



PROVINCIA REGIONALE DI RAGUSA

POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA

PROGETTO DEFINITIVO

CUP F520C05000070003

GRUPPO DI PROGETTAZIONE (ATI):

SIS S.r.l. (MANDATARIA)
A&S Engineering S.r.l.
BONIFICA ITALIA S.r.l.
CO.RE. INGEGNERIA
OMNISERVICE Engineering S.r.l.

RESPONSABILI DI PROGETTO:

Prof. Ing. Antonio Bevilacqua
Ordine Ingegneri di Palermo n. 4058
Dott. Ing. Franco Persio Bocchetto
Ordine Ingegneri di Roma n. 8664
Dott. Ing. Vincenzo Calzona
Ordine Ingegneri di Roma n. 16656
Dott. Ing. Pietro Agnello
Ordine Ingegneri di Agrigento n. 543

RESPONS. INTEG. PREST. SPECIALISTICHE
Prof. Ing. Antonio Bevilacqua




UFFICIO DEL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
Dott. Ing. Vincenzo Corallo

ASSISTENTE
Dott. Ing. Salvatore Dipasquale


OPERE D'ARTE MINORI: ATTRAVERSAMENTI IDRAULICI Relazione di calcolo del tombino TP06

CODICE: PD-OM02-STR-RE04-B			SCALA: -	DATA: Ottobre 2011	
			NOME FILE: PD-OM02-STR-RE04-B		
Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Visto	Approvato
A	Aprile 2011	EMISSIONE GIUSTO VERB. COMM. REG.LE LL. PP. DEL 11/04/2011	ALAIMO	DI CHIARA	BEVILACQUA
B	Ottobre 2011	REVISIONE GIUSTA ISTRUTTORIA PER C.d.S. OTTOBRE 2011	ALAIMO	DI CHIARA	BEVILACQUA

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PROGETTO DEFINITIVO Relazione di calcolo della pavimentazione	SIS S.r.l. (Mandataria) A&S Engineering S.r.l. BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	---	--

INDICE

1. PREMESSA.....	2
1.1 LOCALIZZAZIONE DEL SITO.....	3
1.2 DESTINAZIONE.....	3
1.3 CARATTERISTICHE DEL SITO.	3
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO.	3
3. MATERIALI IMPIEGATI.....	4
4. PARAMETRI GEOTECNICI.....	4
5. MODELLAZIONE STRUTTURALE.....	5
6. SICUREZZA E PRESTAZIONI ATTESE.....	5
6.1 STATI LIMITE ULTIMI (SLU).	6
6.2 STATI LIMITE DI ESERCIZIO (SLE).....	6
6.3 VERIFICHE.....	7
6.4 VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA.	7
7. AZIONI DI PROGETTO.....	8
7.1 AZIONI PERMANENTI STRUTTURALI.....	8
7.2 CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI.	9
7.3 CARICHI VARIABILI.....	9
7.4 AZIONE SISMICA.	13
7.4.1 Vita nominale.	13
7.4.2 Classe d'uso.....	13
7.4.3 Periodo di riferimento per l'azione sismica.....	13
7.4.4 Periodo di ritorno dell'azione sismica.....	13
7.4.5 Determinazione dell'azione sismica.	14
8. ANALISI VISIVA DEI RISULTATI.	16
9. VERIFICHE NUMERICHE.....	19

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PROGETTO DEFINITIVO Relazione di calcolo della pavimentazione	SIS S.r.l. (Mandataria) A&S Engineering S.r.l. BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	---	--

1. PREMESSA.

Nella presente relazione sono riportati i criteri di calcolo adoperati per le verifiche del tombino TP06, nell'ambito del potenziamento dei collegamenti stradali fra la SS 115 – tratto Comiso-Vittoria –, il nuovo aeroporto di Comiso e la SS 514 Ragusa-Catania.

L'opera in esame rappresenta una porzione di un canale idraulico la cui estensione longitudinale risulta di circa 2000 m e sezione variabile lungo lo sviluppo longitudinale dello stesso.

La struttura oggetto della presente verifica ricade nella sezione alla progressiva 8+230.10 m (in Fig. 1 è riportato uno stralcio planimetrico con individuazione dell'opera); le opere in progetto prevedono la realizzazione di un scatolare, le cui pareti e fondazioni sono gettate in opera mentre la copertura è costituita da travi in c.a.p. semplicemente appoggiate alla struttura sottostante.

Le dimensioni dell'opera possono essere così riassunte: luce interna di 7.50 m ed altezza interna netta di 3.00 m. Lo spessore della fondazione è di 0.50 m, i piedritti sono 0.35 m, mentre lo spessore totale dell'elemento di copertura (trave in c.a.p. e getto di completamento) è di 0.60 m; in Fig. 2 è riportata una sezione trasversale della struttura. La lunghezza totale risulta di 66.60 m.

