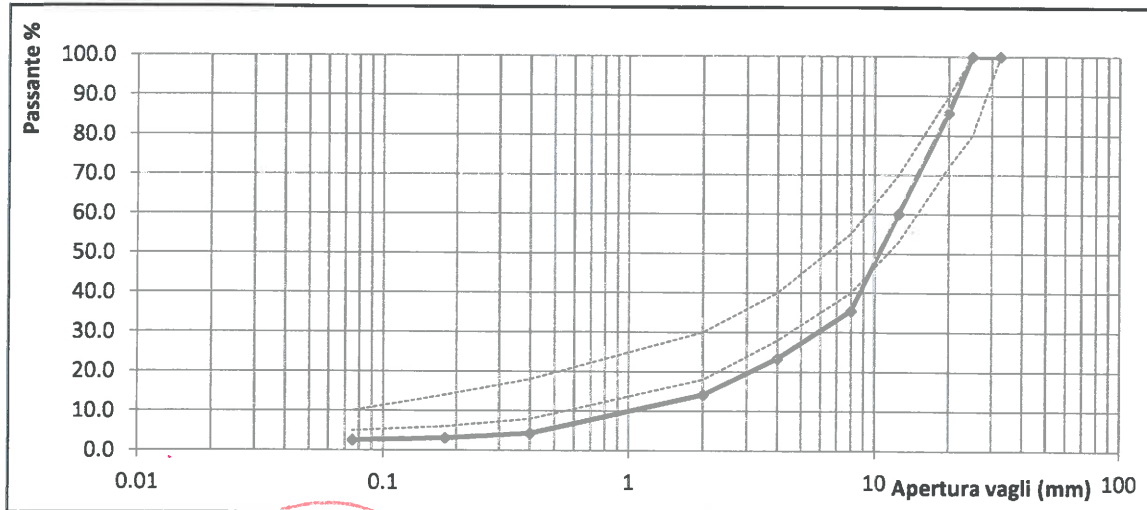
Nome file:	N° Commessa	Revisione	Data	Numero Documento
Doc.n°R0499 commessa 1378/15	1378/15	00	25/08/2015	n°R0499/15

PROVE SU FRESATO

Determinazione della distribuzione granulometrica C.N.R. BU n°23

Committente: BOLOGNETTA S.C.P.A.
Indirizzo: Via Trieste, 76- 48122 Ravenna (RA)
Impresa: BOLOGNETTA S.C.P.A.
Cantiere: Cantiere "Bolognetta" tratto Palermo - Lercara Friddi
Opera: Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal Km 14.4(Km 0.0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al Km 48,0 (Km 33.6 del Lotto 2- Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121.
Attrezzature: Vibrosetacci elettrico(cod.1103) - Setacci UNI(cod.1010÷1046) - Bilancia(cod.1001) - Forno(cod.1004)
Campione: FRESATO PRE ESTRAZIONE
Consegna: 03/08/2015
Data prove: 04/08/2015
Verbale: -
Commessa: 1378-15 **Data :** 24/08/2015
Rapporto di prova N° : 30988-15 **Rev.00 del:** 24/08/2015

Setacci UNI No.	Crivelli No.	Apertura [mm]	Massa trattenuta [g]	Massa trattenuta [%]	Cumulativo trattenuto [%]	Passante [%]
	Crivello 40	32.5	0.0	0.0	0.0	100.0
	Crivello 30	25	0.0	0.0	0.0	100.0
	Crivello 25	20	995.1	14.3	14.3	85.7
	Crivello 15	12.5	1781.4	25.6	39.9	60.1
	Crivello 10	8	1711.8	24.6	64.5	35.5
	Crivello 5	4	842.0	12.1	76.6	23.4
		2	640.2	9.2	85.8	14.2
		0.4	688.9	9.9	95.7	4.3
		0.18	83.5	1.2	96.9	3.1
		0.075	41.8	0.6	97.5	2.5
	Fondo		174.0	2.5	100.0	0.0
	Massa Totale		6958.7			



N.B: Gli strumenti impiegati sono sottoposti a controllo periodico di taratura. Il laboratorio fornirà a richiesta le informazioni necessarie ad assicurare la rintracciabilità della catena metrologica.

Lo sperimentatore
 Geom. Francesco Palducci

Il responsabile del Laboratorio
 Dott. Ing. Alessandra Niccoli

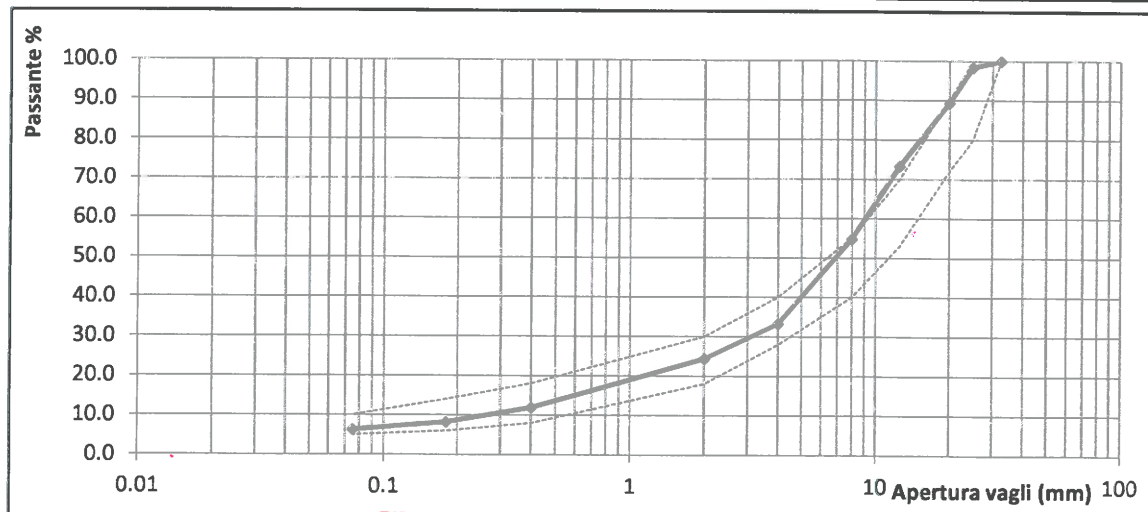
Il direttore del laboratorio
 Dott. di ricerca Ing. Stefano Tattolo

PROVE SU AGGREGATI

Determinazione della distribuzione granulometrica C.N.R. BU n°23

Committente: BOLOGNETTA S.C.P.A.
Indirizzo: Via Trieste, 76- 48122 Ravenna (RA)
Impresa: BOLOGNETTA S.C.P.A.
Cantiere: Cantiere "Bolognetta" tratto Palermo - Lercara Friddi
Opera: Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal Km 14.4(Km 0.0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al Km 48,0 (Km 33.6 del Lotto 2- Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121.
Attrezzature: Vibrosetacci elettrico(cod.1103) - Setacci UNI(cod.1010÷1046) - Bilancia(cod.1001) - Forno(cod.1004)
Campione: MISTO GRANULARE "VALLE RENA"
Consegna: 03/08/2015
Data prove: 04/08/2015
Verbale: -
Commessa: 1378-15 **Data :** 24/08/2015
Rapporto di prova N° : 30987-15 **Rev.00 del:** 24/08/2015

Setacci UNI No.	Crivelli No.	Apertura [mm]	Massa trattenuta [g]	Massa trattenuta [%]	Cumulativo trattenuto [%]	Passante [%]
	Crivello 40	32.5	0.0	0.0	0.0	100.0
	Crivello 30	25	210.3	1.7	1.7	98.3
	Crivello 25	20	1100.7	8.9	10.6	89.4
	Crivello 15	12.5	1991.2	16.1	26.7	73.3
	Crivello 10	8	2288.0	18.5	45.2	54.8
	Crivello 5	4	2659.1	21.5	66.7	33.3
		2	1100.7	8.9	75.6	24.4
		0.4	1546.0	12.5	88.1	11.9
		0.18	457.6	3.7	91.8	8.2
		0.075	235.0	1.9	93.7	6.3
	Fondo		779.2	6.3	100.0	0.0
	Massa Totale		12367.8			



N.B: Gli strumenti impiegati sono sottoposti a controllo periodico di taratura. Il laboratorio fornirà a richiesta le informazioni necessarie ad assicurare la rintracciabilità della catena metrologica.

Lo sperimentatore
 Geom. Francesco Balducci

Il responsabile del Laboratorio
 Dott. Ing. Alessandra Niccoli

Il direttore del laboratorio
 Dott. di Ricerca Ing. Stefano Tattolo

Valutazione dei fini - Prova dell'equivalente in sabbia C.N.R. BU n° 27

Committente: BOLOGNETTA S.C.P.A.
Indirizzo: Via Trieste, 76- 48122 Ravenna (RA)
Impresa: BOLOGNETTA S.C.P.A.
Cantiere: Cantiere "Bolognetta" tratto Palermo - Lercara Friddi
 Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal
Opera: Km 14.4(Km 0.0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria
 Bolognetta, al Km 48,0 (Km 33.6 del Lotto 2- Svincolo Manganaro incluso) compresi
 i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121.
Attrezzature: Attrezzatura per equivalente in sabbia (cod.1065) - Agitatore automatico
 (cod.1066)
Campione: MISTO GRANULARE "VALLE RENA"
Consegna: 03/08/2015
Data prove: 04/08/2015
Verbale N°: -
Commessa: 1378-15 **Data :** 24/08/2015
Rapporto di prova N° : 30994-15 **Rev.00 del:** 24/08/2015

Campione	Provino	H	h	ES
	n°	[mm]	[mm]	-
MISTO GRANULARE "VALLE RENA"	1	228	91	40
	2	230	92	40
	3	230	94	41

EQUIVALENTE IN SABBIA MEDIO	ES	40
LIMITE NTA	ES	30 < ES < 60

N.B: Gli strumenti impiegati sono sottoposti a controllo periodico di taratura. Il laboratorio fornirà a richiesta le informazioni necessarie ad assicurare la rintracciabilità della catena metrologica.

