



PROVINCIA DI BOLOGNA

Settore Lavori Pubblici

STRADA	<i>S.P. 569 " DI VIGNOLA "</i>		<div>Servizio Progettazione e Costruzioni Stradali</div>		
LAVORO	COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P. 78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO				
ELABORATO	Relazione di calcolo strutturale-Parte generale Illustrazione sintetica degli elementi essenziali del progetto strutturale		N.	SCALA	
			B.4.1	-	
			RIFERIMENTO : PROGETTO ESECUTIVO		
PROGETTAZIONE GENERALE	PROGETTISTA		PROGETTAZIONE STRUTTURALE		
Geom. Emanuele Tracchi	Dott. Ing. Marco Ferrarini				
Dott. Ing. Chiara Ferrari					
P.i.e. Stefano Romagnoli					
Geom. Federico Vannucchi					
IL DIRIGENTE DEL SERVIZIO RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO					
Dott. Ing. Pietro Luminasi					
			REVISIONE	DATA	MODIFICA

QUESTO DISEGNO E LA RELATIVA INVENZIONE SONO DI PROPRIETA' DELL'AMMINISTRAZIONE
NON NE E' CONSENTITO L'UTILIZZO SE NON SU ESPLICITA AUTORIZZAZIONE
OGNI DIRITTO A TALE RIGUARDO E' ESPRESSAMENTE RISERVATO ED ESCLUSIVO

LAVORO: PROGETTO DI COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA SP569 DI VIGNOLA E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CRESPELLANO E BAZZANO

ELABORATI:

Elaborato 2 - RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE – PARTE GENERALE

Elaborato 3 - RELAZIONE SUI MATERIALI

Elaborato 4 – ELABORATI GRAFICI ESECUTIVI E PARTICOLARI COSTRUTTIVI - ALLEGATI

Elaborato 5 - PIANO DI MANUTENZIONE DELLE PARTI STRUTTURALI DELL'OPERA

Elaborato 6 - RELAZIONE SUI RISULTATI SPERIMENTALI – INDAGINI SPECIALISTICHE LABORATORIO

IL PROGETTISTA STRUTTURALE

LAVORO: PROGETTO DI COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA SP569 DI VIGNOLA E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO

ELABORATO 2

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE – PARTE GENERALE

Illustrazione sintetica degli elementi essenziali del progetto strutturale

Il contenuto dei paragrafi di seguito esposti, punti a) ÷ l), fa riferimento alle indicazioni dell'Allegato B della DGR Emilia Romagna 1373/2011 paragrafo B.2.2.

a- Descrizione del contesto edilizio e delle caratteristiche geologiche del sito oggetto d'intervento

Si tratta della realizzazione di alcuni sottopassi stradali, in generale per attraversamenti di corsi d'acqua di scarsa rilevanza con alcuni destinati a ciclo pedonali.

In particolare, si tratta di sette cunicoli, localizzati nei comuni di Crespellano e Bazzano.

Si distribuiscono per una lunghezza di strada di circa 10 km; le caratteristiche geotecniche, nelle porzioni di intervento, si presentano abbastanza uniformi, con un primo strato di limi seguito da uno strato di ghiaia o sabbia, per poi ridiventare limi e ghiaie alternati a quote non più interessate dai manufatti previsti. Anche le caratteristiche geotecniche dei limi si presentano buone.

Non è stata rilevata presenza di falda idrica alla quota di intervento.

I terreni che interagiscono con le fondazioni ricadono nella Categoria C, che comprende *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 e 360 m/s.

Nel sito in esame non si riscontrano problemi geotecnici.

Si riportano le piante con l'ubicazione dei sottopassi.

b- Descrizione generale della struttura

Si tratta della realizzazione di alcuni cunicoli scatolari a forma rettangolare chiusa con elementi prefabbricati in c.a.

In generale, si prevedono spessori di 25 cm; per gli elementi di larghezza maggiore si prevede un getto integrativo in opera.

Le lunghezze degli elementi sono dettate dalle limitazioni dovute al sollevamento ed al trasporto, generalmente si prevedono di m 1.20, avvicinati fra loro con giunti maschio-femmina.