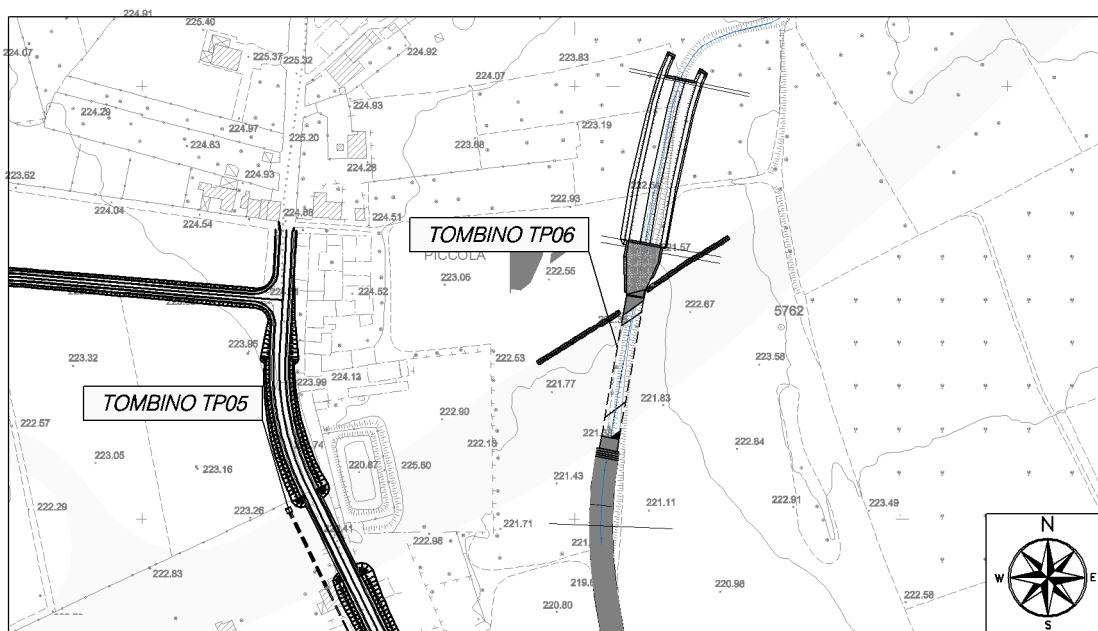



Fig. 1. Planimetria di inquadramento.

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PROGETTO DEFINITIVO Relazione di calcolo della pavimentazione	SIS S.r.l. (Mandataria) A&S Engineering S.r.l. BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	---	--

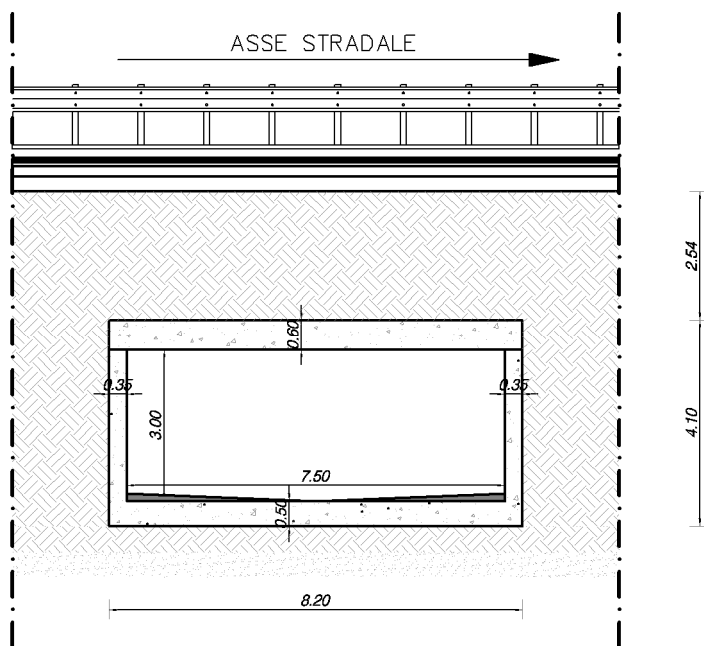


Fig. 2. Sezione trasversale di calcolo.

La presente relazione riporta il dimensionamento e la verifica della struttura e della fondazione, come risultato dello studio effettuato su una struttura piana che descrive una striscia larga 1.00 m.

1.1 LOCALIZZAZIONE DEL SITO.

L'opera è ubicata nel Comune di Comiso: le coordinate geografiche risultano 37°,0031 di latitudine e 14°,6046 di longitudine.

1.2 DESTINAZIONE.

Opera infrastrutturale di importanza normale ($V_N = 50$ anni).


1.3 CARATTERISTICHE DEL SITO.

Le caratteristiche morfologiche, geologiche, idrologiche ed idrogeologiche del sito sono riportate in modo esplicito ed approfondito nella relazione geologica.

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO.

La normativa cui viene fatto riferimento, nelle fasi di calcolo e progettazione, è la seguente:

- D.M. 14 gennaio 2008 – pubblicato su S.O. n. 30 alla G.U. 4 febbraio 2008, n. 29 – "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni";

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PROGETTO DEFINITIVO Relazione di calcolo della pavimentazione	SIS S.r.l. (Mandataria) A&S Engineering S.r.l. BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	---	--

- UNI EN 1992-1-1:2005: "Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1-1: Regole generali e regole per edifici";
- UNI EN 1997-1:2005: "Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali";
- UNI EN 206-1 ottobre 2006 – "Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità";
- UNI EN 11104 marzo 2004 – "Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità", Istruzioni complementari per l'applicazione delle EN 206-1.

3. MATERIALI IMPIEGATI.

Salvo indicazioni diverse espressamente indicate negli elaborati grafici, per la realizzazione delle opere in oggetto sono previsti i materiali di seguito descritti:

- calcestruzzo C32/40, per fondazione e piedritti;
- calcestruzzo C45/55, per le travi in c.a.p.;
- calcestruzzo C25/30, per il getto di completamento del solettone di copertura;
- acciaio B450C, per l'acciaio in barre;
- trefoli con tensione caratteristica di rottura pari a 1860 N/mm².

4. PARAMETRI GEOTECNICI.


Sulla base della documentazione geotecnica a disposizione, il terreno interessato dall'opera oggetto di studio è costituito da sabbie con alternanze ghiaiose, limose e conglomeratiche.

I parametri geomeccanici rappresentativi risultano:

- peso dell'unità di volume pari a 19 kN/m³;
- angolo di resistenza a taglio $\phi' = 32^\circ$;
- coesione efficace $c' = 5$ kPa;
- modulo $E' = 25$ N/mm².

I parametri geomeccanici rappresentativi del terreno di riporto risultano:

- peso dell'unità di volume pari a 20 kN/m³;
- angolo di resistenza a taglio $\phi' = 30^\circ$;

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PROGETTO DEFINITIVO Relazione di calcolo della pavimentazione	SIS S.r.l. (Mandataria) A&S Engineering S.r.l. BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	---	--

- coesione efficace 0.

In virtù della classificazione sismica riportata nel DM2008 il terreno in esame è assimilabile ad un suolo tipo B.

5. MODELLAZIONE STRUTTURALE.

La struttura oggetto di verifica ha uno sviluppo prevalentemente monodimensionale, pertanto è stato adottato un modello piano localizzato in corrispondenza della sezione trasversale maggiormente sollecitata; le armature di progetto vengono estese, a vantaggio di sicurezza, su tutta la struttura. Le elaborazioni numeriche sono state condotte attraverso software di calcolo automatico operante con il metodo degli elementi finiti (FEM), con il software Scat 10.0 vers. 10.03c della Aztec Informatica.