Lo sperimentatore
 Geom. Francesco Balducci

Il responsabile del laboratorio
 Dott. Ing. Alessandra Niccoli

Il direttore del laboratorio
 Dott. di ricerca Ing. Stefano Tattolo

Determinazione della perdita in peso di aggregati lapidei con apparecchio Los Angeles
CNR B.U. n.34

Committente: BOLOGNETTA S.C.P.A.
Indirizzo: Via Trieste, 76- 48122 Ravenna (RA)
Impresa: BOLOGNETTA S.C.P.A.
Cantiere: Cantiere "Bolognetta" tratto Palermo - Lercara Friddi
 Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal
 Km 14.4(Km 0.0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria
Opera: Bolognetta, al Km 48,0 (Km 33.6 del Lotto 2- Svincolo Manganaro incluso) compresi
 i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121.
Attrezzature: Forno(cod.1006) - Apparecchiatura Los Angeles(cod.1086) - Setaccio inox maglia
 1,60 mm (cod.1045a) - Bilancia(cod.1000b)
Campione: MISTO GRANULARE "VALLE RENA"
Consegna: 03/08/2015
Data prove: 04/08/2015
Verbale N° : -
Commessa: 1378-15 **Data :** 24/08/2015
Rapporto di prova N° : 30995-15 **Rev.00 del:** 24/08/2015

La presente norma specifica i procedimenti per la determinazione della resistenza
 alla frammentazione degli aggregati. Vengono definiti due metodi:

- a) procedimento per aggregati con dimensioni superiori a 19,00 mm;
 la prova va eseguita sulla parte di aggregato trattenuto al setaccio da 19,00 mm.
 b) procedimento per aggregati con dimensioni inferiori a 38,10 mm.
 la prova va eseguita sulla parte di aggregato trattenuto al setaccio da 2,38.

Identificazione del Campione:
MISTO GRANULARE "VALLE RENA"

Procedimento di prova

Classi impiegate	Numero sfere	Giri
B	12	500

Resoconto di prova:

Massa Iniziale PI - (g)	Massa dopo prova PF - (g)	LA (%)= ((PI - PF)/PI)x100
5000.0	3630.0	27.40

Coefficiente Los Angeles	= 27
Limite NTA	≤ 30

Note : Il materiale viene lavato e vagliato con uno staccio da 1,68 mm.
 La porzione trattenuta allo staccio da 1,68 mm viene fatta essiccare alla temperatura di
 110 ± 5 °C fino a pesata costante.

N.B: Gli strumenti impiegati sono sottoposti a controllo periodico di taratura. Il laboratorio fornirà a richiesta le
 informazioni necessarie ad assicurare la rintracciabilità della catena metrologica.

Lo sperimentatore

Geom. Francesco Barducci

Il responsabile del Laboratorio

Dott. Ing. Alessandra Niccoli

Il direttore del laboratorio

Dott. di ricerca Ing. Stefano Tattolo

Classificazione di una terra CNR UNI 10006:2002

Committente: BOLOGNETTA S.C.P.A.
Indirizzo: Via Trieste, 76- 48122 Ravenna (RA)
Impresa: BOLOGNETTA S.C.P.A.
Cantiere: Cantiere "Bolognetta" tratto Palermo - Lercara Friddi
 Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal
 Km 14.4(Km 0.0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria
Opera: Bolognetta, al Km 48,0 (Km 33.6 del Lotto 2- Svincolo Manganaro incluso) compresi
 i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121.
Attrezzature: Bilancia (cod.1001) - Bilancia (cod.1003) - Cucchiaino di casagrande (cod.1067) - Set
 completo limiti di ritiro (cod.1069) - Setacci (cod.1046-1018-1021-1025)
Campione: **MISTO GRANULARE "VALLE RENA"**
Consegna: 03/08/2015
Data prove: 04/08/2015
Commessa: 1378-15 **Data :** 24/08/2015
Rapporto di prova N° : 30996-15 **Rev.00 del:** 24/08/2015

ANALISI GRANULOMETRICA CNR B.U. n°23

SETACCI UNI 2232 [mm - n°ASTM]	Trattenuto parziale [g]	[%]	Trattenuto totale [%]	Passante totale [%]
2 - n°10	9350.0	75.6	75.6	24.4
0,425 - n°40	1546.0	12.5	88.1	11.9
0,075 - n°200	692.6	5.6	93.7	6.3
fondo (<0,075)	779.2	6.3	100.0	

GHIAIA [%]	SABBIA [%]	LIMO - ARGILLA [%]	Analisi per via umida	
			Massa iniziale [g]	12367.8
75.6	18.1	6.3	∑ Masse parz. [g]	12367.8
			Perdita [%]	0

LIMITI DI ATTERBERG CNR UNI 10014

	[n]	LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO	
Colpi	[n]	-	-	-	-	-	-
Tara contenitore	[g]	-	-	-	-	-	-
Massa lorda umida	[g]	-	-	-	-	-	-
Massa lorda secca	[g]	-	-	-	-	-	-
Contenuto d'acqua	[%]	-	-	-	-	-	-

LIMITE LIQUIDO	[%]	-
LIMITE PLASTICO	[%]	-
INDICE PLASTICO	[%]	0.0
INDICE DI GRUPPO	IG	

CLASSIFICA	A1-a
-------------------	-------------

N.B: Gli strumenti impiegati sono sottoposti a controllo periodico di taratura. Il laboratorio fornirà a richiesta le informazioni necessarie ad assicurare la rintracciabilità della catena metrologica.

Lo sperimentatore
 Geom. Francesco Balducci

Il responsabile del Laboratorio
 Dott. Ing. Alessandra Niccoli

Il direttore del laboratorio
 Dott. di ricerca Ing. Stefano Tattolo

DOP E MARCATURA CE AGGREGATI

**CERTIFICATO CE
DEL CONTROLLO DI PRODUZIONE DELLA FABBRICA**

N. 1982 - CPD - 046

In conformità alla Direttiva 89/106/CEE del Consiglio delle Comunità Europee del 21 dicembre 1988 relativa al ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari e amministrative degli Stati Membri concernenti i prodotti da costruzione (Direttiva Prodotti da Costruzione o CPD), modificata dalla Direttiva 93/68/CEE del Consiglio delle Comunità Europee del 22 luglio 1993, si certifica che i prodotti da costruzione:

AGGREGATI NATURALI

come elencati nella/e pagina/e successiva/e di questo certificato,
prodotti dal fabbricante:

VALLE RENA S.r.l.
Strada Vicinale Consona, snc
90011 Bagheria (PA)
Tel. 091 962421 Fax: 091 960882

nello stabilimento di:

Loc. Valle Rena
90030 Altofonte (PA)

con materiale proveniente dalla cava:

Loc. Valle Rena - C.da Rebuttone
90030 Altofonte (PA)

sono sottoposti dal fabbricante alle prove iniziali di tipo del prodotto ed al controllo della produzione in fabbrica ed alle ulteriori prove su campioni prelevati in fabbrica in conformità ad un prescritto programma di prove e che l'organismo notificato

ABICert S.a.s.

ha effettuato l'ispezione iniziale della fabbrica e del controllo della produzione in fabbrica ed esegue la sorveglianza continua, la valutazione e l'approvazione del controllo della produzione in fabbrica.

Il presente certificato attesta che tutte le disposizioni riguardanti l'attestazione del controllo di produzione in fabbrica descritte nell'allegato ZA della/e norma/e:

EN 12620:2002 + A1:2008 EN 13043:2002/AC:2004
EN 13139:2002/AC:2004 EN 13242:2002+A1:2007

sono state applicate.

Il presente certificato è stato emesso per la prima volta il 15.02.2008 ed ha validità sino a che le condizioni definite nella specifica tecnica di riferimento o le condizioni di produzione in fabbrica o il suo controllo di produzione non subiscano modifiche significative.

Ortona, li 10.04.2013
Revisione n. 04

Dot. Ing. Antonio Bianco
Direttore dell'Ente di Certificazione



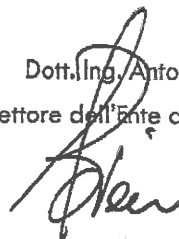
CERTIFICATO CE DEL CONTROLLO DI PRODUZIONE DELLA FABBRICA

N. 1982 - CPD - 046

Designazione	d/D [mm]	Descrizione del prodotto Identificazione commerciale	Dettagli di designazione secondo norma armonizzata			
			hEN			
			12620	13043	13139	13242
Aggregato naturale fine (frantumato)	0 / 4	Sabbia Mulino	G _F 85	-	Cl. 4	-
Aggregato naturale fine (frantumato)	0 / 4	Sabbia Frantoio	G _F 85	-	-	-
Aggregato naturale in frazione unica (frantumato)	0 / 4	Sabbia Frantoio	-	G _A 90	-	-
Aggregato naturale grosso (frantumato)	2 / 6	Risotto	-	G _C 90/10	-	-
Aggregato naturale grosso (frantumato)	5 / 11	Pietrisco n.1	G _C 85/20	G _C 90/15	-	-
Aggregato naturale grosso (frantumato)	10 / 20	Pietrisco n.2	G _C 85/20	G _C 85/15	-	-
Aggregato naturale grosso (frantumato)	16 / 32	Pietrisco n.3	G _C 85/20	G _C 85/15	-	-
Aggregato naturale grosso (frantumato)	22 / 63	Breccia	G _C 85/20	-	-	G _C 85/15
Aggregato naturale in frazione unica (frantumato)	0 / 22	Misto Frantoio 0/30	-	-	-	G _A 85
Aggregato naturale in frazione unica (frantumato)	0 / 56	Misto Frantoio 0/70	-	-	-	G _A 85

Ortona, li 10.04.2013
 Revisione n. 04

Dott. Ing. Antonio Bianco
 Direttore dell'Ente di Certificazione



DICHIARAZIONE DI PRESTAZIONE N.9/14

conforme all'allegato III del Regolamento (UE) 305/2011

Pag. 1 di 2

Anno di produzione 2014

PRODUTTORE:

Valle Rena S.r.l.
Sede Legale : Contrada Consona - 90011 BAGHERIA (PA)
Partita IVA 00560560823
Telefono 091/962421 Fax 091/960882
e-mail amministrazionecave@gmail.com

Prodotto da costruzione: Aggregato naturale frantumato

MF 0/30	frazione un	0/22,4	G _A 85	UNI EN 13242 Aggregati per opere civili e stradali	Dolomia
---------	-------------	--------	-------------------	--	---------

LUOGO DI PRODUZIONE

Cava di calcare "Valle Rena"
Località Valle Rena C.da Rabuffone - ALTOFONTE (PA)
Telefono 091/437537 FAX 091/8640333
e-mail cavavallerena@libero.it

<u>CERTIFICATO di conformità del controllo della produzione in fabbrica</u>	1982-CPD-046	Sistema di attestazione 2+
<u>Organismo di certificazione</u>	Abicert s.a.s. - Zona Industriale Cucullo - 66026 Ortona (CH)	

MANDATARIO

Dott. Geol. Gianluca Grimaldi (Procuratore speciale - Direttore dei lavori)

PERSONA INCARICATA ALLA FIRMA DELLE ETICHETTATURE CE

Dott. Geol. Attilio Priulia (Responsabile del Controllo di Produzione)

La presente dichiarazione del prodotto è conforme alla prestazione dichiarata in allegato 1. Si rilascia la presente dichiarazione di prestazione sotto la responsabilità esclusiva del fabbricante.