Per gli elementi alti non trasportabili, si prevede la realizzazione di due elementi aperti da sovrapporre e collegare fra loro.

c- Normativa Tecnica

La normativa tecnica utilizzata è la seguente:

- Legge nr. 1086 del 05/11/1971.
Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.
- Legge nr. 64 del 02/02/1974.
Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.
Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- D.M. LL.PP. del 14/02/1992.
Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- D.M. 9 Gennaio 1996
Norme Tecniche per il calcolo, l' esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche
- D.M. 16 Gennaio 1996
Norme Tecniche relative ai 'Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi'

- D.M. 16 Gennaio 1996
Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche
- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.
Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996
- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.
Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 (D.M. 14 Gennaio 2008)

- Circolare 617 del 02/02/2009
Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

d- Parametri per la definizione dell'azione sismica di base e azioni sulla costruzione:

Vita nominale V_n : ≥ 100 **anni** (Tabella 2.4.1 NTC 2008: “Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica”)

Classe d'uso: **classe IV** (Par. 2.4.2 NTC 2008: “Opere strategiche o industrie molto pericolose”)

Periodo di riferimento V_r : $V_r = V_n * C_u = 100 * 2,0 = 200$ **anni**

con C_u =coefficiente d'uso= 2,0 (per Classe d'uso IV)

Categoria del sottosuolo: **C** (Tab.3.2.II NTC 2008: *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 e 360 m/s.

Categoria Topografica: **T1**

Amplificazione Topografica S_T : $S_T = 1,0$ per $T = T_1$ (Tab. 3.2.VI NTC 2008)

Zona Sismica del sito: **3**

Coordinate del sito:

Crespellano Lat. 44.511407 ° Long. 11.131574°

Accelerazione al suolo $a_g = 2.49$ [m/s²]

Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.33
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.00
Coefficiente riduzione (β_m)	1.00
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_m*St*Ss) = 33.75$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h = 16.88$

Bazzano Lat. 44.505002 ° Long. 11.083525°

Accelerazione al suolo $a_g =$	2.44 [m/s ²]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.34
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.00
Coefficiente riduzione (β_m)	1.00
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_m*St*Ss) = 33.15$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h = 16.57$

Azioni di progetto sulla costruzione

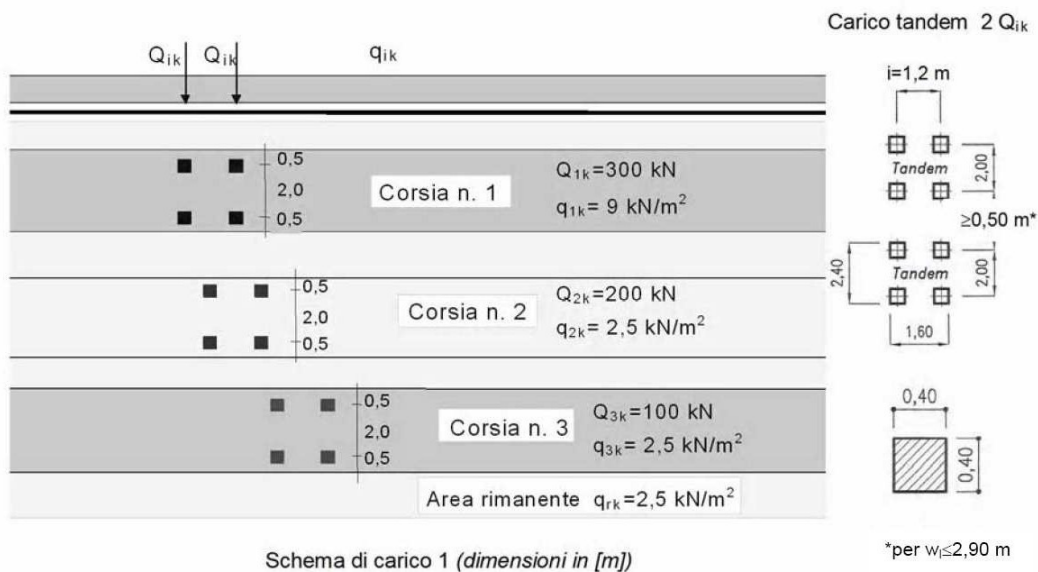
I carichi permanenti agenti sulla struttura sono, oltre al peso proprio, il peso della massicciata superiore e la spinta del terreno laterale da entrambi i lati.