6. SICUREZZA E PRESTAZIONI ATTESE.

La sicurezza e le prestazioni di un'opera o di una parte di essa devono essere valutate in relazione agli stati limite che si possono verificare durante la vita nominale. Stato limite è la condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze per le quali è stata progettata.

In particolare, le opere e le varie tipologie strutturali devono possedere i seguenti requisiti:

- sicurezza nei confronti di stati limite ultimi (SLU): capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone ovvero comportare la perdita di beni, ovvero provocare gravi danni ambientali e sociali, ovvero mettere fuori servizio l'opera;
- sicurezza nei confronti di stati limite di esercizio (SLE): capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio;
- robustezza nei confronti di azioni eccezionali: capacità di evitare danni sproporzionati rispetto all'entità delle cause innescanti quali incendio, esplosioni, urti.

Il superamento di uno stato limite ultimo ha carattere irreversibile e si definisce collasso, mentre il superamento di uno stato limite di esercizio può avere carattere reversibile o irreversibile.

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PROGETTO DEFINITIVO Relazione di calcolo della pavimentazione	SIS S.r.l. (Mandataria) A&S Engineering S.r.l. BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	---	--

La durabilità, definita come conservazione delle caratteristiche fisiche e meccaniche dei materiali e delle strutture, proprietà essenziale affinché i livelli di sicurezza vengano mantenuti durante tutta la vita dell'opera, deve essere garantita attraverso una opportuna scelta dei materiali (vedi "relazione sui materiali" allegata) e un opportuno dimensionamento delle strutture, comprese le eventuali misure di protezione e manutenzione. I prodotti ed i componenti utilizzati per le opere strutturali devono essere chiaramente identificati in termini di caratteristiche meccanico – fisico – chimiche indispensabili alla valutazione della sicurezza e dotati di idonea qualificazione. I materiali ed i prodotti, per poter essere utilizzati nelle opere previste dalle presenti norme, devono essere sottoposti a procedure e prove sperimentali di accettazione.

6.1 STATI LIMITE ULTIMI (SLU).


I principali Stati Limite Ultimi sono:

- perdita di equilibrio della struttura o di una sua parte;
- spostamenti o deformazioni eccessive;
- raggiungimento della massima capacità di resistenza di parti di strutture, collegamenti, fondazioni;
- raggiungimento della massima capacità di resistenza della struttura nel suo insieme;
- raggiungimento di meccanismi di collasso nei terreni;
- rottura di membrature e collegamenti per fatica;
- rottura di membrature e collegamenti per altri effetti dipendenti dal tempo;
- instabilità di parti della struttura o del suo insieme.

6.2 STATI LIMITE DI ESERCIZIO (SLE).

I principali Stati Limite di Esercizio sono:

- danneggiamenti locali (ad es. eccessiva fessurazione del calcestruzzo) che possano ridurre la durabilità della struttura, la sua efficienza o il suo aspetto;
- spostamenti e deformazioni che possano limitare l'uso della costruzione, la sua efficienza e il suo aspetto;
- spostamenti e deformazioni che possano compromettere l'efficienza e l'aspetto di elementi non strutturali, impianti, macchinari;
- vibrazioni che possano compromettere l'uso della costruzione;
- danni per fatica che possano compromettere la durabilità;

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PROGETTO DEFINITIVO Relazione di calcolo della pavimentazione	SIS S.r.l. (Mandataria) A&S Engineering S.r.l. BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	---	--

- corrosione e/o eccessivo degrado dei materiali in funzione dell'ambiente di esposizione.

6.3 VERIFICHE.

Le opere strutturali devono essere verificate:

- per gli stati limite ultimi che possono presentarsi, in conseguenza alle diverse combinazioni delle azioni;
- per gli stati limite di esercizio definiti in relazione alle prestazioni attese.

6.4 VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA.

Per la valutazione della sicurezza si adotta il metodo semiprobabilistico agli stati limite (metodo di primo livello) basato sull'impiego dei coefficienti parziali di sicurezza. In tale metodo, la sicurezza strutturale deve essere verificata tramite il confronto tra la resistenza e l'effetto delle azioni. Per la sicurezza strutturale, la resistenza dei materiali e le azioni sono rappresentate dai valori caratteristici, R_{ki} e F_{kj} definiti, rispettivamente, come il frattile inferiore delle resistenze e il frattile (superiore o inferiore) delle azioni che minimizzano la sicurezza. In genere, i frattili sono assunti pari al 5%. Per le grandezze con piccoli coefficienti di variazione, ovvero per grandezze che non riguardino univocamente resistenze o azioni, si possono considerare frattili al 50% (valori mediani).

La verifica della sicurezza nei riguardi degli stati limite ultimi di resistenza si effettua con il "metodo dei coefficienti parziali" di sicurezza espresso dalla equazione formale


$$R_d \geq E_d$$

dove:

- R_d è la resistenza di progetto, valutata in base ai valori di progetto della resistenza dei materiali e ai valori nominali delle grandezze geometriche interessate;
- E_d è il valore di progetto dell'effetto delle azioni, valutato in base ai valori di progetto $F_{dj} = F_{kj} \times \gamma_{Fj}$ delle azioni, o direttamente $E_{dj} = E_{hj} \times \gamma_{Ej}$.

I coefficienti parziali di sicurezza, γ_{Mi} e γ_{Fj} , associati rispettivamente al materiale i-esimo e all'azione j-esima, tengono in conto la variabilità delle rispettive grandezze e le incertezze relative alle tolleranze geometriche e alla affidabilità del modello di calcolo.

La verifica della sicurezza nei riguardi degli stati limite di esercizio si esprime controllando aspetti di funzionalità e stato tensionale.