Bagheria 18/03/2014

Firmato a nome e per conto del
fabbricante

VALLE RENA s.r.l.
Strada Viduale Consona - 90011 Bagheria (PA)
Cava: Altofonte (PA)
Località Valle Rena - Tel. 091 437537
Part. IVA 00560560823

Valle Rena S.r.l.
Sede Legale : Contrada Consona - 90011 BAGHERIA (PA)
Partita IVA 00560560823

Il Mandatario


Dott. Geol. Gianluca Grimaldi

IL PROCURATORE

Dott. Geol. Gianluca Grimaldi

PRESTAZIONE DICHIARATA

Destinazione d'uso	Aggregati per calcestruzzo
	Aggregati per opere civili e stradali

	14	VALLE RENA SRL	
		C.da Rebuttone - Aitofonte (PA)	
Descrizione petrografica: Aggregato Naturale Frantumato Dolomitico			
1982-CPD-46	Denomin. commerciale: Misto Frantolo 0/30	Norme di riferimento aggregati	
		UNI EN	
		13242 Opere civili e stradali	
Forma dei granuli			
Indice di forma (S/ %)		SI ₂₀	
Indice di appiattimento (FI %)		FI ₂₀	
Granulometria (d/D)		0/22,4	
Categoria		GA86	
Massa volumica apparente dei granuli (Mg/m ³)		2,82	
Massa volumica dei granuli in condizioni di s.s.a. (Mg/m ³)		2,72	
Massa volumica dei granuli pre-essiccati in stufa (Mg/m ³)		2,76	
Acqua di assorbimento (%WA ₂₄)		WA ₂₄ 2	
Pulizia:			
Contenuto in polveri		f ₅	
Equivalente in sabbia (SE)		-	
Qualità delle polveri MB _F (g/kg)		-	
Resistenza alla:			
Frammentazione/frantumazione		LA ₃₀	
Levigabilità		NPD	
Abrasione		NPD	
Usura		NPD	
Composizione/contenuto:			
Cloruri (%Cl)		<0,01	
Solfati solubili in acido		AS _{0,2}	
Zolfo totale (%S)		-	
Costituenti che alterano l'indurimento del calc. (s. humiche)		-	
Contenuto di carbonato (%)		NPD	
Percentuale di superfici frantumate		NPD	
Sostanze pericolose		-	
Durabilità al gelo/di disgelo		F ₁	
Durabilità alla reazione alcali-silice (espansione media %)		0,028	
Affinità ai leganti Bituminosi (superficie spogliata %)		0	
Resistenza allo shock termico V _{LA} (%)		0,8	
NPD = NESSUNA PRESTAZIONE DETERMINATA			ID F/14
			14MR04

Timbro Aziendale

VALLE RENA s.r.l.

Strada Vicinale Consona - 90011 Bagheria (PA)

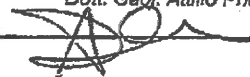
Cava: Aitofonte (PA)

Località Valle Renz - Tel. 091 437537

Part.IVA 00560560828

Bagheria 18/03/2014

Il Responsabile del Controllo di Produzione in Fabbrica
Dott. Geol. Attilio Prjulla



Valle Rena S.r.l.

Sede Legale: Contrada Consona - 90011 BAGHERIA (PA)

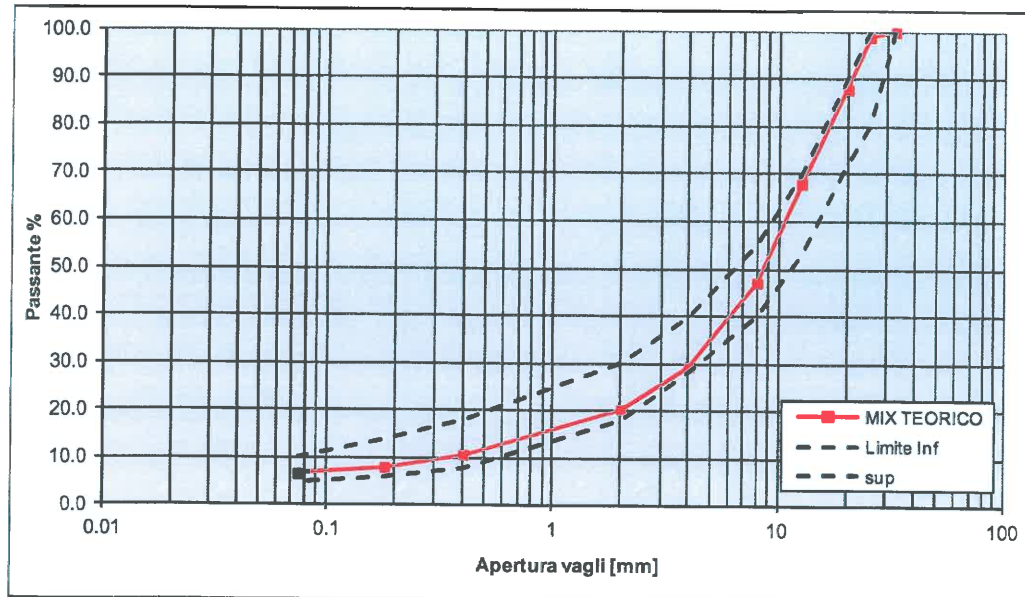
Partita IVA 00560560823

MIX DESIGN DELLA MISCELA

Setacci Crivelli UNI EN	Apertura (mm)	Massa trattenuta % Fresato pre- estrazione	Massa trattenuta % Misto Granulare "Valle Rena"
Crivello 40	32.5	0.0	0.0
Crivello 30	25	0.0	1.7
Crivello 25	20	14.3	8.9
Crivello 15	12.5	25.6	16.1
Crivello 10	8	24.6	18.5
Crivello 5	4	12.1	21.5
2	2	9.2	8.9
0.4	0.4	9.9	12.5
0.18	0.18	1.2	3.7
0.075	0.075	0.6	1.9
fondo	fondo	2.5	6.3
Somma massa trattenuta		100.0	100.0

Setacci Crivelli UNI EN	Apertura (mm)	Massa trattenuta % 40%	Massa trattenuta % 60%	Massa trattenuta % 100.0%
		Fresato pre- estrazione	Misto Granulare "Valle Rena"	MIX
Crivello 40	32.5	0.0	0.0	0.0
Crivello 30	25	0.0	1.0	1.0
Crivello 25	20	5.7	5.3	11.1
Crivello 15	12.5	10.2	9.7	19.9
Crivello 10	8	9.8	11.1	20.9
Crivello 5	4	4.8	12.9	17.7
2	2	3.7	5.3	9.0
0.4	0.4	2.2	7.5	9.7
0.18	0.18	0.5	2.2	2.7
0.075	0.075	0.2	1.1	1.4
fondo	fondo	1.0	3.8	4.8

Setacci Crivelli UNI EN	Apertura (mm)	Massa trattenuta %	Cumulativa trattenuta %	Mix Passante %	FUSO GRANULOMETRICO Passante %	
					Limite inferiore	Limite Superiore
Crivello 40	32.5	0.0	0.0	100.0	100	100
Crivello 30	25	1.0	1.0	99.0	80	100
Crivello 25	20	11.1	12.1	87.9	72	90
Crivello 15	12.5	19.9	32.0	68.0	53	70
Crivello 10	8	20.9	52.9	47.1	40	55
Crivello 5	4	17.7	70.7	29.3	28	40
2	2	9.0	79.7	20.3	18	30
0.4	0.4	9.7	89.4	10.6	8	18
0.18	0.18	2.7	92.1	7.9	6	14
0.075	0.075	1.4	93.5	6.5	5	10
fondo	fondo	4.8	98.2	1.8		



Partendo dalla composizione granulometrica delle singole pezzature disponibili si è proceduto alla definizione delle percentuali di impiego di ciascuna delle stesse, al fine di ottenere una miscela conforme al fuso granulometrico di riferimento.

L'assortimento granulometrico della miscela teorica conforme alle specifiche tecniche è quindi costituito da:

- 40 % Fresato
- 60 % Misto granulare "Valle Rena"

Definita la curva granulometrica teorica della miscela, la stessa è stata quindi riprodotta in laboratorio per la verifica dei requisiti, confermando la conformità del prodotto.

PROVE FISICHE E MECCANICHE SULLA MISCELA

VERIFICA DEL DOSAGGIO OTTIMALE:

Mix:

- *60% MISTO GRANULARE "VALLE RENA"*
- *40% FRESATO PRE ESTRAZIONE*
- *3.0% CEMENTO 32,5 II/B-LL sulla massa degli aggregati*
- *5.5% ACQUA sulla massa degli aggregati*
- *Massa volumica secca della miscela:*

γ_a : 2167 kg/m³ per materiale compattato

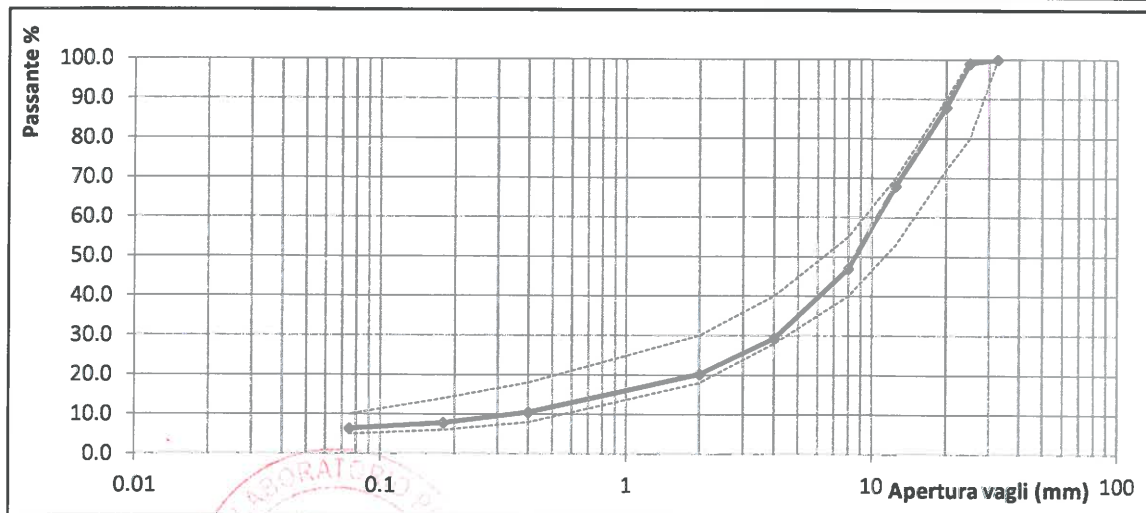
Impostazioni di produzione in sito (30cm spessore):

- *20 kg di cemento 32.5*
- *36 litri di acqua/m²*

Determinazione della distribuzione granulometrica C.N.R. BU n°23

Committente: BOLOGNETTA S.C.P.A.
Indirizzo: Via Trieste, 76- 48122 Ravenna (RA)
Impresa: BOLOGNETTA S.C.P.A.
Cantiere: Cantiere "Bolognetta" tratto Palermo - Lercara Friddi
Opera: Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal Km 14.4(Km 0.0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al Km 48,0 (Km 33.6 del Lotto 2- Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121.
Attrezzature: Vibrosetacci elettrico(cod.1103) - Setacci UNI(cod.1010÷1046) - Bilancia(cod.1001) - Forno(cod.1004)
Campione: MISCELA composta da: 60% MISTO GRANULARE "VALLE RENA" + 40% FRESATO PRE ESTRAZIONE
Consegna: 03/08/2015
Data prove: 04/08/2015
Verbale: -
Commessa: 1378-15 **Data :** 24/08/2015
Rapporto di prova N° : 30989-15 **Rev.00 del:** 24/08/2015

Setacci UNI No.	Crivelli No.	Apertura [mm]	Massa trattenuta [g]	Massa trattenuta [%]	Cumulativo trattenuto [%]	Passante [%]
	Crivello 40	32.5	0.0	0.0	0.0	100.0
	Crivello 30	25	140.2	1.0	1.0	99.0
	Crivello 25	20	1556.6	11.1	12.1	87.9
	Crivello 15	12.5	2790.7	19.9	32.1	67.9
	Crivello 10	8	2930.9	20.9	53.0	47.0
	Crivello 5	4	2482.1	17.7	70.8	29.2
		2	1262.1	9.0	79.8	20.2
		0.4	1360.3	9.7	89.5	10.5
		0.18	378.6	2.7	92.2	7.8
		0.075	196.3	1.4	93.6	6.4
	Fondo		893.1	6.4	100.0	0.0
	Massa Totale		13990.9			



N.B: Gli strumenti impiegati sono sottoposti a controllo periodico di taratura. Il laboratorio fornirà a richiesta le informazioni necessarie ad assicurare la rintracciabilità della catena metrologica.