I carichi variabili agenti sulla struttura sono quelli relativi a **ponte di I categoria**.

Le azioni variabili del traffico considerate, comprensive degli effetti dinamici, sono definite dal seguente schema di carico (paragrafo 5.1.3.3.3 NTC2008):

Schema di carico 1: è costituito da carichi concentrati su due assi in tandem, applicati su impronte di pneumatico di forma quadrata e lato 0.40 m, e da carichi uniformemente distribuiti come da Fig. 5.1.2..

Nel caso di ponti di I categoria si devono considerare sulla corsia n. 1 un carico asse $Q_{1k} = 30.000$ kg ed un carico distribuito $q_{1k} = 900$ kg/mq, sulla corsia n.2 un carico asse $Q_{1k} = 20.0000$ kg ed un carico distribuito $q_{1k} = 250$ kg/mq.



Le azioni che i carichi trasmettono ad ogni cunicolo sono esplicitate in ogni singolo fascicolo dei calcoli.

e- I materiali utilizzati sono:

Calcestruzzo

- Resistenza caratteristica: C32/40
- Classe di esposizione: XC2
- Rapporto a/c max: 0,60
- Classe di consistenza: S4 (fluida con additivo superfluidificante)
- Diametro max aggregati: 16 mm

Acciaio per c.a.: B450C

- Tensione caratteristica di snervamento: ≥ 450 N/mm²
- Tensione caratteristica di rottura: ≥ 540 N/mm²
- $1,15 \leq (f_t/f_y)_k < 1,35$
- $(f_y/f_{ynom})_k \leq 1,25$
- Allungamento: $(a_{gt})_k \geq 7,5\%$

f- Criteri di progettazione e modellazione

Per il calcolo dei muri è stato definito un modello agli elementi finiti mediante il codice di calcolo **SCAT 11.0 prodotto dalla AZTEC Informatica di Casole Bruzio (CS)**.

Il progetto dei cunicoli viene effettuato utilizzando le **N.T.C. 2008 (D.M. 14/01/2008) approccio 1**.

g- Combinazioni delle azioni, coefficienti parziali per le azioni e coefficienti di combinazione:

Simbologia adottata

γ	Coefficiente di partecipazione della condizione
Ψ	Coefficiente di combinazione della condizione
C	Coefficiente totale di partecipazione della condizione

Norme Tecniche 2008

Simbologia adottata

γ_{G1sfav}	Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni permanenti
γ_{G1fav}	Coefficiente parziale favorevole sulle azioni permanenti
γ_{G2sfav}	Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni permanenti non strutturali
γ_{G2fav}	Coefficiente parziale favorevole sulle azioni permanenti non strutturali
γ_Q	Coefficiente parziale sulle azioni variabili
$\gamma_{tan\phi'}$	Coefficiente parziale di riduzione dell'angolo di attrito drenato
γ_c	Coefficiente parziale di riduzione della coesione drenata
γ_{cu}	Coefficiente parziale di riduzione della coesione non drenata
γ_{γ}	Coefficiente parziale di riduzione del carico ultimo

Coefficienti di partecipazione combinazioni statiche

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>A1</i>	<i>A2</i>
Permanenti	Favorevole	γ_{G1fav}	1,00	1,00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{G1sfav}	1,30	1,00
Permanenti non strutturali	Favorevole	γ_{G2fav}	0,00	0,00
Permanenti non strutturali	Sfavorevole	γ_{G2sfav}	1,50	1,30
Variabili	Favorevole	γ_{Qifav}	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qisfav}	1,50	1,30
Variabili da traffico	Favorevole	γ_{Qfav}	0,00	0,00
Variabili da traffico	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1,35	1,15
Termici	Favorevole	γ_{efav}	0,00	0,00
Termici	Sfavorevole	γ_{esfav}	1,20	1,20