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PROGETTO DEFINITIVO Relazione di calcolo della pavimentazione	SIS S.r.l. (Mandataria) A&S Engineering S.r.l. BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	---	--

7. AZIONI DI PROGETTO.

Per il dimensionamento e la verifica degli elementi strutturali sono state considerate le seguenti azioni:

G_1 : azioni permanenti strutturali

G_2 : azioni permanenti non strutturali

Q_j : azioni variabili

Le azioni di progetto sono determinate e combinate come prescritto nel D.M. del 14 gennaio 2008. In particolare sono state valutate le seguenti combinazioni:

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \times G_1 + \gamma_{G2} \times G_2 + \gamma_P \times P + \gamma_{Q1} \times Q_{k1} + \gamma_{Q2} \times \psi_{02} \times Q_{k2} + \gamma_{Q3} \times \psi_{03} \times Q_{k3} + \dots$$
- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \times Q_{k2} + \psi_{03} \times Q_{k3} + \dots$$
- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \times Q_{k1} + \psi_{22} \times Q_{k2} + \psi_{23} \times Q_{k3} + \dots$$
- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \times Q_{k1} + \psi_{22} \times Q_{k2} + \psi_{23} \times Q_{k3} + \dots$$
- Combinazione eccezionale impiegati per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto:


$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \times Q_{k1} + \psi_{22} \times Q_{k2} + \psi_{23} \times Q_{k3} + \dots$$

7.1 AZIONI PERMANENTI STRUTTURALI.

Le azioni permanenti strutturali sono:

- peso proprio di tutti gli elementi strutturali;
- peso proprio del terreno, quando pertinente;
- forze indotte dal terreno (esclusi gli effetti di carichi variabili applicati al terreno).

Tali azioni vengono determinate in automatico dal software in funzione della geometria e dei pesi dell'unità di volume inputati e riportati nei tabulati di calcolo:

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PROGETTO DEFINITIVO Relazione di calcolo della pavimentazione	SIS S.r.l. (Mandataria) A&S Engineering S.r.l. BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	---	--

7.2 CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI.

I carichi permanenti non strutturali (G2) costituiti dai carichi portati; quando tali carichi sono noti con precisione è possibile inglobarli nei carichi permanenti strutturali in accordo con quanto precisato nelle NTC 2008 § 2.6.1.

La pavimentazione stradale ha uno spessore di $h_{\text{neri}} = 10 \text{ cm}$: $G_{2,\text{neri}} = 3.0 \text{ kN/m}^2$;

Il ritombamento della struttura ha un'altezza di calcolo pari a $h = 3.50 \text{ m}$. All'interfaccia tra terreno e soletta superiore, la massima tensione tangenziale che si può sviluppare è pari a:

$$T_{\text{max}} = N \times \tan(2/3 \varphi) = (g_t \times h) \times \tan(2/3 \varphi).$$

L'altezza di terreno utile per la generazione della massa sismica è pari a:

$$h_{\text{sisma}} = 3.50 \times \tan(2/3 \varphi) = 3.50 \times \tan(20) = 3.50 \times 0.364 \cong 1.30 \text{ m}.$$

Ai fini della progettazione sul software di calcolo si è imposta un'altezza di ricoprimento della soletta superiore pari a 1.30 m. La rimanente parte di ritombamento pari a

$h_{\text{soil}} = 3.50 - 1.30 - 0.10 = 2.10 \text{ m}$ è stata considerata come carico uniformemente distribuito.

Il terreno è costituito dal rilevato stradale, il cui peso specifico è stato valutato in $g_t = 19 \text{ kN/m}^3$.

Il valore del carico uniformemente distribuito è di:


$$G_{2,\text{soil}} = h_{\text{soil}} \times g_t = 2.10 \times 19 \cong 40.00 \text{ kN/m}^2$$

7.3 CARICHI VARIABILI.

I carichi variabili (Q) sono quelle azioni sulla struttura o sull'elemento strutturale con valori istantanei che possono risultare sensibilmente diversi fra loro nel tempo; si distinguono:

- di lunga durata: agiscono con un'intensità significativa, anche non continuativamente, per un tempo non trascurabile rispetto alla vita nominale della struttura;
- di breve durata: azioni che agiscono per un periodo di tempo breve rispetto alla vita nominale della struttura.

I carichi variabili cui sono soggette le opere in esame e significative per le stesse sono le azioni dovute al traffico veicolare.

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PROGETTO DEFINITIVO Relazione di calcolo della pavimentazione	SIS S.r.l. (Mandataria) A&S Engineering S.r.l. BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	---	--

Si sono adottati i carichi stabiliti convenzionalmente dalla normativa specifica per il calcolo dei ponti stradali di prima categoria. Studiando un modello a telaio a favore di sicurezza si fa riferimento al solo schema di carico 1, corsia di carico n. 1.

Tale schema è costituito da carichi concentrati su due assi in tandem, applicati su impronte di pneumatico di forma quadrata e lato 0,40 m di intensità pari a $Q_{ik}=300$ kN e da carichi uniformemente distribuiti $q_{ik}=9.00$ kN/m² come mostrato nella figura seguente.

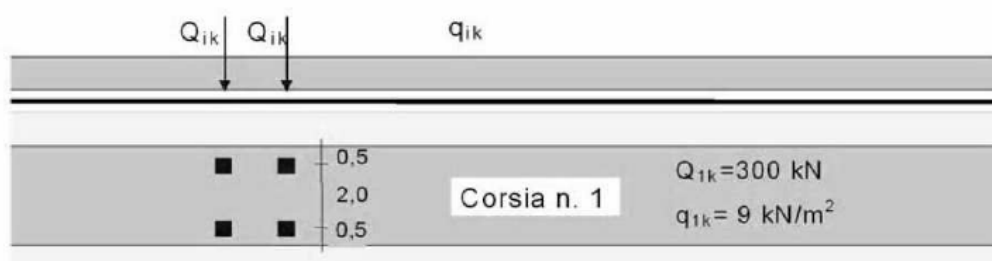


Fig. 3. Corsia n.1 dello schema di carico 1.


Per tutti i carichi mobili è già considerato il corrispondente coefficiente di incremento dinamico.

I modelli dello scatolare sono stati sottoposti a più condizioni di carico mobile, che gravano su tutti gli elementi che compongono lo scatolare stesso.