Lo sperimentatore
 Geom. Francesco Baldacci

Il responsabile del laboratorio
 Dott. Ing. Alessandra Niccoli

Il direttore del laboratorio
 Dott. di ricerca Ing. Stefano Tattolo

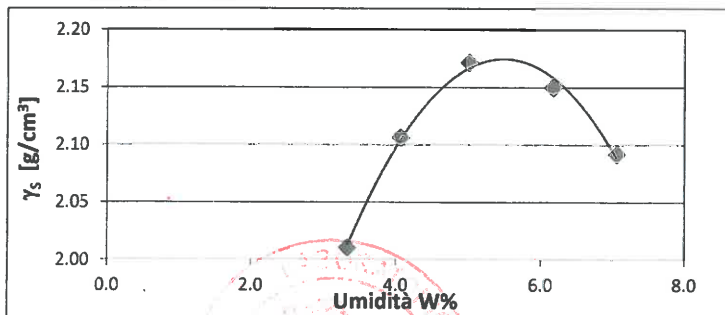
Prova di costipamento CNR B.U. N°69

Committente: BOLOGNETTA S.C.P.A.
Indirizzo: Via Trieste, 76- 48122 Ravenna (RA)
Impresa: BOLOGNETTA S.C.P.A.
Cantiere: Cantiere "Bolognetta" tratto Palermo - Lercara Friddi
 Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal
 Km 14.4(Km 0.0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria
Opera: Bolognetta, al Km 48,0 (Km 33.6 del Lotto 2- Svincolo Manganaro incluso) compresi
 i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121.
Attrezzatura: Pestello automatico Proctor (cod. 1085) - Bilancia (cod. 1002) - Forno (cod. 1004)
Campione: MISCELA composta da: 60% MISTO GRANULARE "VALLE RENA"+ 40% FRESATO
Consegna: 03/08/2015
Data prove: 04/08/2015
Commessa: 1378-15 **Data :** 24/08/2015
Rapporto di prova N° : 30990-15 **Rev.01 del:** 24/08/2015

PROVINO	Strati	n.	5	Cilindro	Diametro	cm	15.24
Conf. in laboratorio	Massa del pestello	g	4535		Altezza	cm	11.64
PROVVEDIMENTO	Altezza di caduta	cm	45.7	Materiale	Volume	cm ³	2123.31
AASHTO Modificato	Colpi/strato	n.	56		Φmax	mm	5

UMIDITA'		1	2	3	4	5
Massa lorda umida	[g]	191.20	225.80	205.70	291.20	301.90
Massa lorda asciutta	[g]	185.50	217.80	197.10	276.00	282.90
Massa dell'acqua	[g]	5.70	8.00	8.60	15.20	19.00
Tara	[g]	14.20	21.00	25.50	29.70	13.80
Massa netta asciutta	[g/cm ³]	171.30	196.80	171.60	246.30	269.10
Umidità	[g/cm ³]	3.3	4.1	5.0	6.2	7.1

COSTIPAMENTO		1	2	3	4	5
Massa lorda umida	[g]	13395.0	13638.5	13826.0	13830.5	13739.5
Tara	[g]	8984.0	8984.0	8983.5	8984.0	8984.0
Massa netta umida	[g]	4411.0	4654.5	4842.5	4846.5	4755.5
Massa netta secca	[g]	4269.0	4472.7	4611.4	4564.8	4441.9
Massa volumica umida	[g/cm ³]	2.08	2.19	2.28	2.28	2.24
Massa volumica secca	[g/cm ³]	2.01	2.11	2.17	2.15	2.09



W_{OPT}	5.5
γ_s MAX	2.17

N.B: Gli strumenti impiegati sono sottoposti a controllo periodico di taratura. Il laboratorio fornirà a richiesta le informazioni necessarie ad assicurare la rintracciabilità della catena metrologica.

Lo sperimentatore
 Geom. Francesco Balducci

Il responsabile del laboratorio
 Dott. Ing. Alessandra Niccoli

Il direttore del laboratorio
 Dott. di ricerca Ing. Stefano Tattolo

**Miscela non legate e legate con leganti idraulici -
 UNI EN 13286-41 UNI EN 13286-42**

Committente: BOLOGNETTA S.C.P.A.
Indirizzo: Via Trieste, 76- 48122 Ravenna (RA)
Impresa: BOLOGNETTA S.C.P.A.
Cantiere: Cantiere "Bolognetta" tratto Palermo - Lercara Friddi
 Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal Km 14.4(Km 0.0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al Km 48,0 (Km 33.6 del Lotto 2- Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121.
Opera:
Attrezzatura: Pressa 250kN - Pestello Proctor (cod. 1085) Bilancia (cod. 1000a) - Forno (cod. 1004)
Campione: **MISTO CEMENTATO (60% MISTO GRANULARE "VALLE RENA"+ 40% FRESATO PRE ESTRAZIONE + 2,5%CEMENTO 32,5 II/B-LL + 5,5%ACQUA)**
Compattazione: 05/08/2015
Data prove: 12/08/2015
Commessa: 1378-15 **Data :** 24/08/2015
Rapporto di prova N° : 30991-15 **Rev.00 del:** 24/08/2015

Confezionamento dei provini	UNI EN 13286-50
Forma dei provini	Cilindrica

DETERMINAZIONE DEL CARICO DI ROTTURA A COMPRESIONE - UNI EN 13286-41						
Provino [n]	Massa (*) [g]	Dimensione		M. Volumica umida [kg/m ³]	R _c [MPa]	Tipo di rottura
		φ [mm]	h [mm]			
1	7390.0	152.4	177.8	2278.5	2.2	Soddisfacente
2	7420.0	152.4	177.8	2287.8	2.2	Soddisfacente
3	7403.0	152.4	177.8	2282.5	2.3	Soddisfacente
Limite NTA					2.5 ≤ R_c ≤ 4.5	

(*) Massa del provino al momento della prova; provini umidi. $\gamma_d: 2,105 \text{ g/cm}^3$

Estratti dallo stampo dopo 24 h e stagionati in ambiente umido a T=20°C per 6 gg

DETERMINAZIONE DEL CARICO DI ROTTURA A TRAZIONE - UNI EN 13286-42							
Provino [n]	Massa (*) [g]	Massa di prova [g]	Variazione di massa [%]	Maturazione del provino [gg]	Dimensione		R _{tt} [MPa]
					φ [mm]	h [mm]	
1	7182.5	7180.0	0.0	7	152.4	177.8	0.19
2	7202.0	7199.0	0.0	7	152.4	177.8	0.22
3	7210.5	7209.5	0.0	7	152.4	177.8	0.20
Limite NTA							R_t ≥ 0.25

Provini umidi; estratti dallo stampo dopo 24 h e stagionati in ambiente umido a T=20°C per 6 gg

(*) Massa del provino al momento della fabbricazione. $\gamma_d: 2,103 \text{ g/cm}^3$

N.B: Gli strumenti impiegati sono sottoposti a controllo periodico di taratura. Il laboratorio fornirà a richiesta le informazioni necessarie ad assicurare la rintracciabilità della catena metrologica.

Lo sperimentatore
 Geom. Francesco Balducci

Il responsabile del laboratorio
 Dott. Ing. Alessandra Niccoli

Il direttore del laboratorio
 Dott. di ricerca Ing. Stefano Tattolo

**Miscele non legate e legate con leganti idraulici -
UNI EN 13286-41 UNI EN 13286-42**

Committente: BOLOGNETTA S.C.P.A.
Indirizzo: Via Trieste, 76- 48122 Ravenna (RA)
Impresa: BOLOGNETTA S.C.P.A.
Cantiere: Cantiere "Bolognetta" tratto Palermo - Lercara Friddi
Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal Km 14.4(Km 0.0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al Km 48,0 (Km 33.6 del Lotto 2- Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121.
Opera:
Attrezzatura: Pressa 250kN - Pestello Proctor (cod. 1085) Bilancia (cod. 1000a) - Forno (cod. 1004)
Campione: **MISTO CEMENTATO (60% MISTO GRANULARE "VALLE RENA"+ 40% FRESATO PRE ESTRAZIONE+ 3,0%CEMENTO 32,5 II/B-LL + 5,5%ACQUA)**
Compattazione: 05/08/2015
Data prove: 12/08/2015
Commissa: 1378-15 **Data :** 24/08/2015
Rapporto di prova N° : 30992-15 **Rev.00 del:** 24/08/2015

Confezionamento dei provini	UNI EN 13286-50
Forma dei provini	Cilindrica

DETERMINAZIONE DEL CARICO DI ROTTURA A COMPRESSIONE - UNI EN 13286-41						
Provino	Massa ^(*)	Dimensione		M. Volumica umida	R _c	Tipo di rottura
		φ	h			
[n]	[g]	[mm]	[mm]	[kg/m ³]	[MPa]	-
1	7409.5	152.4	177.8	2284.5	3.1	Soddisfacente
2	7420.0	152.4	177.8	2287.8	2.7	Soddisfacente
3	7403.0	152.4	177.8	2282.5	2.8	Soddisfacente
Limite NTA					2.5 ≤ R_c ≤ 4.5	

(*) Massa del provino al momento della prova; provini umidi. $\gamma_d: 2,168 \text{ g/cm}^3$

Estratti dallo stampo dopo 24 h e stagionati in ambiente umido a T=20°C per 6 gg

DETERMINAZIONE DEL CARICO DI ROTTURA A TRAZIONE - UNI EN 13286-42							
Provino	Massa ^(*)	Massa di prova	Variazione di massa	Maturazione del provino	Dimensione		R _{ft}
					φ	h	
[n]	[g]	[g]	[%]	[gg]	[mm]	[mm]	[MPa]
1	7396.0	7389.0	0.1	7	152.4	177.8	0.29
2	7374.0	7370.0	0.1	7	152.4	177.8	0.30
3	7450.0	7439.5	0.1	7	152.4	177.8	0.31
Limite NTA							R_t ≥ 0.25

Provini umidi; estratti dallo stampo dopo 24 h e stagionati in ambiente umido a T=20°C per 6 gg

(*) Massa del provino al momento della fabbricazione. $\gamma_d: 2,166 \text{ g/cm}^3$

N.B: Gli strumenti impiegati sono sottoposti a controllo periodico di taratura. Il laboratorio fornirà a richiesta le informazioni necessarie ad assicurare la rintracciabilità della catena metrologica.

