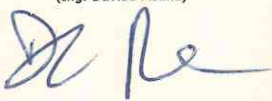
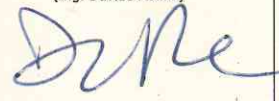





PROVINCIA DI CREMONA
SETTORE INFRASTRUTTURE STRADALI

S.P. ex S.S. n. 415 "PAULLESE"
AMMODERNAMENTO TRATTO "CREMA-SPINO D'ADDA"

LOTTO N. 3 - "NUOVO PONTE SUL FIUME ADDA"
LAVORI DI RADDOPPIO DEL PONTE SUL FIUME ADDA
E DEI RELATIVI RACCORDI IN PROVINCIA DI CREMONA E LODI

0	prima emissione		GENNAIO 2016
emissione	descrizione	disegnato	data emissione
livello: PROGETTO DEFINITIVO		codice CUP: G41B03000270002	
elaborato: CALCOLO ESECUTIVO E DIMENSIONAMENTO DELLA SOVRASTRUTTURA		codice: SS415-D-U-110	
		allegato n.:	scala:
		2	
IL PROGETTISTA SPECIALISTICO	IL PROGETTISTA GENERALE	IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO	data
(Ing. Davide Pisana)	(Ing. Davide Pisana)	(Ing. Roberto Vanzini)	27 MAG. 2016
			
Percorso file: U:\lavori\09\Projects\SS415\PONTE SPINO\Definitivo_CR\00_COPERTINE.dwg			

Indice

1.Premessa.....	2
2.Metodo di dimensionamento.....	2
3.Analisi del traffico.....	4
4.Scelte progettuali.....	5
5.Calcolo di dimensionamento.....	6

1. Premessa

La seguente relazione ha per oggetto il dimensionamento della pavimentazione stradale della viabilità principale del III lotto di riqualificazione e potenziamento della S.P. ex S.S. n. 415 "Paullese" nel tratto compreso tra il Comune di Spino d'Adda, già oggetto di riqualifica nell'ambito dei lavori del II lotto, e l'intersezione con la strada comunale per Bisnate in Comune di Zelo Buon Persico.

2. Metodo di dimensionamento

Il metodo di dimensionamento della sovrastruttura utilizzato è quello razionale di Ivanov.

Tale metodologia di calcolo si basa sul criterio di limitare la massima deflessione che si verifica al termine della vita utile sulla pavimentazione.

La freccia massima ammissibile di progetto risulta dipendente dal numero N di assi equivalenti all'asse standard (di un giorno e per corsia) che transiteranno sulla strada all'anno n , termine della vita utile.

La formula che esprime questo tipo di legame è la seguente:

$$f_{amm} = 0,17 - 0,026 \log (N)$$

Il numero N di assi cumulati che transitano in un giorno dell'ultimo anno n della vita utile può essere determinato a partire dal Traffico Giornaliero Medio (TGM) con la seguente relazione:

$$N = TGM \times P_p \times T_m \times T_l \times D_f \times C_{eq} \times (1 + t_a)^n$$

dove

· P_p = percentuale di veicoli pesanti;

· T_m = traffico per senso di marcia;

· T_l = traffico per corsia lenta;

· D_f = dispersione traiettorie;

· C_{eq} = Coefficiente di equivalenza veicoli commerciali – asse standard, rapportato agli assi

equivalenti;

· t_a = tasso accrescimento annuo traffico

Il modulo elastico di progetto E_p è legato alla freccia massima ammissibile dalla seguente relazione:

$$E_p = \frac{2pa}{f_{amm}}$$

dove:

· p = pressione di gonfiaggio del pneumatico (assunta pari a 8 daN/cm²);

· a = raggio di impronta del pneumatico (assunto circolare pari a 15 cm)

Affinché il metodo sia verificato il modulo elastico di progetto E_p dovrà essere inferiore al modulo equivalente E_e della pavimentazione moltiplicato per un coefficiente di sicurezza c_s .

Per determinare il modulo E_e si introduce un parametro n_e di equivalenza tra il modulo E_0 dell'ammasso semi-infinito (corpo stradale) e il modulo E_1 dello strato 1 di spessore s_1 .