Per i setti la presenza di un sovraccarico stradale uniformemente distribuito, sul rilevato, comporta una spinta il cui diagramma delle pressioni risulta costante con la profondità e con punto di applicazione della risultante a metà altezza del setto stesso.

Per la disposizione dei carichi mobili e per il numero delle colonne sulla carreggiata, longitudinalmente sulla soletta superiore, si è fatto ricorso alle linee di influenza in modo da ottenere i valori massimi e minimi delle caratteristiche di sollecitazione (momento flettente e taglio) in tutte le sezioni di verifica.

Tra le varie disposizioni analizzate riportiamo quella che è risultata più gravosa per gli elementi dello scatolare, cioè il carico tandem in asse alla soletta superiore, con il sovraccarico stradale uniformemente distribuito da 9 kN/m².

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PROGETTO DEFINITIVO Relazione di calcolo della pavimentazione	SIS S.r.l. (Mandataria) A&S Engineering S.r.l. BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	---	--

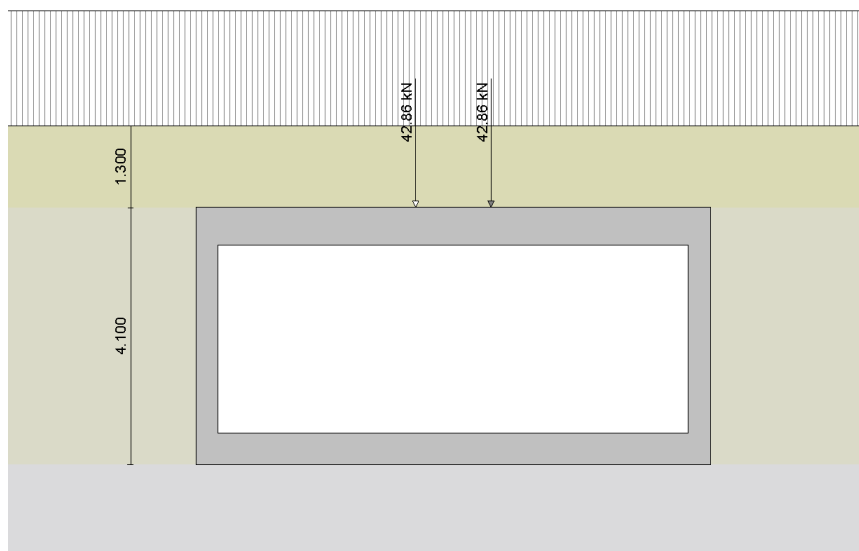



Fig. 4. Disposizione del carico stradale.

Un'altra disposizione di carichi mobili è quella che massimizza lo sforzo di taglio in corrispondenza ai setti. Tale disposizione prevede il posizionamento del carico tandem Q_{ik} in prossimità di un ritto. Le verifiche vengono condotte secondo l'involuppo più gravoso.

La soletta è stata schematizzata a striscia di larghezza unitaria, considerando un'opportuna larghezza collaborante per la diffusione dei carichi mobili.

Per il tratto compreso tra gli assi dei due setti verticali, la larghezza resistente di soletta viene valutata operando una diffusione dei singoli carichi costituenti il Q_{ik} , con rapporto 1:1 in senso verticale in corrispondenza dei neri e della soletta di copertura e secondo l'angolo di attrito del terreno nel ritombamento. In senso orizzontale si è operata una diffusione di 1:2.

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PROGETTO DEFINITIVO Relazione di calcolo della pavimentazione	SIS S.r.l. (Mandataria) A&S Engineering S.r.l. BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	---	--

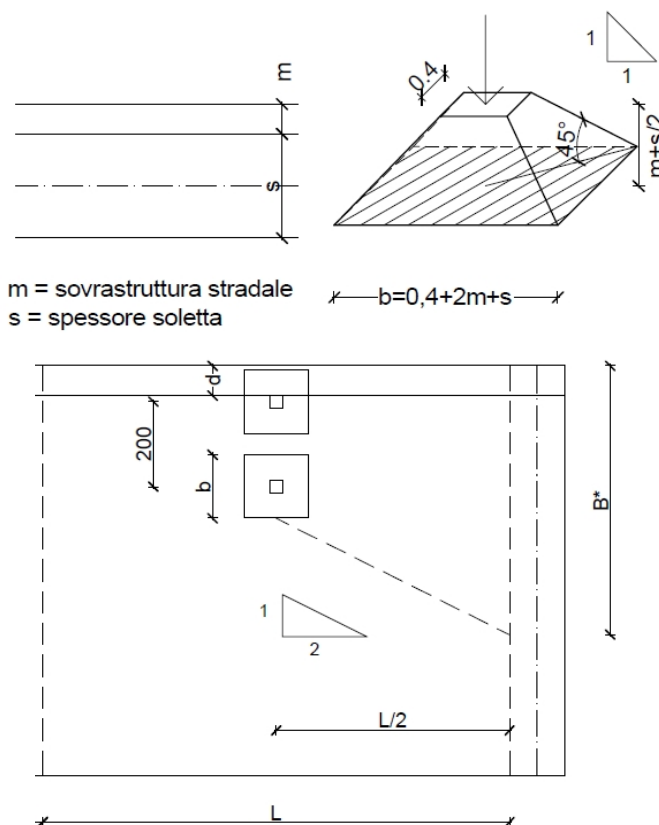


Fig. 5. Diffusione dei carichi in senso verticale e orizzontale tra le travi.

Con riferimento alla figura superiore, otteniamo che l'azione esercitata dai singoli assi da 300 kN, valutata a metro è pari a:

$$p_{Q_{ik}} = Q_{ik} / B^* \quad [\text{kN/m}]$$

dove

$$B^* = \frac{L}{4} + \frac{b}{2} + d + 2 + \frac{0.4}{2} = \text{larghezza collaborante a bordo manufatto}$$

L = luce netta interna allo scatolare;


$b = 0.4 + 2m + s$ = diffusione verticale;

m = ricoprimento sulla soletta;

d = spessore di un eventuale cordolo = 0.8 m;

2 = interasse trasversale dei carichi tandem;

0.4 = impronta di carico.