Lo sperimentatore
Geom. Francesco Balducci

Il responsabile del Laboratorio
Dott. Ing. Alessandra Niccoli

Il direttore del laboratorio
Dott. di Ricerca Ing. Stefano Tattolo

**Miscela non legate e legate con leganti idraulici -
 UNI EN 13286-41 UNI EN 13286-42**

Committente: BOLOGNETTA S.C.P.A.
Indirizzo: Via Trieste, 76- 48122 Ravenna (RA)
Impresa: BOLOGNETTA S.C.P.A.
Cantiere: Cantiere "Bolognetta" tratto Palermo - Lercara Friddi
 Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal Km 14.4(Km 0.0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al Km 48,0 (Km 33.6 del Lotto 2- Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121.
Opera:
Attrezzatura: Pressa 250kN - Pestello Proctor (cod. 1085) Bilancia (cod. 1000a) - Forno (cod. 1004)
Campione: **MISTO CEMENTATO (60% MISTO GRANULARE "VALLE RENA" + 40% FRESATO PRE ESTRAZIONE + 3,5%CEMENTO 32,5 II/B-LL + 5,5%ACQUA)**
Compattazione: 05/08/2015
Data prove: 12/08/2015
Commissa: 1378-15 **Data :** 24/08/2015
Rapporto di prova N° : 30993-15 **Rev.00 del:** 24/08/2015

Confezionamento dei provini	UNI EN 13286-50
Forma dei provini	Cilindrica

DETERMINAZIONE DEL CARICO DI ROTTURA A COMPRESIONE - UNI EN 13286-41						
Provino	Massa ^(*)	Dimensione		M. Volumica umida	R _c	Tipo di rottura
		φ	h			
[n]	[g]	[mm]	[mm]	[kg/m ³]	[MPa]	-
1	7422.0	152.4	177.8	2288.4	4.3	Soddisfacente
2	7415.5	152.4	177.8	2286.4	4.1	Soddisfacente
3	7400.5	152.4	177.8	2281.8	4.0	Soddisfacente
Limite NTA					2.5 ≤ R_c ≤ 4.5	

(*) Massa del provino al momento della prova; provini umidi. $\gamma_d: 2,172 \text{ g/cm}^3$

Estratti dallo stampo dopo 24 h e stagionati in ambiente umido a T=20°C per 6 gg

DETERMINAZIONE DEL CARICO DI ROTTURA A TRAZIONE - UNI EN 13286-42							
Provino	Massa ^(*)	Massa di prova	Variazione di massa	Maturazione del provino	Dimensione		R _{ft}
					φ	h	
[n]	[g]	[g]	[%]	[gg]	[mm]	[mm]	[MPa]
1	7439.5	7422.5	0.2	7	152.4	177.8	0.38
2	7429.0	7413.5	0.2	7	152.4	177.8	0.41
3	7397.5	7382.5	0.2	7	152.4	177.8	0.41
Limite NTA							R_t ≥ 0.25

Provini umidi; estratti dallo stampo dopo 24 h e stagionati in ambiente umido a T=20°C per 6 gg

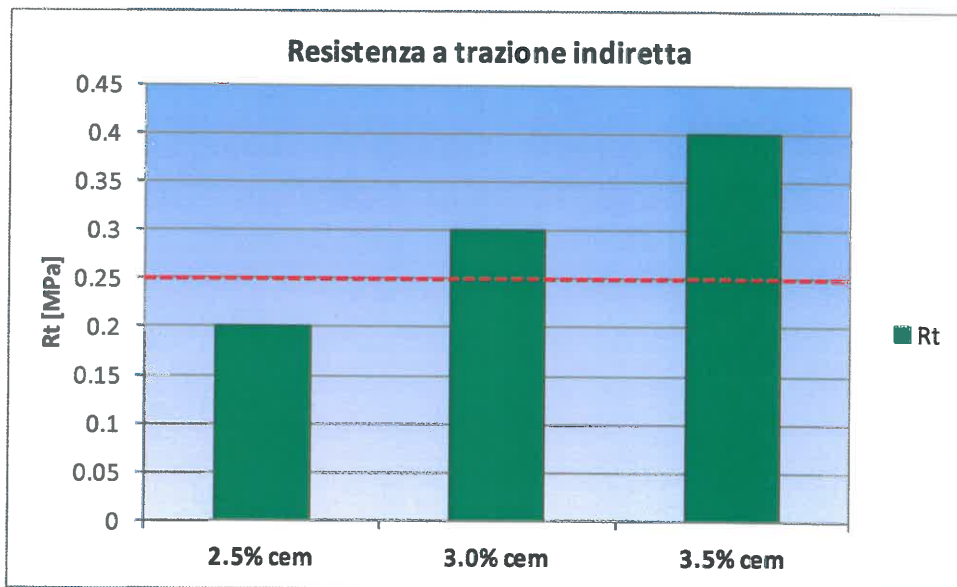
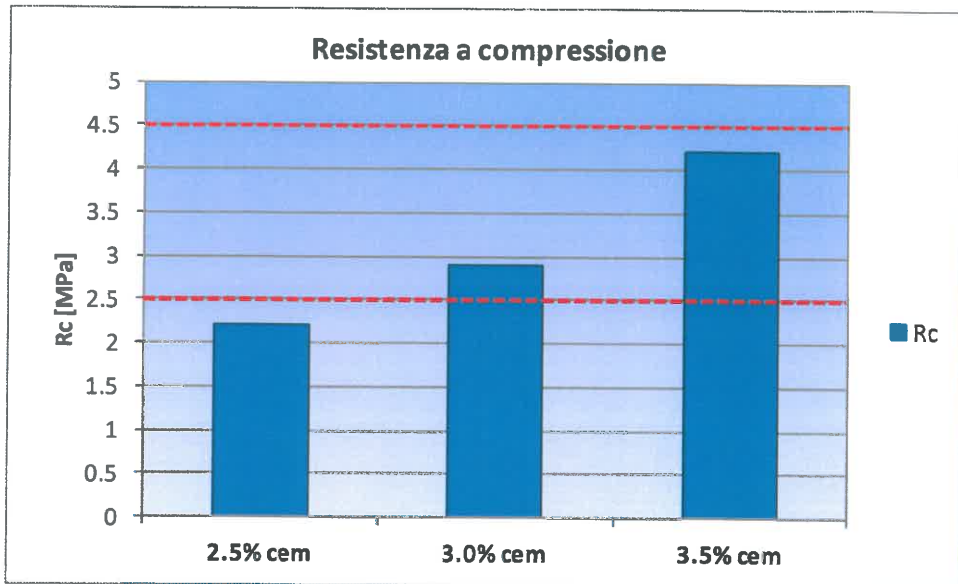
(*) Massa del provino al momento della fabbricazione. $\gamma_d: 2,170 \text{ g/cm}^3$

N.B: Gli strumenti impiegati sono sottoposti a controllo periodico di taratura. Il laboratorio fornirà a richiesta le informazioni necessarie ad assicurare la rintracciabilità della catena metrologica.

Lo sperimentatore
 Geom. Francesco Balducci

Il responsabile del Laboratorio
 Dott. Ing. Alessandra Niccoli

Il direttore del laboratorio
 Dott. di ricerca Ing. Stefano Tattolo



NORME TECNICHE

15. **CAPITOLO 15**

PAVIMENTAZIONI

INDICE DEL CAPITOLO 16

15.1.	<u>GENERALITA'</u>	269
15.2.	<u>STRATI DI FONDAZIONE</u>	289
15.2.1.	<u>Fondazione stradale in misto granulometricamente stabilizzato</u>	269
15.2.2.	<u>Fondazione eseguita con materiale proveniente da cava, da scavi o da depositi</u>	270
15.2.3.	<u>Modalità esecutive</u>	271
15.2.4.	<u>Fondazione in misto cementato confezionato in centrale</u>	272
15.2.4.1.	<u>Caratterizzazione dei materiali da impiegare</u>	272
15.2.4.1.1.	<u>Inerti</u>	272
15.2.4.1.2.	<u>Legante</u>	273
15.2.4.1.3.	<u>Acqua</u>	273
15.2.4.1.4.	<u>Studio della miscela in laboratorio: l'impresa dovrà sottoporre all'accettazione della Direzione Lavori la composizione granulometrica da adottare e le caratteristiche della miscela</u>	273
15.2.4.1.5.	<u>Modalità esecutive</u>	274
15.2.5.	<u>STRATO DI BASE</u>	276
15.2.5.1.1.	<u>Generalità</u>	276
15.2.5.1.2.	<u>Inerti</u>	276
15.2.5.1.3.	<u>Legante</u>	277
15.2.5.1.4.	<u>Formazione e confezione della miscela</u>	278
15.2.5.1.5.	<u>Posa in opera della miscela</u>	279
15.2.6.	<u>STRATI DI COLLEGAMENTO (BINDER) E DI USURA</u>	280
15.2.6.1.	<u>Generalità</u>	280
15.2.6.1.1.	<u>Inerti</u>	280
15.2.6.1.2.	<u>Legante</u>	282
15.2.6.1.3.	<u>Miscela</u>	282
15.2.6.1.4.	<u>Controllo dei requisiti di accettazione</u>	284
15.2.6.1.5.	<u>Formazione e confezione degli impasti</u>	284
15.2.6.1.6.	<u>Attivanti l'adesione</u>	284
15.2.6.1.7.	<u>Inerti</u>	285
15.2.6.1.8.	<u>Legante</u>	285
15.2.6.1.9.	<u>Miscela</u>	286
15.2.6.1.10.	<u>Confezione e posa in opera del conglomerato</u>	287
15.3.	<u>EMULSIONI MODIFICATE</u>	289
15.4.	<u>BITUMI PER MANI D'ATTACCO</u>	289
15.5.	<u>USURA ANTISDRUCCIOLO SMA (SPLITTMASTIX ASPHALT)</u>	289
15.5.1.	<u>TRATTAMENTI SUPERFICIALI</u>	294
15.5.1.1.	<u>Generalità</u>	294
15.5.1.1.1.	<u>Trattamento con emulsione a freddo</u>	294
15.5.1.1.2.	<u>Trattamento con bitume a caldo</u>	294
15.5.1.1.3.	<u>Trattamento a caldo con bitume liquido</u>	295
15.5.2.	<u>SCARIFICAZIONE DI PAVIMENTAZIONI ESISTENTI</u>	296