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>		<i>M1</i>	<i>M2</i>
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tan\phi'}$	1,00	1,25
Coesione efficace	γ_c	1,00	1,25
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1,00	1,40
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}	1,00	1,60
Peso dell'unità di volume	γ_{γ}	1,00	1,00

Coefficienti di partecipazione combinazioni sismiche

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>A1</i>	<i>A2</i>
Permanenti	Favorevole	γ_{G1fav}	1,00	1,00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{G1sfav}	1,00	1,00
Permanenti	Favorevole	γ_{G2fav}	0,00	0,00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{G2sfav}	1,00	1,00
Variabili	Favorevole	γ_{Qifav}	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qisfav}	1,00	1,00
Variabili da traffico	Favorevole	γ_{Qfav}	0,00	0,00
Variabili da traffico	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1,00	1,00

Termici	Favorevole	γ_{efav}	0,00	0,00
Termici	Sfavorevole	γ_{esfav}	1,00	1,00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>		<i>M1</i>	<i>M2</i>
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tan\phi'}$	1,00	1,25
Coesione efficace	γ_c	1,00	1,25
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1,00	1,40
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}	1,00	1,60
Peso dell'unità di volume	γ_T	1,00	1,00

Combinazione n° 1 SLU (Caso A1-M1)

	Effetto	γ	Ψ	C
Peso Proprio	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Spinta terreno sinistra	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30
Spinta terreno destra	Sfavorevole	1.30	1.00	1.30

h- *Indicazione del metodo di analisi seguito*

L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico. La verifica della sicurezza degli elementi strutturali è stata valutata con i metodi della scienza delle costruzioni.

La struttura viene discretizzata in elementi tipo trave. Per simulare il comportamento del terreno di fondazione e di rinfilanco vengono inserite delle molle alla Winkler non reagenti a trazione

L'analisi che viene effettuata è un'analisi al passo per tener conto delle molle che devono essere eliminate (molle in trazione). L'analisi fornisce i risultati in termini di spostamenti. Dagli spostamenti si risale alle sollecitazioni nodali ed alle pressioni sul terreno.

Il calcolo degli scatolari viene eseguito secondo le seguenti fasi:

- Calcolo delle pressioni in calotta (per gli scatolari ricoperti da terreno);
- Calcolo della spinta del terreno;
- Calcolo delle sollecitazioni sugli elementi strutturali (fondazione, piedritti e traverso);
- Progetto delle armature e relative verifiche dei materiali.

L'analisi strutturale sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente secondo le disposizioni del capitolo 7 del DM 14/01/2008.

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è eseguita con il metodo degli Stati Limite. Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.

i- Rappresentazione delle caratteristiche di sollecitazione delle strutture più significative

Le sollecitazioni sono riportate in ogni singolo fascicolo.

j- Caratteristiche e affidabilità del codice di calcolo

Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Titolo SCAT - Analisi Strutture Scatolari

Versione 11.0

Produttore Aztec Informatica srl, Casole Bruzio (CS)

Utente ING. FRASCAROLI FAUSTO

Licenza AIU1539R9

Affidabilità dei codici di calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. La società produttrice Aztec Informatica srl ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

Modalità di presentazione dei risultati

La relazione di calcolo strutturale presenta i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. La relazione di calcolo illustra in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare.

Informazioni generali sull'elaborazione

Il software prevede una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione, di non rispetto di limitazioni geometriche e di armatura e di presenza di elementi non verificati. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

In base a quanto sopra, io sottoscritto asserisco che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.

Si riporta a titolo esemplificativo una verifica semplice relativa alla soletta superiore del cunicolo Rio Cassoletta (ciclopedonale).