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PROGETTO DEFINITIVO Relazione di calcolo della pavimentazione	SIS S.r.l. (Mandataria) A&S Engineering S.r.l. BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	---	--

La larghezza collaborante così definita è pari a $B^* = 7.44$ m.

Essendo il manufatto stradale inclinato rispetto alla direzione di marcia della strada soprastante, a favore di sicurezza la larghezza collaborante è stata posta pari a $B_{cal}^* = 7.00$ m.

L'azione esercitata dal q_{ik} , valutata a metro, non subisce nessuna diffusione.

L'azione esercitata dai singoli assi da 300 kN, valutata a metro è pari a:

$$p_{Q_{ik}} = 42.86 \text{ kN/m}$$

7.4 AZIONE SISMICA.

La valutazione dell'azione sismica è stata effettuata in accordo con quanto prescritto nelle NTC 2008 ed integrato nella Circolare n.617 del 2 febbraio 2009; ai fini di tale valutazione le coordinate geografiche di ubicazione dell'opera sono: latitudine 37.0031°N e longitudine 14.6046 E .

Per le coordinate di cui sopra risulta una pericolosità sismica di base pari a $a_g = 0.296$ [g].

7.4.1 Vita nominale.

La vita nominale di un'opera strutturale V_N è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata. Nel caso in esame e sulla base della definizione di vita nominale, si assume $V_N = 50$ anni.

7.4.2 Classe d'uso.


Poiché l'opera in esame può essere classificata come opera infrastrutturale di importanza normale, con riferimento alla classificazione riportata nelle NTC 2008 al § 2.4.2 si assume una classe d'uso pari a IV alla quale corrisponde un coefficiente d'uso $C_U = 2.0$.

7.4.3 Periodo di riferimento per l'azione sismica.

Come prescritto nelle NTC 2008 al § 2.4.3, il periodo di riferimento dell'azione sismica viene calcolato moltiplicando la vita nominale dell'opera con il coefficiente d'uso. Risulta che il periodo di riferimento è pari a 100 anni.

7.4.4 Periodo di ritorno dell'azione sismica.

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PROGETTO DEFINITIVO Relazione di calcolo della pavimentazione	SIS S.r.l. (Mandatara) A&S Engineering S.r.l. BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	---	---

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A, NTC 2008 Tabella 3.2.II), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} (NTC 2008 Tabella 3.2.I). Le forme spettrali (NTC 2008 § 3.2.3.2) sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.
- T^*_C periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

I suddetti parametri sono ricavabili dalle tabelle riportate nell'Appendice B delle NTC 2008 attraverso le procedure di interpolazione in essa esplicitate. Per la determinazione di tali parametri è altresì richiesta l'individuazione del periodo di ritorno T_R che è funzione di V_N e P_{VR} ; per l'opera in esame e per il periodo di riferimento determinato si ha un periodo di ritorno pari a 949 anni per SLV e 101 anni per lo SLD.

7.4.5 Determinazione dell'azione sismica.

L'azione sismica viene determinata attraverso il metodo pseudostatico relativamente a quanto indicato per le opere di sostegno; attraverso tale metodo, così come riportato nelle NTC 2008 § 7.11.6.2.1, l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico.

$$F_h = k_h \times W$$

$$F_v = k_v \times W$$


Nelle verifiche allo stato limite ultimo, i valori dei coefficienti sismici orizzontale e verticale possono essere valutati mediante le seguenti espressioni:

$$k_h = \beta_m \times a_{max}/g$$

$$k_v = \pm 0.5 \times k_h$$

dove

- a_{max} è l'accelerazione orizzontale massima al sito;
- g è l'accelerazione di gravità.

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PROGETTO DEFINITIVO Relazione di calcolo della pavimentazione	SIS S.r.l. (Mandataria) A&S Engineering S.r.l. BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	---	--

In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale, l'accelerazione massima può essere valutata con la relazione

$$a_{\max} = S \times a_g = S_S \times S_T \times a_g$$

dove

- S è il coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_S) e dell'amplificazione topografica (S_T), di cui al § 3.2.3.2 delle NTC 2008
- a_g è l'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

Per strutture che non siano in grado di subire spostamenti relativi rispetto al terreno, il coefficiente β_m assume valore unitario.

Nel caso di strutture rigide completamente vincolate in modo tale che non possa svilupparsi nel terreno uno stato di spinta attiva il coefficiente β_m assume valore unitario ed il calcolo dell'incremento dinamico di spinta del terreno può essere effettuato con il metodo di Mononobe-Okabe; la normativa tiene conto di un incremento di spinta dovuto al sisma, calcolato nel modo seguente.

Detta ε l'inclinazione del terrapieno rispetto all'orizzontale e β l'inclinazione della parete rispetto alla verticale, si calcola la spinta S' considerando un'inclinazione del terrapieno e della parete di:

$$\varepsilon' = \varepsilon + \theta$$

$$\beta' = \beta + \theta$$

dove $\theta = \arctg(k_h/(1 \pm k_v))$ essendo k_h il coefficiente sismico orizzontale e k_v il coefficiente sismico verticale, definito in funzione di k_h .

Detta S la spinta calcolata in condizioni statiche l'incremento di spinta da applicare è espresso da

$$\Delta S = AS' - S$$


dove il coefficiente A vale

$$A = \frac{\cos^2(\beta + \theta)}{\cos^2\beta \cos\theta}$$

Tale incremento di spinta deve essere applicato ad una distanza dalla base pari a 1/2 dell'altezza della parete.