15.5.3.	FRESATURA DI STRATI IN CONGLOMERATO BITUMINOSO CON IDONEE ATTREZZATURE	297
15.5.4.	CONGLOMERATI BITUMINOSI A CALDO RIGENERATI IN IMPIANTO FISSO E MOBILE	297
15.5.5.	Generalità	297
15.5.5.1.	Inerti	298
15.5.5.1.2.	Legante	298
15.5.5.1.3.	Miscela	298
15.5.5.1.4.	Formazione e confezione della miscela	300
15.5.5.1.5.	Posa in opera della miscela	300
15.5.6.	MICROTAPPETI A FREDDO	300
15.5.6.1.	Generalità	300
15.5.6.1.1.	Inerti	300
15.5.6.1.2.	Additivi	301
15.5.6.1.3.	Miscela	301
15.5.6.1.4.	Malta bituminosa	301
15.5.6.1.5.	Composizione e dosaggi della miscela	303
15.5.6.1.6.	Acqua	303
15.5.6.1.7.	Confezionamento e posa in opera	303
15.5.7.	Microtappeti a freddo con inerti chiari naturali o artificiali da impiegare in galleria	304
15.5.7.1.	Generalità	304
15.5.7.1.1.	Materiali chiari naturali	304
15.5.7.2.	Materiali artificiali chiari	304
15.5.7.2.1.	Valgono le seguenti prescrizioni	304
15.5.7.2.2.	Modalità esecutive	305
15.5.8.	PAVIMENTAZIONE IN CUBETTI DI PIETRA	305
15.5.8.1.	Materiali	305
15.5.8.2.	Posa in opera	308
15.5.8.3.	Sigillature dei giunti	308
15.5.9.	Cordoli	308
15.6.	2.0 SPECIFICA DI CONTROLLO	307
15.6.1.	Disposizioni generali	307
15.6.2.	STRATI DI FONDAZIONE	307
15.6.2.1.	Fondazione stradale in misto granulometricamente stabilizzato	307
15.6.2.1.1.	Prove di laboratorio	307
15.6.2.1.2.	Prove di controllo in fase esecutiva	308
15.6.2.1.3.	Prove di laboratorio	308
15.6.2.1.4.	Prove in sito	308
15.6.2.2.	Fondazione in misto cementato confezionato in centrale	309
15.6.2.2.1.	Caratteristiche dei materiali da impiegare	309
15.6.2.2.2.	Inerti	309
15.6.2.2.3.	Acqua	309

15.6.2.2.4.	<i>Studio della miscela in laboratorio</i>	309
15.6.2.2.5.	<i>Prove di controllo in fase esecutiva</i>	310
15.6.2.2.6.	<i>Prove di laboratorio</i>	310
15.6.2.2.7.	<i>Prove in sito</i>	311
15.6.3.	STRATO DI BASE	311
15.6.3.1.	Caratteristiche dei materiali da impiegare	311
15.6.3.1.1.	<i>Inerti</i>	311
15.6.3.1.2.	<i>Legante</i>	311
15.6.3.1.3.	<i>Studio della miscela in laboratorio</i>	311
15.6.3.1.4.	<i>Prove di controllo in fase esecutiva</i>	312
15.6.3.1.5.	<i>Prove di laboratorio</i>	312
15.6.3.1.6.	<i>Prove in sito</i>	313
15.6.4.	STRATI DI COLLEGAMENTO (BINDER) E DI USURA	313
15.6.4.1.	Caratteristiche dei materiali da impiegare	313
15.6.4.1.1.	<i>Inerti</i>	313
15.6.4.1.2.	<i>Legante</i>	314
15.6.4.1.3.	<i>Studio della miscela in laboratorio</i>	315
15.6.4.1.4.	<i>Prove di controllo in fase esecutiva</i>	316
15.6.4.1.5.	<i>Prove di laboratorio</i>	316
15.6.4.1.6.	<i>Prove in sito</i>	316
15.6.5.	CONGLOMERATI BITUMINOSI A CALDO RIGENERATI IN IMPIANTO FISSO E MOBILE	318
15.6.6.	MICROTAPPETIA FREDDO	318
15.6.6.1.	Caratteristiche dei materiali da impiegare	318
15.6.6.1.1.	<i>Inerti</i>	318
15.6.6.1.2.	<i>Legante</i>	317
15.6.6.1.3.	<i>Studio della miscela in laboratorio</i>	317
15.6.6.1.4.	<i>Prove di controllo in fase esecutiva</i>	318
15.6.6.1.5.	<i>Prove di laboratorio</i>	318
15.6.6.1.6.	<i>Prove in sito</i>	318
15.6.7.	MICROTAPPETI A FREDDO CON INERTI CHIARI NATURALI O ARTIFICIALI DA IMPIEGARE IN GALLERIA	318
15.6.7.1.	Caratteristiche dei materiali da impiegare	318
15.6.7.1.1.	<i>Inerti</i>	319
15.6.7.1.2.	<i>Legante</i>	319
15.6.7.1.3.	<i>Studio della miscela in laboratorio</i>	319
15.6.7.1.4.	<i>Prove di controllo in fase esecutiva</i>	319
15.6.7.1.5.	<i>Prove di laboratorio</i>	319
15.6.7.1.6.	<i>Prove in sito</i>	320
15.6.8.	PAVIMENTAZIONE IN CUBETTI DI PIETRA	320
15.6.8.1.	Materiali	320
15.6.8.2.	Posa in opera	320
15.6.8.3.	Sigillature dei giunti	320
15.6.9.	Cordoli	320

15.6.9.1. Costi realizzati in opera	321
15.6.9.2. Costi prefabbricati	321

15.1 GENERALITA'

In linea generale, salvo diversa disposizione della DL, la sagoma stradale per tratti in rettilineo sarà costituita da due falde inclinate in senso opposto aventi pendenza trasversale del 2.5%, raccordate in asse da un arco di cerchio avente tangente di m 0.60.

Alle banchine sarà assegnata la stessa pendenza trasversale. Per le sedi unidirezionali delle autostrade, nei tratti in rettilineo, si adotterà di norma la pendenza trasversale del 2.5%.

Le curve saranno convenientemente rialzate sul lato esterno con la pendenza prevista da progetto in accordo con la DL, in funzione del raggio di curvatura e con gli opportuni tronchi di transizione per il raccordo della sagoma in curva con quella del rettilineo o altre curve precedenti e seguenti.

Il tipo e lo spessore dei vari strati, costituenti la sovrastruttura, saranno quelli stabiliti, per ciascun tratto, dal progetto in accordo con la DL, in base ai risultati delle indagini geotecniche e di laboratorio eseguite.

I materiali, le terre, impiegati nella realizzazione della sovrastruttura, nonché la loro provenienza dovranno soddisfare le prescrizioni riportate in questa sezione.

La DL potrà ordinare ulteriori prove su detti materiali, presso il Laboratorio del Centro Sperimentale Stradale dell'ANAS di Cesano (Roma) o presso altri Laboratori Ufficiali.

In cantiere dovranno essere attrezzati dei laboratori, con personale qualificato, nei quali eseguire le prove di routine per l'identificazione delle richieste caratteristiche.

L'approvazione della DL circa i materiali, le attrezzature, i metodi di lavorazione, non solleva l'Appaltatore dalla responsabilità circa la riuscita del lavoro.

L'Appaltatore dovrà curare di garantire la costanza della massa, nel tempo, delle caratteristiche delle miscele, degli impasti e della sovrastruttura resa in opera.

Salvo che non sia diversamente imposto dai punti seguenti, la superficie finita della pavimentazione non dovrà scostarsi dalla sagoma di progetto più di 1 cm, controllata a mezzo di un regolo lungo 4.50 m disposto secondo due direzioni ortogonali, è ammessa una tolleranza in più o in meno del 3%, rispetto agli spessori di progetto, purché questa differenza si presenti solo saltuariamente.

La pavimentazione stradale sui ponti deve sottrarre all'usura ed alla diretta azione del traffico l'estradosso del ponte e gli strati di impermeabilizzazione su di esso disposti.

Allo scopo di evitare frequenti rifacimenti, particolarmente onerosi sui ponti, tutta la pavimentazione, compresi i giunti e le altre opere accessorie, deve essere eseguita con materiali della migliore qualità e con la massima cura esecutiva.

Di norma la pavimentazione stradale sui ponti deve essere tale da non introdurre apprezzabili variazioni di continuità rispetto alla strada nella quale il ponte è inserito.

Pertanto, in linea di massima, nel caso di sovrastrutture di tipo "flessibile", salvo casi particolari, sui ponti devono proseguire gli strati superiori di pavimentazione in conglomerato bituminoso. L'anzidetta pavimentazione deve presentare pendenza trasversale minima non inferiore al 2.5%.

15.2 STRATI DI FONDAZIONE

15.2.1 FONDAZIONE STRADALE IN MISTO GRANULOMETRICAMENTE STABILIZZATO

La fondazione è costituita da miscele di terre stabilizzate granulometricamente; la frazione grossa di tali miscele (trattenute al setaccio 2 UNI) può essere costituita da ghiaie, frantumati, detriti di cava, scorie o anche altro materiale ritenuto idoneo dalla Direzione Lavori.

La fondazione potrà essere formata da materiale idoneo pronto all'impiego oppure da correggersi con adeguata attrezzatura in impianto fisso di miscelazione o in sito.

Lo spessore della fondazione sarà conforme alle indicazioni di progetto e/o dalla Direzione Lavori, e verrà realizzato mediante sovrapposizione di strati successivi.

15.2.2 FONDAZIONE ESEGUITA CON MATERIALE PROVENIENTE DA CAVA, DA SCAVI O DA DEPOSITI

Il materiale da impiegare, dopo l'eventuale correzione e miscelazione in impianto fisso, dovrà rispondere alle caratteristiche seguenti:

- a) dimensioni non superiori a 71 mm, né forma appiattita, allungata o lenticolare;
- b) granulometria compresa nel seguente fuso e avente andamento continuo e uniforme praticamente concorde a quello delle curve limiti:

Serie crivelli e setacci UNI	Passante % totale in peso
crivello 71	100
crivello 40	75 - 100
crivello 25	60 - 87
crivello 10	35 - 67
crivello 5	25 - 55
setaccio 2	15 - 40
setaccio 0,4	7 - 22
setaccio 0,075	2 - 10

- c) rapporto tra il passante al setaccio 0,075 ed il passante al setaccio 0,4 inferiore a 2/3;
- d) perdita in peso alla prova Los Angeles (CNR 34 - 1973) eseguita sulle singole pezzature inferiore al 30%;
- e) equivalente in sabbia (CNR 27 - 1972) misurato sulla frazione passante al setaccio n 4 compreso tra 25 e 65 (la prova va eseguita con dispositivo meccanico di scuotimento).