Analisi dei carichi

Carichi permanenti

$$\text{p.p. soletta } 2500 \times 0.25 = 625 \times 1.3 = 810 \text{ kg/mq} \times 1.00 \text{ m} = 810 \text{ kg/m}$$

$$\text{massicciata } 1800 \times 0.90 = 1620 \times 1.3 = 2110 \text{ kg/mq} \times 1.00 \text{ m} = 2110 \text{ kg/m}$$

Carichi variabili da traffico

$$\text{Carico tandem (variabile principale) } 6150 \times 1.35 = 8300 \text{ kg/mq} \times 1.00 \text{ m} = 8300 \text{ kg/m}$$

$$\text{Carco } q_{1k} \text{ } 680 \times 1.35 \times 0.40 = 370 \text{ kg/mq} \times 1.00 \text{ m} = 370 \text{ kg/m}$$

Sulla soletta agiscono quindi:

$$q_{\text{tot}} = 810 + 2110 + 8300 + 370 = 11590 \text{ kg/m}$$

$$M^+_{\text{max}} = 1/13 (11590 \times 3.25^2) = 9420 \text{ kgm/m}$$

Il valore ottenuto dalla verifica semplificata è pienamente attendibile.

Il programma di calcolo fornisce infatti i seguenti valori (vedi diagramma M inviluppo slu)

$$M^+_{\text{max}} = 9409 \text{ kgm/m}$$

$$M^-_{\text{max}} = 5891 \text{ kgm/m}$$

$$\text{Inoltre la somma dei momenti } (9409 + 5891) = 15300 \text{ kg/m}$$

$$\text{risulta uguale a } M = 1/8 (11590 \times 3.25^2) = 15302 \text{ kg/m}$$

In allegato si presentano le Relazioni di calcolo per i singoli cunicoli.

Per il primo si esplicitano tutti i valori di calcolo.

Per altri, per non appesantire l'output, si riportano solo gli inviluppi di sollecitazioni, spostamenti, tensioni sul terreno e verifiche; sono a disposizione i tabulati completi.

LAVORO: PROGETTO DI COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA SP569 DI VIGNOLA E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CRESPELLANO E BAZZANO

ELABORATO 3

RELAZIONE SUI MATERIALI

3.1 Elenco dei materiali impiegati e loro modalità di posa in opera

Calcestruzzo

- Resistenza caratteristica: C32/40
- Classe di esposizione: XC2
- Rapporto a/c max: 0,60
- Classe di consistenza: S4 (fluida con additivo superfluidificante)
- Diametro max aggregati: 16 mm

Acciaio per c.a.: B450C

- Tensione caratteristica di snervamento: ≥ 450 N/mm²
- Tensione caratteristica di rottura: ≥ 540 N/mm²
- $1,15 \leq (f_t/f_y)_k < 1,35$
- $(f_y/f_{ynom})_k \leq 1,25$
- Allungamento: $(a_{gt})_k \geq 7,5\%$

3.2 Valori di calcolo

Calcestruzzo C32/40.

$R_{ck} = 40$ N/mm² (Resistenza caratteristica cubica a compressione)

$f_{ck} = 0,83 \cdot R_{ck} = 33,2$ N/mm² (Resistenza caratteristica cilindrica a compressione)

$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c = 0,85 \cdot 33,2 / 1,5 = 18,8$ N/mm² (Resistenza di calcolo a compressione)

$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 0,7 \cdot 0,3 \cdot 33,2^{2/3} / 1,5 = 1,45$ N/mm² (Resistenza di calcolo a trazione)

$E_{cm} = 22.000 \cdot (f_{cm}/10)^{0,3} = 22.000 \cdot [(33,2+8)/10]^{0,3} = 33.643$ N/mm² (Modulo elastico istantaneo)

Acciaio per c.a.: B450A

$f_{yk} = 450$ N/mm² (Tensione caratteristica di snervamento)

$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 450 / 1,15 = 391,3$ N/mm² (Resistenza di calcolo dell'acciaio)

$E = 210.000$ N/mm² (Modulo elastico)

LAVORO: PROGETTO DI COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA SP569 DI VIGNOLA E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CRESPELLANO E BAZZANO

ELABORATO 5

PIANO DI MANUTENZIONE DELLE PARTI STRUTTURALI DELL'OPERA

5.1 Premessa

Il presente Piano di manutenzione della parte strutturale dell'opera è relativo a manufatti prefabbricati utilizzati nell'ambito del completamento della variante generale alla S.P. 569 e variante S.P. 27 e alla S.P. 78 nei comuni di Crespellano e Bazzano.

per il tombamento del Rio Canalazzo da eseguire in Bologna Loc. Casteldebole.