Oltre a questo incremento bisogna tener conto delle forze d'inerzia orizzontali che si destano per effetto del sisma. Tale forza viene valutata come:

$$F_i = CW$$

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PROGETTO DEFINITIVO Relazione di calcolo della pavimentazione	SIS S.r.l. (Mandataria) A&S Engineering S.r.l. BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	---	--

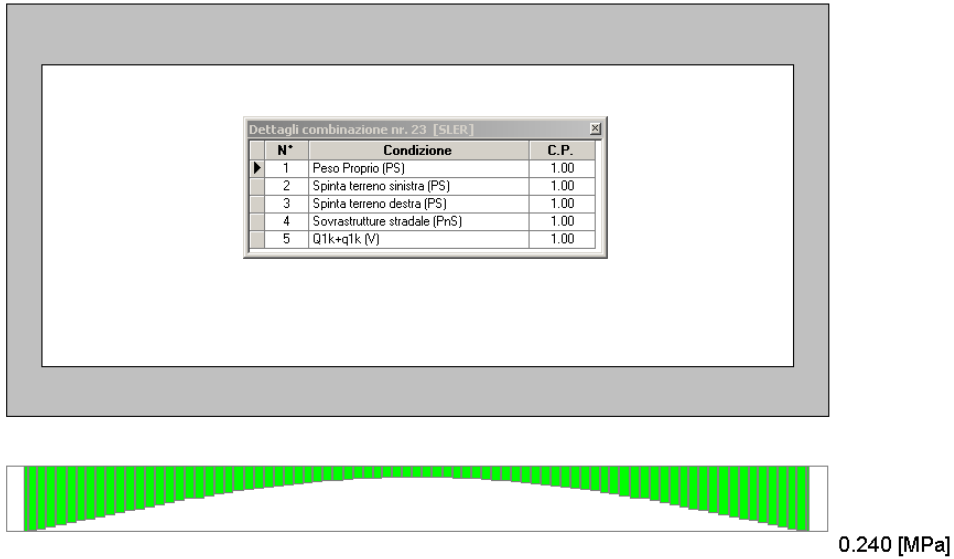


Fig. 8. Pressione in fondazione in condizioni SLE.

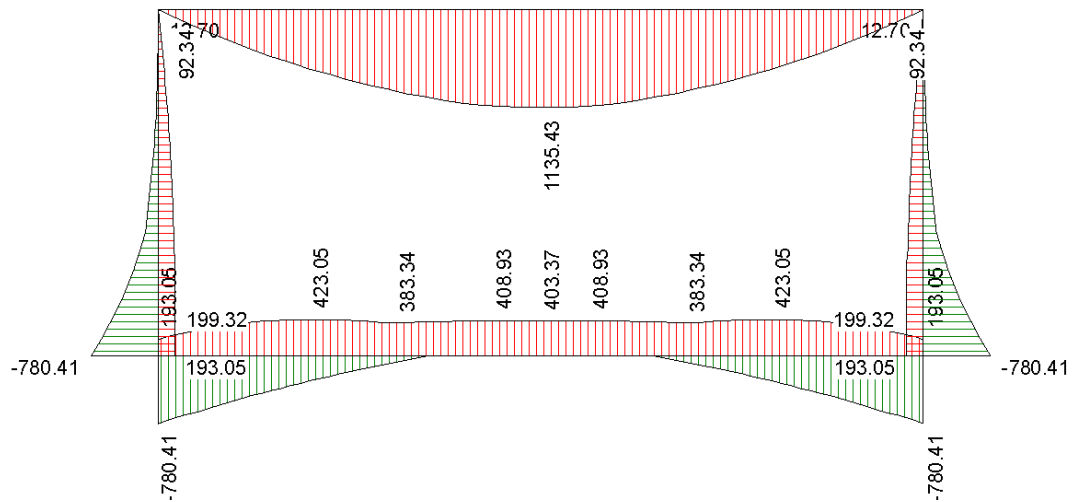



Fig. 9. Involuppo dei diagrammi dei momenti.

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PROGETTO DEFINITIVO Relazione di calcolo della pavimentazione	SIS S.r.l. (Mandataria) A&S Engineering S.r.l. BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	---	--

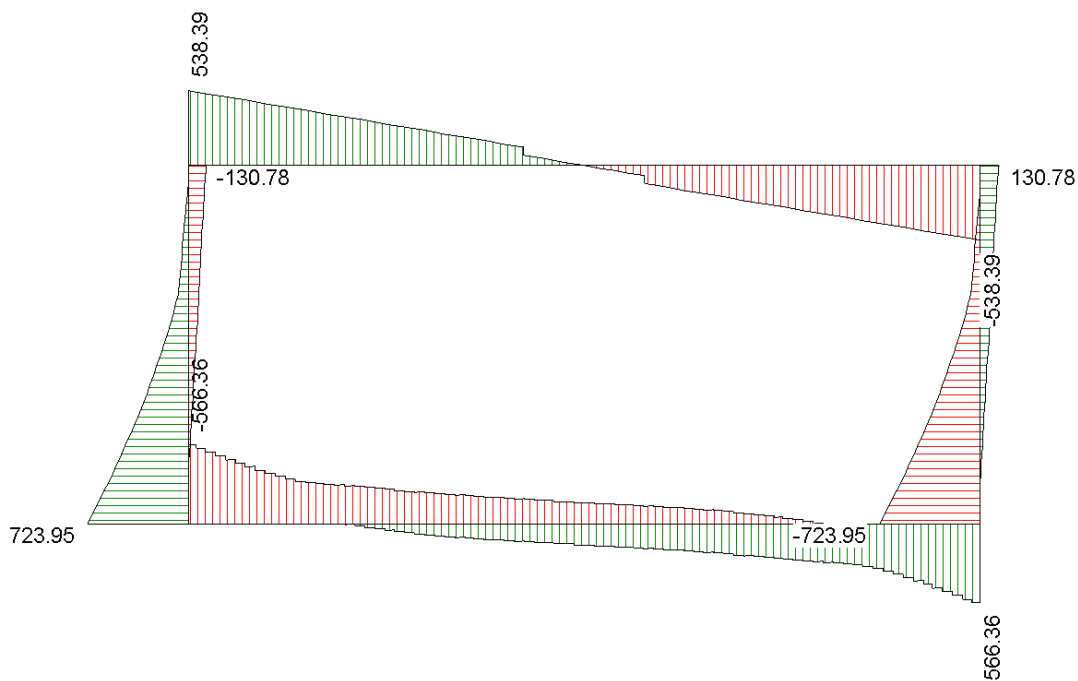


Fig. 10. Involuppo dei diagrammi del taglio.