Tale controllo dovrà essere eseguito anche sul materiale prelevato dopo costipamento.

Il limite superiore dell'equivalente in sabbia -65- potrà essere variato dalla Direzione Lavori in funzione delle provenienze e delle caratteristiche del materiale.

Per tutti i materiali aventi equivalente in sabbia compreso fra 25-35, la Direzione Lavori richiederà in ogni caso (anche se la miscela contiene più del 60% in peso di elementi frantumati) la verifica dell'indice di portanza CBR (CNR - UNI 10009) di cui al successivo comma.

- f) indice di portanza CBR (CNR - UNI 10009) dopo quattro giorni di imbibizione in acqua (eseguito sul materiale passante al crivello 25) non minore di 50.

inoltre richiesto che tale condizione sia verificata per un intervallo di $\pm 2\%$ rispetto all'umidità ottima di costipamento.

Se le miscele contengono oltre il 60% in peso di elementi frantumati a spigoli vivi, l'accettazione avverrà sulla base delle sole caratteristiche indicate ai precedenti commi a), b), d), e), salvo nel caso citato al comma e) in cui la miscela abbia equivalente in sabbia compreso tra 25 - 35;

- g) Prova di costipamento delle terre, con energia AASHO modificata (CNR 69 - 1978).

Le caratteristiche suddette dovranno essere accertate a cura dell'Appaltatore, sotto il controllo della Direzione Lavori, mediante prove di laboratorio sui campioni prelevati in contraddittorio con la Direzione Lavori a tempo opportuno, prima dell'inizio delle lavorazioni.

L'Appaltatore dovrà indicare per iscritto il tipo di lavorazione che intende adottare ed il tipo e la consistenza dell'attrezzatura di cantiere che verrà impiegata.

I requisiti di accettazione verranno accertati dalla Direzione Lavori con controlli sia preliminari che in corso d'opera.

In quest'ultimo caso verrà prelevato il materiale in sito già miscelato, prima e dopo il costipamento.

Per il materiale proveniente da cave l'Appaltatore dovrà indicare le fonti di approvvigionamento e la Direzione Lavori si riserva di accertarne i requisiti di accettazione mediante controlli sia in cava che in corso d'opera con le modalità sopra specificate.

Il materiale, qualora la Direzione Lavori ne accerti la non rispondenza anche ad una sola delle caratteristiche richieste, non potrà essere impiegato nella lavorazione e se la stessa Direzione Lavori riterrà, a suo insindacabile giudizio, che non possa essere reso idoneo mediante opportuni interventi correttivi da effettuare a cura e spese dell'Appaltatore, dovrà essere allontanato dal cantiere.

15.2.3 MODALITÀ ESECUTIVE

Il piano di posa dello strato dovrà avere le quote, la sagoma ed i requisiti di compattezza previsti in progetto ed essere ripulito da materiale estraneo.

Il materiale verrà steso in strati di spessore finito non superiore a 20 cm e non inferiore a 10 cm e dovrà presentarsi, dopo il costipamento, uniformemente miscelato in modo da non presentare segregazione dei suoi componenti.

L'eventuale aggiunta di acqua, per raggiungere l'umidità prescritta in funzione della densità, è da effettuarsi mediante dispositivo spruzzatori.

A questo proposito si precisa che tutte le operazioni anzidette non devono essere eseguite quando le condizioni ambientali (pioggia, neve, gelo) siano tali da danneggiare la qualità dello strato stabilizzato.

Verificandosi comunque eccesso di umidità, o danni dovuti al gelo, lo strato compromesso dovrà essere rimosso e ricostituito a cura e spese dell'Appaltatore. Il materiale pronto per il costipamento dovrà presentare in ogni punto la prescritta granulometria.

Per il costipamento e la rifinitura verranno impiegati rulli vibranti o vibranti gommati, tutti semoventi.

L'idoneità dei rulli e le modalità di costipamento per ogni cantiere, verranno accertate dalla Direzione Lavori con una prova sperimentale, usando le miscele messe a punto per quel cantiere.

Il costipamento di ogni strato dovrà essere eseguito sino ad ottenere una densità in sito non inferiore al 95% della densità massima fornita dalla prova AASHTO modificata (CNR 69 - 1978) con esclusione della sostituzione degli elementi trattenuti al crivello 25 (AASHTO T 180-57 metodo D).

Se la misura in sito riguarda materiale contenente fino al 25% in peso di elementi di dimensioni maggiori di mm 25, la densità ottenuta verrà corretta in base alla formula:

$$d_r = \frac{d_i P_c (100 - x)}{100 P_c - x d_i}$$

d_r = densità della miscela ridotta degli elementi di dimensione superiore a 25 mm, da paragonare a quello AASHTO modificata determinata in laboratorio;

d_i = densità della miscela intera;

Pc = Peso specifico degli elementi di dimensione maggiore di 25 mm;

X = percentuale in peso degli elementi di dimensione maggiore di 25 mm.

La suddetta formula di trasformazione potrà essere applicata anche nel caso di miscele contenenti una percentuale in peso di elementi di dimensione superiore a mm 35, compresa tra il 25% e il 40%.

In tal caso nella stessa formula, al termine x dovrà essere sempre dato il valore 25 (indipendentemente dalla effettiva percentuale in peso trattenuto al crivello UNI 25 mm).

Il valore del modulo di deformazione (CNR 146 – 1992) nell'intervallo compreso fra 0,15 - 0,25 MPa non dovrà essere inferiore a 80 MPa. In caso contrario l'Appaltatore, a sua cura e spese dovrà adottare tutti i provvedimenti atti al raggiungimento del valore prescritto, non esclusa la rimozione ed il rifacimento dello strato.

La superficie finita non dovrà scostarsi dalla sagoma di progetto di oltre 1 cm, controllato a mezzo di un regolo di 4,00 m di lunghezza e disposto secondo due direzioni ortogonali. Lo spessore dovrà essere quello prescritto, con una tolleranza in più o in meno del 5% purché questa differenza si presenti solo saltuariamente. In caso contrario l'Appaltatore a sua cura e spese, dovrà provvedere al raggiungimento dello spessore prescritto.

15.2.4 FONDAZIONE IN MISTO CEMENTATO CONFEZIONATO IN CENTRALE

Il misto cementato per fondazione o per base sarà costituito da una miscela di aggregati lapidei, impastata con cemento ed acqua in impianto centralizzato con dosatori a peso o a volume, da stendersi in unico strato dello spessore indicato in progetto e comunque non dovrà mai avere uno spessore finito inferiore ai 10 cm.

15.2.4.1 Caratteristiche dei materiali da impiegare

15.2.4.1.1 Inerti

Saranno impiegate ghiaie e sabbie di cava e/o di fiume con percentuale di frantumato complessiva compresa tra il 30% ed il 60% in peso sul totale degli aggregati.

La Direzione Lavori potrà autorizzare l'impiego di quantità di materiale frantumato superiore al limite stabilito, in questo caso la miscela finale dovrà essere tale da presentare le stesse resistenze a compressione e a trazione a sette giorni prescritte nel seguito; questo risultato potrà ottenersi aumentando la percentuale delle sabbie presenti nella miscela e/o la quantità di passante al setaccio 0,75 mm.

Gli inerti dovranno avere i seguenti requisiti: a) dimensioni non superiori a 40 mm, né di forma appiattita, allungata o lenticolare;

b) granulometria compresa nel seguente fuso ed avente andamento continuo ed uniforme (CNR 23 - 1971):

Serie crivelli e setacci UNI	Passante totale in peso
crivello 40	100
crivello 30	80 - 100
crivello 25	72 - 90
crivello 15	53 - 70
crivello 10	40 - 55
crivello 5	28 - 40

setaccio 2	18 - 30
setaccio 0,4	8 - 18
setaccio 0,18	6 - 14
setaccio 0,075	5 - 10

- c) perdita in peso alla prova Los Angeles (CNR 34 - 1973) non superiore al 30% in peso;
- d) equivalente in sabbia (CNR 27 - 1972) compreso fra 30 - 60;
- e) indice di plasticità (CNR UNI 10014) non determinabile (materiale non plastico).

15.2.4.1.2 *Legante*

Dovrà essere impiegato cemento normale (Portland, pozzolanico o d'alto forno). A titolo indicativo la percentuale di cemento sarà compresa tra il 2, 5% ed il 3,5% sul peso degli aggregati asciutti.

E' possibile sostituire parzialmente il cemento con cenere di carbone del tipo leggero di recente produzione: orientativamente le ceneri leggere possono sostituire fino al 40% del peso indicato di cemento.

La quantità in peso di ceneri da aggiungere per ottenere pari caratteristiche meccaniche scaturirà da apposite prove di laboratorio da effettuare a cura dell'Appaltatore e sotto il controllo della Direzione Lavori.

Indicativamente ogni punto percentuale di cemento potrà essere sostituito da 4-5 punti percentuali di ceneri.

15.2.4.1.3 *Acqua*

Dovrà essere esente da impurità dannose, oli, acidi, alcali, materia organica e qualsiasi altra sostanza nociva.

La quantità di acqua nella miscela sarà quella corrispondente all'umidità ottima di costipamento (CNR 69 - 1978) con una variazione compresa entro $\pm 2\%$ del peso della miscela per consentire il raggiungimento delle resistenze indicate di seguito.

15.2.4.1.4 *Studio della miscela in laboratorio* L'Appaltatore dovrà sottoporre all'accettazione della Direzione Lavori la composizione granulometrica da adottare e le caratteristiche della miscela.

La percentuale di cemento e delle eventuali ceneri volanti, come la percentuale di acqua, dovranno essere stabilite in relazione alle prove di resistenza eseguite sui provini cilindrici confezionati entro stampi CBR (CNR-UNI 10009) impiegati senza disco spaziatore (altezza 17,78 cm, diametro 15,24 cm, volume 3242 cm³); per il confezionamento dei provini gli stampi verranno muniti di collare di prolunga allo scopo di consentire il regolare costipamento dell'ultimo strato con la consueta eccedenza di circa 1 cm rispetto all'altezza dello stampo vero e proprio.

Tale eccedenza dovrà essere eliminata, previa rimozione del collare suddetto e rasatura dello stampo, affinché l'altezza del provino risulti definitivamente di 17,78 cm.

La miscela di studio verrà preparata partendo da tutte le classi previste per gli aggregati, mescolandole tra loro, con il cemento, l'eventuale cenere e l'acqua nei quantitativi necessari ad ogni singolo provino.