In pratica a parità di cedimenti totali, si sostituisce allo strato 1 di modulo E_1 uno strato di spessore $n_e \times s_1$ e modulo E_0 .

In base alla teoria dell'elasticità e a favore di sicurezza si assume:

$$n_e = 2,5 \sqrt{\frac{E_1}{E_0}}$$

Svolgendo le integrazioni e sommando si ottiene la seguente espressione:

$$E_e = \frac{E_o}{1 - \frac{2}{\pi} \left(1 - \frac{1}{n_e^{3,5}} \right) \arctan \left(\frac{n_e s_1}{2a} \right)}$$

L'espressione proposta da Ivanov consente pertanto di determinare E_e definito come il modulo equivalente di uno strato semi-infinito con lo stesso cedimento di uno strato di spessore s_1 di modulo E_1 poggiante su uno strato semi-infinito di modulo E_o .

Il metodo è suscettibile di iterazione, consentendo così di sostituire ad un insieme di più strati un ammasso ideale semi-infinito.

Nel presente calcolo di dimensionamento delle pavimentazioni si prenderanno in considerazione, al di sopra dell'ammasso con piano di posa finito a quota misto granulare slegato, lo strato di misto granulare stabilizzato a cemento, lo strato di mista bitumata, lo strato di collegamento (binder) e lo strato di usura (tappeto).

3. Analisi del traffico

I risultati dei rilievi del traffico (rilievi della durata di 7 giorni - DGR 8152 del 21/02/2002) eseguiti nel 2015 dall'Ufficio tecnico della Provincia di Cremona lungo l'asta della Paullese sono di seguito riportati:

S.P. CR ex S.S. 415 Paullese Km 17+400:

- rilievo dal 18 al 24 agosto 2015 – corsia destra: totale veicoli 62.374 (di cui 7.549 pesanti pari al 12,10 %)
- rilievo dal 18 al 24 agosto 2015 – corsia sinistra: totale veicoli 63.291 (di cui 9.787 pesanti pari al 15,69 %)
- Il TGM totale risultante è pari a 17.952 vv/g (con il 13,80% di veicoli pesanti).

S.P. CR ex S.S. 415 Paullese Km 17+400:

- rilievo dal 15 marzo al 21 settembre 2015 - corsia destra: totale veicoli 95.765 (di cui 14.281 pesanti pari al 14,91%)
- rilievo dal 15 marzo al 21 settembre 2015 - corsia sinistra: totale veicoli 95.392 (di cui 15.310 pesanti pari al 16,05%)

- Il TGM risultante è pari a 27.308 vv/g (con il 15,48 % di veicoli pesanti).

Per il dimensionamento della sovrastruttura stradale del corpo principale sono stati utilizzati, a vantaggio di sicurezza, i dati del secondo rilievo, ovvero impiegando il TGM con valore maggiore e considerando cautelativamente la percentuale di veicoli pesanti di progetto pari al 16 %.

4. Scelte progettuali

Per il corpo principale è stato adottato il seguente pacchetto:

- strato di usura: spessore 3 cm (tappeto antiskid)
- strato di collegamento: spessore 6 cm (binder ad alto modulo)
- strato di base: spessore 15 cm (misto bitumato tradizionale)
- strato di misto cementato: spessore 20 cm (inerte naturale)
- strato di misto granulare: spessore 20 cm (inerte naturale)

La vita utile assegnata per le pavimentazioni è la seguente:

- corpo principale : 30 anni

Il coefficiente di sicurezza c_s adottato è pari a 1,2.

Per il sottofondo si considera un piano di posa in misto granulare slegato assegnando il modulo di deformazione $M_d = 700 \text{ Kg/cm}^2$ e assumendo un modulo di elasticità dell'ammasso $E_o = 0,65 \cdot M_d = 455 \text{ Kg/cm}^2$.