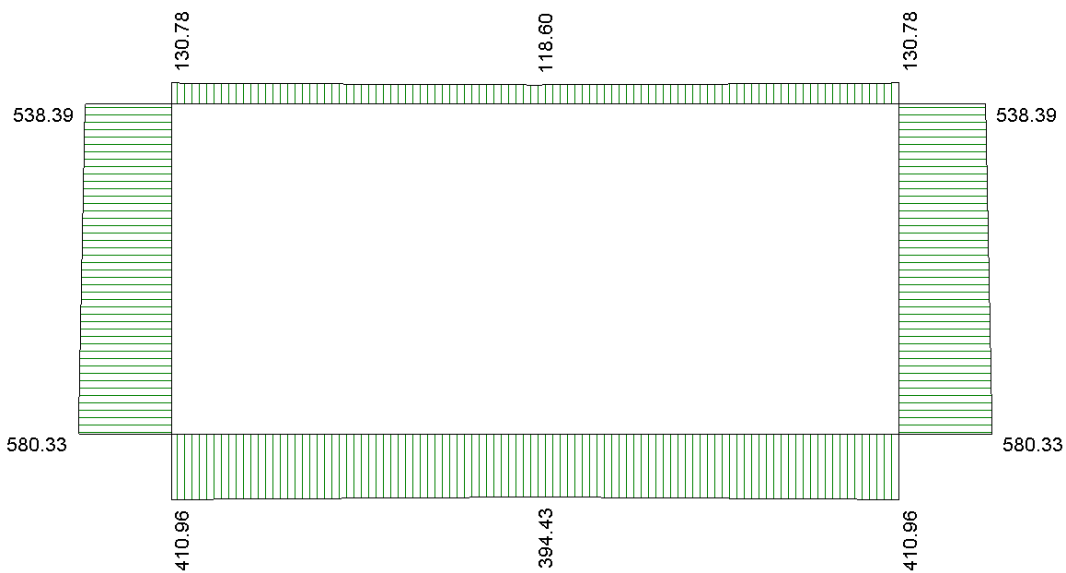



Fig. 11. Involuppo dei diagrammi dello sforzo normale.

 Provincia Regionale di Ragusa	POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA S.S. N. 115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI COMISO E LA S.S. N. 514 RAGUSA-CATANIA PROGETTO DEFINITIVO Relazione di calcolo della pavimentazione	SIS S.r.l. (Mandataria) A&S Engineering S.r.l. BONIFICA ITALIA S.r.l. CO.RE. INGEGNERIA OMNISERVICE Engineering S.r.l.
--	---	--

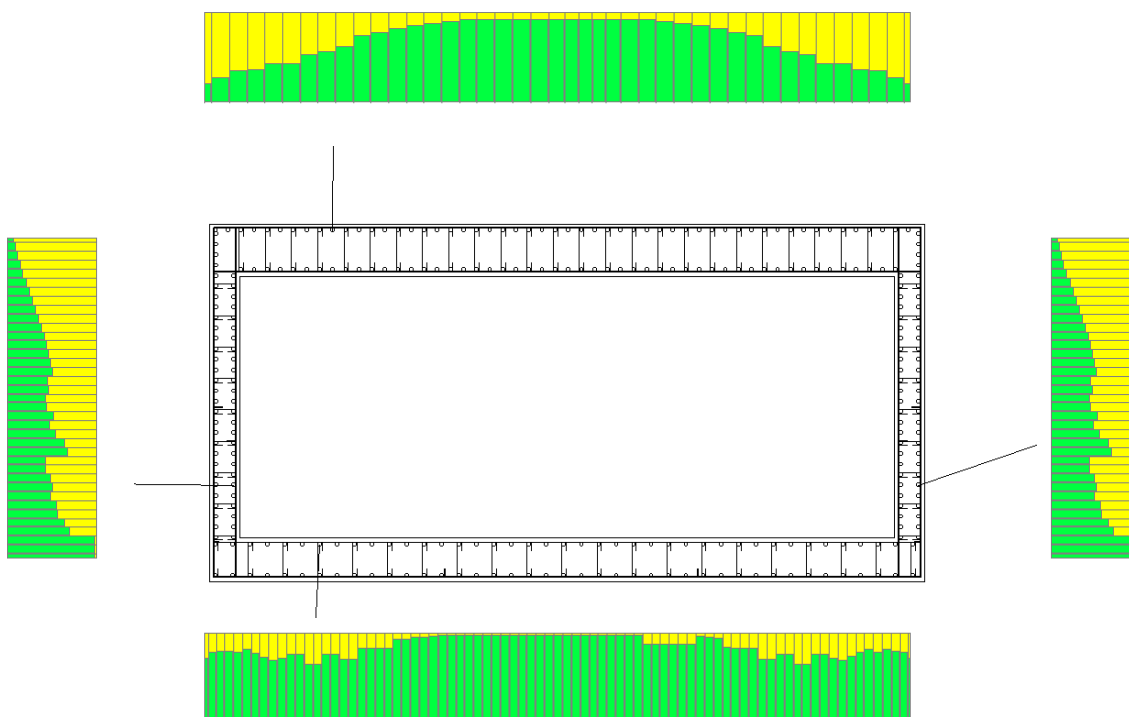


Fig. 12. Grafica del rapporto R_d/E_d .

Dall'analisi visiva dei risultati ottenuti si evince che l'andamento dei diagrammi delle sollecitazioni e delle pressioni risulta compatibile con quanto atteso sulla base di schemi semplificati e applicazioni analitiche (es. dalla forma dei carichi applicati è possibile dedurre la forma dei diagrammi delle sollecitazioni, dall'andamento stratigrafico è possibile dedurre l'andamento delle pressioni, etc.).

Le condizioni di simmetria geometriche e di carico si rispecchiano sulle caratteristiche di sollecitazione. C'è da osservare che i diagrammi del rapporto R_d/E_d si riferiscono alle sole verifiche di resistenza; la progettazione è stata effettuata in maniera tale da rendere tale coefficiente quanto più possibile prossimo all'unità nel rispetto delle altre verifiche.

9. VERIFICHE NUMERICHE.

Per quanto attiene alle verifiche numeriche si rimanda ai tabulati di calcolo allegati.