Comunque prima di immettere la miscela negli stampi si opererà una vagliatura sul crivello UNI 25 mm allontanando gli elementi trattenuti (di dimensione superiore a quella citata) con la sola pasta di cemento ad essi aderente.

La miscela verrà costipata su 5 strati, con il pestello e l'altezza di caduta di cui alla norma AASHTO modificato, con 85 colpi per strato, in modo da ottenere una energia di costipamento pari a quella della prova citata (diametro pestello 51+0,5 mm, peso pestello 4,535+0,005 Kg, altezza di caduta 45,7 cm).

I provini dovranno essere estratti dallo stampo dopo 24 h e portati successivamente a stagionatura per altri 6 giorni in ambiente umido (umidità relativa non inferiore al 90% e temperatura di circa 293 K); in caso di confezione in cantiere la stagionatura si farà in sabbia mantenuta umida.

Operando ripetutamente nel modo suddetto, con l'impiego di percentuali in peso d'acqua diverse (sempre riferite alla miscela intera, compreso quanto eliminato per vagliatura sul crivello 25) potranno essere determinati i valori necessari al tracciamento dei diagrammi di studio. Lo stesso dicasi per le variazioni della percentuale di legante. I provini dovranno avere resistenza a compressione a 7 giorni non minore di 2,5 MPa e non superiore a 4,5 MPa, ed a trazione secondo la prova "brasiliiana" (CNR 97 – 1984), non inferiore a 0,25 MPa.

Per particolari casi è facoltà della Direzione Lavori accettare valori di resistenza a compressione fino a 7,5 MPa (questi valori per la compressione e la trazione devono essere ottenuti dalla media di 3 provini, se ciascuno dei singoli valori non si scosta dalla media stessa di $\pm 15\%$, altrimenti dalla media dei due restanti dopo aver scartato il valore anomalo). Da questi dati di laboratorio dovranno essere scelti la curva, la densità e le resistenze da confrontare con quelle di progetto e da usare come riferimento nelle prove di controllo.

15.2.4.1.5 Modalità esecutive

Confezione delle miscele

Le miscele dovranno essere confezionate in impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

Gli impianti dovranno comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare miscele del tutto rispondenti a quelle di progetto.

La dosatura degli aggregati dovrà essere effettuata sulla base di almeno 4 classi con predosatori in numero corrispondente alle classi impiegate.

La zona destinata all'ammannimento degli aggregati sarà preventivamente e convenientemente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possano compromettere la pulizia degli aggregati.

Inoltre i cumuli delle diverse classi dovranno essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura.

Posa in opera

La miscela dovrà essere stesa sul piano finito dello strato precedente dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti di quota, sagoma e compattezza prescritti.

La stesa verrà eseguita impiegando finitrici vibranti.

Le operazioni di addensamento dello strato dovranno essere realizzate nell'ordine con le seguenti attrezzature:- rullo a due ruote vibranti da 10 t per ruota o rullo con una sola ruota vibrante di peso non inferiore a 18 t;

- rullo gommato con pressione di gonfiaggio superiore a 5 bar e carico di almeno 18 t.

Potranno essere impiegati in alternativa, previo benestare della Direzione Lavori, rulli misti vibranti-gommati rispondenti alle caratteristiche di cui sopra.

In ogni caso l'idoneità dei rulli e le modalità di costipamento dovranno essere verificate preliminarmente dalla Direzione Lavori su una stesa sperimentale delle miscele messe a punto.

La stesa della miscela non dovrà di norma essere eseguita con temperature ambiente inferiori a 273 K e superiori a 298 K e mai sotto la pioggia.

Tuttavia, a insindacabile giudizio della Direzione Lavori, potrà essere consentita la stesa a temperature tra i 298 e i 303 K. In questo caso però sarà necessario proteggere da evaporazione la miscela durante il trasporto dall'impianto di confezionamento al luogo di impiego (ad esempio con teloni), sarà inoltre necessario provvedere ad un abbondante bagnatura del piano di posa del misto cementato.

Infine le operazioni di costipamento e di stesa del velo di protezione con emulsione bituminosa dovranno essere eseguite immediatamente dopo la stesa della miscela.

Le condizioni ideali di lavoro si hanno con temperature comprese tra 288 e 291 K ed umidità relativa del 50% circa; temperature superiori saranno ancora accettabili con umidità relativa anch'essa crescente; comunque è opportuno, anche per temperature inferiori alla media, che l'umidità relativa dell'ambiente non scenda al di sotto del 15% in quanto ciò potrebbe provocare ugualmente una eccessiva evaporazione della miscela.

Il tempo intercorrente tra la stesa di due strisce affiancate non dovrà superare di norma le 2 h per garantire la continuità della struttura. Particolari accorgimenti dovranno adottarsi nella formazione dei giunti longitudinali, che andranno protetti con fogli di polietilene o materiale similare.

Il giunto di ripresa sarà ottenuto terminando la stesa dello strato a ridosso di una tavola e togliendo la tavola stessa al momento della ripresa della stesa; se non si fa uso della tavola, sarà necessario, prima della ripresa della stesa, provvedere a tagliare l'ultima parte dello strato precedente, in modo da ottenere una parete verticale.

Non dovranno essere eseguiti altri giunti all'infuori di quelli di ripresa.

Il transito di cantiere potrà essere ammesso sullo strato a partire dal terzo giorno dopo quello in cui è stata effettuata la stesa e limitatamente ai mezzi gommati.

Strati eventualmente compromessi dalle condizioni meteorologiche o da altre cause dovranno essere rimossi e sostituiti a totale cura e spese dell'Appaltatore.

Protezione superficiale

Appena completati il, costipamento e la rifinitura superficiale dello strato, dovrà essere eseguita la spruzzatura di un velo protettivo di emulsione bituminosa acida al 55%, in ragione di 1,0-2,0 kg/m², in relazione al tempo ed alla intensità del traffico di cantiere cui potrà essere sottoposta la fondazione, con successivo spargimento di sabbia.

Requisiti di accettazione

Le caratteristiche granulometriche delle miscele, potranno avere una tolleranza di ± 5 punti % fino al passante al crivello n°5 e di ± 2 punti % per il passante al setaccio 2 ed inferiori, purché non vengano superati i limiti del fuso.

Qualora le tolleranze di cui sopra vengano superate, la lavorazione dovrà essere sospesa e l'Appaltatore dovrà adottare a sua cura e spese quei provvedimenti che, proposti dalla stessa, per diventare operativi dovranno essere approvati dalla Direzione Lavori.

La densità in sito, a compattazione ultimata, dovrà risultare non inferiore al 97% delle prove AASHTO modificato (CNR 69 - 1978), nel 98% delle misure effettuate.

La densità in sito sarà determinata mediante normali procedimenti a volumometro, con l'accorgimento di eliminare dal calcolo, sia del peso che del volume, gli elementi di dimensione superiore a 25 mm, ciò potrà essere ottenuto con l'applicazione della formula di trasformazione di cui punto 1.1.1.2 della presente sezione, oppure con una misura diretta consistente nella separazione mediante vagliatura degli elementi di pezzatura maggiore di 25 mm e nella loro sistemazione nel cavo di prelievo prima di effettuare la misura con volumometro.

La sistemazione di questi elementi nel cavo dovrà essere effettuata con cura, elemento per elemento per evitare la formazione di cavità durante la misurazione del volume del cavo stesso.

Il valore del modulo di deformazione (CNR- 146 - 1992), al primo ciclo di carico e nell'intervallo compreso tra 0,15-0,25 MPa, in un tempo compreso fra 3-12 h dalla compattazione, non dovrà mai essere inferiore a 150 MPa.

Qualora venissero rilevati valori inferiori, la frequenza dei rilevamenti dovrà essere incrementata secondo le indicazioni della Direzione Lavori e l'Appaltatore, a sua cura e spese, dovrà demolire e ricostruire gli strati interessati.

La superficie finita della fondazione non dovrà scostarsi dalla sagoma di progetto di oltre 1 cm verificato a mezzo di un regolo di 4,00 m di lunghezza e disposto secondo due direzioni ortogonali.

La frequenza del controllo sarà quella ordinata dalla Direzione Lavori.

15.2.5 STRATO DI BASE

15.2.5.1.1 Generalità

Lo strato di base è costituito da un misto granulare di frantumato, ghiaia, sabbia ed eventuale additivo (secondo le definizioni riportate nell'art. 1 delle Norme C.N.R. sui materiali stradali - fascicolo n. 4/1953 - ("Norme per l'accettazione dei pietrischi, dei pietrischetti, delle graniglie, delle sabbie e degli additivi per costruzioni stradali"), normalmente dello spessore di 15 cm, impastato con bitume a caldo, previo preriscaldamento degli aggregati, steso in opera mediante macchina vibrofinitrice e costipato con rulli gommati, vibranti gommati e metallici.

Lo spessore della base è prescritto nei tipi di progetto, salvo diverse indicazioni della Direzione dei Lavori.

15.2.5.1.2 Inerti.

I requisiti di accettazione degli inerti impiegati nei conglomerati bituminosi per lo strato di base dovranno essere conformi alle prescrizioni contenute nel fascicolo n. 4 delle norme C.N.R. - 1953 ("Norme per l'accettazione dei pietrischi, dei pietrischetti, delle graniglie, delle sabbie e degli additivi per costruzioni stradali") e nelle norme C.N.R. 65-1978 C.N.R. 80-1980.

Per il prelievamento dei campioni destinati alle prove di controllo dei requisiti di accettazione così come per le modalità di esecuzione delle prove stesse, valgono le prescrizioni contenute nel fascicolo n. 4 delle norme C.N.R. - 1953 - ("Norme per l'accettazione dei pietrischi, dei pietrischetti, delle graniglie, delle sabbie e degli additivi per costruzioni stradali"), con l'avvertenza che la prova per la determinazione della perdita in peso sarà fatta col metodo Los Angeles secondo le norme del C.N.R. B.U. n. 34 (del 28-3-1973), anziché col metodo DEVAL.

L'aggregato grosso sarà costituito da frantumati (nella misura che di volta in volta sarà stabilita a giudizio della Direzione Lavori e che comunque non potrà essere inferiore al 30% della miscela degli inerti) e da ghiaie che dovranno rispondere al seguente requisito:

- perdita di peso alla prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature inferiore al 25%.

In ogni caso gli elementi dell'aggregato dovranno essere costituiti da elementi sani, duri, durevoli, a superficie ruvida, puliti ed esenti da polvere e da materiali estranei, inoltre non dovranno mai avere forma appiattita, allungata o lenticolare.

L'aggregato fino sarà costituito in ogni caso da sabbie naturali e di frantumazione (la percentuale di queste ultime sarà prescritta di volta in volta dalla Direzione Lavori in relazione ai valori di scorrimento delle prove Marshall, ma comunque non dovrà essere inferiore al 30% della miscela delle sabbie) che dovranno rispondere al seguente requisito:

- equivalente in sabbia (C.N.R. 27 -1972) superiore a 50.