Il Piano prende in esame le sole tipologie di strutture interessate dall'intervento.

5.2 Scheda identificativa dell'opera

Di seguito si forniscono i dati necessari per l'identificazione

- Indirizzo: Vari in Comune di Crespellano e Bazzano
- Committente: Provincia di Bologna
- Progettazione Strutturale: Dott. Ing. Fausto Frascaroli

5.3 Descrizione dell'elemento strutturale: struttura prefabbricata in cemento armato.

Elementi del sistema edilizio aventi il compito di resistere alle azioni verticali ed orizzontali agenti sulla parte di struttura entro e fuori terra e di trasmetterle al terreno.

Livello minimo delle prestazioni.

- Resistenza ai carichi e alle sollecitazioni previste in fase di progettazione.
- Adeguata resistenza meccanica a compressione.

Caratteristiche minime dei materiali.

- Calcestruzzo: Classe C32/40.
- Acciaio: Classe B450C.

Modalità di controllo.

- Controllo visivo atto a riscontrare possibili anomalie che precedano fenomeni di cedimenti strutturali.

Periodicità.

- Annuale.

Problemi riscontrabili.

- Insorgere di efflorescenze o comparsa di muffe.
- Formazione di fessurazioni o crepe.
- Corrosione delle armature.
- Disgregazione o deterioramento del cemento con conseguente perdita degli aggregati.
- Movimenti relativi fra i giunti.

Possibili cause.

- Alternanza di penetrazione e di ritiro dell'acqua.
- Urti

Tipo di intervento (in ogni caso consultare preventivamente un tecnico strutturale).

- Riparazioni localizzate delle parti strutturali.
- Ripristino di parti strutturali in calcestruzzo armato.
- Protezione dei calcestruzzi da azioni disgreganti,
- Protezione delle armature da azioni disgreganti.

Strumenti atti a migliorare la conservazione dell'opera.

- Vernici, malte e trattamenti speciali.
- Prodotti contenenti resine idrofuganti e altri additivi specifici.

LAVORO: PROGETTO DI COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA SP569 DI VIGNOLA E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO

ELABORATO 6. – RELAZIONE SUI RISULTATI SPERIMENTALI – INDAGINI SPECIALISTICHE.

PARTE 6.1 - RELAZIONE GEOLOGICA: INDAGINI, CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO.

Il presente elaborato è costituito dalla Relazione geologica, redatta dalla SOGEO srl a firma dei Dott. Geo. Maria Cristina Verrecchia, Dott. Geo. Federico Porcari, Dott. Geo. Paolo Trenti.

Il documento sopracitato, vistato dal progettista strutturale, accompagna gli elaborati del presente deposito sismico.

PARTE 6.2. - RELAZIONE GEOTECNICA: INDAGINI, CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE DEL VOLUME SIGNIFICATIVO DI TERRENO.

1. Descrizione delle opere e degli interventi.

Si tratta della realizzazione di alcuni sottopassi stradali, in generale per attraversamenti di corsi d'acqua di scarsa rilevanza con alcuni destinati a ciclo pedonali.

2. Problemi geotecnici e scelte tipologiche.

I terreni che interagiscono con le fondazioni ricadono nella Categoria C, che comprende *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 e 360 m/s..

Nel sito in esame non si riscontrano problemi geotecnici.

3. Descrizione del programma delle indagini e delle prove geotecniche.

La campagna geognostica è eseguita è stata realizzata con le seguenti indagini:

- n. 9 sondaggi geognostici;
- esecuzione di prove di laboratorio geotecnico per la determinazione delle caratteristiche fisico volumetriche, di consistenza e di resistenza dei campioni di terreno prelevati nei sondaggi;
- esecuzione di 17 prove penetrometriche statiche;
- n. 11 rilevazioni sismiche.

L'individuazione planimetrica delle prove si rileva nella relazione geologica allegata.