Le ipotesi di progetto sono di seguito riassunte:

Corpo principale - vita utile 30 anni	
Traffico giornaliero medio (TGM)	27308
Percentuale veicoli pesanti (%)	16
Traffico per ogni senso di marcia	0,5
Traffico per corsia lenta	1

Dispersione delle traiettorie	0,8
Coefficiente di equivalenza veicoli commerciali – asse standard	1,41
Tasso di incremento annuo del traffico (%)	1

Il numero di assi equivalenti N per giorno e per corsia all'anno finale risulta: 3.321,47.

5. Calcolo di dimensionamento

Il dimensionamento con il metodo Ivanov è stato effettuato per la vita utile sopra evidenziata. I risultati delle verifiche, automatizzate con un semplice foglio di calcolo elettronico, sono di seguito riportati.

Corpo principale – vita utile 30 anni

freccia ammissibile $f_{amm} = 0,08$ cm

$$E_o = 0,65 * M_d = 455 \text{ Kg/cm}^2$$

modulo elastico ammissibile $E_{amm} = 3.059,45 \text{ Kg/cm}^2$

modulo elastico di progetto $E_p = \mathbf{3.671,34 \text{ Kg/cm}^2}$

MATERIALE	SPESSORE	MODULO ELASTICITA'
Stabilizzato a cemento	20 cm	25.000 Kg/cm ²
Misto bitumato tradizionale	15 cm	25.000 Kg/cm ²
Binder alto modulo	6 cm	60.000 Kg/cm ²
Tappeto modificato	3 cm	35.000 Kg/cm ²

modulo equivalente $E_e = 8.539,70 \text{ Kg/ cm}^2$

$E_e > E_p$ VERIFICATO

VERIFICA DELLO SPESSORE DEGLI STRATI BITUMINOSI CON IL METODO IVANOV			
CORPO PRINCIPALE - VITA UTILE 30 ANNI			
DATI			
TGM	Traffico giornaliero medio	da rilievo	27308,00
vu	vita utile	dato di progetto	30,00
Pp	% pesanti	da rilievo	0,16
Tm	Traffico per senso di marcia	ipotizzato	0,50
Tl	Traffico per corsia lenta	ipotizzato	1,00
Dt	Dispersione traiettorie	ipotizzata	0,80
Ce	Coefficiente equivalenza veicoli commerciali - asse standard rapportato agli assi equivalenti	ipotizzato	1,41
ta	Tasso di accrescimento annuo del traffico	ipotizzato	0,01
cs	coefficiente sicurezza	dato di progetto	1,20
E0	modulo di elasticità dello strato	materiale di partenza: rilevato con finitura in misto stabilizzato slegato	700,00

VALORI AMMISSIBILI			
famm	Freccia ammissibile	$0,17-0,026\log(N)$	0,08
Eamm	Modulo elastico ammissibile	$(pxd)/fam$	3059,45
CALCOLO			
N	numero di assi equivalenti	$((365 \times TGM \times PpxTmxTlxDtxCe) \times (1+ta)^v) / 365$	3321,47
Ep	modulo elastico di progetto	Eammxcs (o da tabella)	3671,34
Ee0	modulo elastico equivalente sopra il rilevato con Md = 700 Kg/cmq	700x0,65	455,00
E1	modulo di elasticità dello strato	materiale: mista cementata	25000,00
n1	parametro di equivalenza	$2,5\text{radice}(E1/Ee0)$	4,97
S1	spessore strato	mista cementata	20,00
Ee1	modulo equivalente		2398,00
E2	modulo di elasticità dello strato	materiale: misto bitumato	25000,00
n2	parametro di equivalenza	$2,5\text{radice}(E2/Ee1)$	2,55
S2	spessore strato	misto bitumato tradizionale	15,00
Ee2	modulo equivalente		5393,69

E3	modulo di elasticità dello strato	materiale: binder ad alto modulo	60000,00
n3	parametro di equivalenza	$^{2,5}\text{radice}(E3/Ee2)$	2,62
S3	spessore strato	binder ad alto modulo	6,00
Ee3	modulo equivalente		7670,79
E4	modulo di elasticità dello strato	materiale: tappeto modificato	35000,00
n4	parametro di equivalenza	$^{2,5}\text{radice}(E4/Ee3)$	1,84
S4	spessore strato	tappeto modificato	3,00
Ee4	modulo equivalente		8539,70