Caratterizzazione fisica e meccanica dei terreni e delle rocce e definizione dei valori caratteristici dei parametri geotecnici.

La quota del terreno attuale è sempre inferiore a quella di progetto della strada. Viste le buone caratteristiche dei terreni, si considera un valore della costante di Winkler pari 5 kg/cm^2 .

In fase di progetto è possibile suddividere le caratteristiche dei terreni interessati nei seguenti tre strati:

- 1) Strato superiore al cunicolo: si considera un materiale di riempimento che mediamente ha $\gamma=1.800 \text{ kg/mc}$ e $\phi=30^\circ$;
- 2) Strato di spinta: buona parte è fuori terra, pertanto quasi tutto di riempimento. $\gamma=1.900 \text{ kg/mc}$ e $\phi=28^\circ$ ($c=0$);
- 3) Strato di fondazione: è variabile per ogni intervento; si derivano i parametri di c_u o ϕ dalle prove penetrometriche più vicine.

4. Verifiche della sicurezza e delle prestazioni: identificazione dei relativi stati limite.

Le verifiche di sicurezza di tipo geotecnico ritenute significative sono state eseguite con riferimento allo stato limite ultimo di capacità portante della fondazione.

5. Approcci progettuali e valori di progetto dei parametri geotecnici.

In accordo con le NTC 2008, la verifica geotecnica (GEO) allo stato limite ultimo (SLU) è stata condotta utilizzando l'Approccio (1).

Questo approccio utilizza due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali relativi alle azioni (A_i), alla resistenza dei materiali (M_i) e alla eventuale resistenza del sistema (R_i).

- STR Combinazione 1 ($A_1+M_1+R_1$);
- GEO Combinazione 2 ($A_2+M_2+R_2$).

La verifica agli SLU (GEO) di resistenza del terreno interagente con le struttura portanti viene condotta con l'Approccio 1 Combinazione ($A_2 + M_2 + R_2$), nella quale i coefficienti A_2 sono relativi alle azioni, i coefficienti M_2 alle caratteristiche del terreno ed il coefficiente R_2 è il coefficiente di sicurezza per la verifica della capacità portante $\gamma_R = 1,8$.

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

CARICHI	EFFETTO	COEFFICIENTE PARZIALE γ_E o (γ_F)	EQ	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti.	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali	Favorevole	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE		
		γ_M	M1	M2
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan\phi'_k$	γ_ϕ'	1,00	1,25
Coesione efficace	c'_k	γ_c'	1,00	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,00	1,40
Peso dell'unità di volume	γ_k	γ_g	1,00	1,00

Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali

PARAMETRO	COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
Capacità portante	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,8$	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,1$	$\gamma_R = 1,1$

6. Modelli geotecnici di sottosuolo e metodi di analisi.

Il modello geotecnico definito ha le seguenti caratteristiche:

- Piano campagna orizzontale;

- Falda assente alle profondità di interesse, il livello della prima falda è stato rilevato durante i sondaggi e successivamente con l'installazione di alcuni piezometri come di seguito sintetizzato
- Terreno di fondazione: le unità geotecniche interagenti con ciascun manufatto sono specificate in fase di verifica.

7. Risultati delle analisi e loro commento.

I parametri geotecnici caratteristici per le verifiche di capacità portante sono stati ricavati considerando le penetrometriche più prossime a ciascun manufatto.

Trattandosi nei vari casi di terreni di natura coesiva la resistenza di progetto può essere determinata con riferimento alla seguente relazione:

$$R_d = ((\pi + 2) * c_{u_d} + q) / \gamma_R$$

Dove q è la pressione verticale o sovraccarico laterale al livello di base della fondazione.

Di seguito si riportano sinteticamente i risultati relativi a ciascun manufatto, con riferimenti ai coefficienti parziali di progetto relativi alla combinazione 2 dell'approccio 1.

L'unità geotecnica interessata è relativa alla profondità del piano di posa della fondazione rispetto allo stato di fatto del piano di campagna.

Rio Carpineta

Penetrometrica	Unità Geotecnica	Parametri geotecnici		$h_{massicciata}$	$h_{terrenolaterale}$
CPT 15	1	$\gamma_k = 1995 \text{ kg/m}^3$	$c_{u_k} = 1.64 \text{ kg/cm}^2$	2.9 m	3.7 m

$$c_{u_d} = 1.64 / 1.4 = 1.17 \text{ kg/cm}^2$$

$$R_d = ((\pi + 2) * 1.17 + (1800 * 2.9 + 1900 * 3.7) * 10^{-4}) / 1.8 = 4.03 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_d = 3.18 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_d / R_d = 0.79 < 1$$

Rio Meraviglie

Penetrometrica	Unità Geotecnica	Parametri geotecnici		$h_{massicciata}$	$h_{terrenolaterale}$
CPT 15	1	$\gamma_k = 1995 \text{ kg/m}^3$	$c_{u_k} = 1.64 \text{ kg/cm}^2$	0.8 m	2.7 m

$$c_{u_d} = 1.64 / 1.4 = 1.17 \text{ kg/cm}^2$$

$$R_d = ((\pi + 2) * 1.17 + (1800 * 0.8 + 1900 * 2.7) * 10^{-4}) / 1.8 = 3.7 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_d = 3.37 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_d / R_d = 0.91 < 1$$

Rio Cassoletta

Penetrometrica	Unità Geotecnica	Parametri geotecnici		$h_{\text{massicciata}}$	$h_{\text{terrenolaterale}}$
CPT 13	1	$\gamma_k = 2083 \text{ kg/m}^3$	$cu_k = 2.21 \text{ kg/cm}^2$	0.9 m	3.5 m

$$cu_d = 2.21/1.4 = 1.58 \text{ kg/cm}^2$$

$$R_d = ((\pi + 2) * 1.17 + (1800 * 0.9 + 1900 * 3.5) * 10^{-4})/1.8 = 4.97 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_d = 2.02 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_d / R_d = 0.41 < 1$$

Rio Panzanesa

Penetrometrica	Unità Geotecnica	Parametri geotecnici		$h_{\text{massicciata}}$	$h_{\text{terrenolaterale}}$
CPT 3	1	$\gamma_k = 2044 \text{ kg/m}^3$	$cu_k = 1.85 \text{ kg/cm}^2$	0.65 m	3.5 m

$$cu_d = 1.85/1.4 = 1.32 \text{ kg/cm}^2$$

$$R_d = ((\pi + 2) * 1.32 + (1800 * 0.65 + 1900 * 3.5) * 10^{-4})/1.8 = 4.2 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_d = 2.34 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_d / R_d = 0.56 < 1$$

Rio Muzza sp 569

Penetrometrica	Unità Geotecnica	Parametri geotecnici		$h_{\text{massicciata}}$	$h_{\text{terrenolaterale}}$
CPT 1	2	$\gamma_k = 2005 \text{ kg/m}^3$	$cu_k = 1.68 \text{ kg/cm}^2$	0.6 m	3.15 m

$$cu_d = 1.68/1.4 = 1.2 \text{ kg/cm}^2$$

$$R_d = ((\pi + 2) * 1.2 + (1800 * 0.6 + 1900 * 3.15) * 10^{-4})/1.8 = 3.82 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_d = 3.29 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_d / R_d = 0.86 < 1$$

Rio Muzza sp 78

Penetrometrica	Unità Geotecnica	Parametri geotecnici		$h_{\text{massicciata}}$	$h_{\text{terrenolaterale}}$
CPT 2	2	$\gamma_k = 1941 \text{ kg/m}^3$	$cu_k = 1.29 \text{ kg/cm}^2$	0.4 m	4.15 m

$$cu_d = 1.29/1.4 = 0.92 \text{ kg/cm}^2$$

$$R_d = ((\pi + 2) * 0.92 + (1800 * 0.4 + 1900 * 4.15) * 10^{-4})/1.8 = 3.12 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_d = 3.16 \text{ kg/cm}^2$$

$E_d / R_d = 1.01 \sim 1$ (valore accettabile per la presenza del sottofondo in calcestruzzo più largo dell'elemento prefabbricato che riduce i picchi di carico limite sollecitante)