



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

STUDI ED INDAGINI - SISMICA

Relazione Sismica


CODICE: PD-GE04-GEO-RE01-B

SCALA: -

DATA: Ottobre 2010


NOME FILE: PD-GE04-GEO-RE01-A.DOC

Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Visto	Approvato
A	Luglio 2010	EMISSIONE PROGETTO DEFINITIVO	DENARO	ALAGNA	BEVILACQUA
B	Ottobre 2010	REVISIONE GIUSTA NOTA PROV. RG PROT. 052241 DEL 02/09/2010	DENARO	ALAGNA	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 Sismica	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
2. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E GEOTECNICO	2
3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
4. MACROZONAZIONE E MICROZONAZIONE SISMICA	4
4.1 PARAMETRI PER LA DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE	5
4.2 CATEGORIE SUOLO DI FONDAZIONE	6
5. CRITERI DI PROGETTAZIONE ANTISISMICA E CLASSE DI IMPORTANZA	9
5.1 CRITERI DI PROGETTAZIONE	9
5.2 CLASSE D'USO, VITA NOMINALE E SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO	9
6. CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI APPOGGI E GIUNTI OPERE D'ARTE	12
7. COEFFICIENTI DI SICUREZZA PER VERIFICA GEOTECNICHE	12
7.1 OPERE FONDAZIONALI	12
7.2 STABILITÀ SCARPATE E RILEVATI	16

 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 Sismica	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

La presente relazione individua le azioni sismiche afferenti alle opere in progetto, definendo la pericolosità sismica delle aree interessate dall'intervento e specificando le categorie di suolo in accordo alla normativa sulle costruzioni in zona sismica, di seguito richiamata.

Viene dapprima riassunto quanto già sviluppato nell'ambito della relazione geologica e della relazione geotecnica in modo da consentire l'analisi della microzonazione sismica locale in funzione dei terreni interessati dal tracciato stradale in progetto.

Successivamente si definiscono le classi d'uso e la vita nominale delle opere d'arte, con annesse le accelerazioni al suolo di progetto, specificando al contempo i criteri di progettazione sismica e la strategia di protezione sismica nonché le caratteristiche prestazionali dei sistemi di vincolo dei ponti, con riferimento alle azioni orizzontali derivanti dalle accelerazioni alla base.


Infine si definiscono i coefficienti di sicurezza da adottare nelle verifiche geotecniche.

2. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E GEOTECNICO

L'area in esame ricade nel settore occidentale degli Iblei, ai piedi della Scarpata di Comiso, lungo il bordo occidentale dell'Altopiano calcareo s.s. (substrato), i cui affioramenti constano di sedimenti plio-quadernari di ambienti di deposizione che vanno dal marino al continentale, appartenenti ad un unico ciclo sedimentario oligo-miocenico, afferenti alla successione calcareo-calcarenitico-marnosa della Formazione Ragusa ed alla successione marnosa della Formazione Tellerio.

Il tracciato stradale in studio si sviluppa ai piedi della Scarpata di Comiso, all'interno del bacino idrografico del fiume Ippari, compreso tra le quote 340÷180 m s.l.m. circa e nel complesso ricade su un'area a debole pendenza che degrada di quota in direzione NE – SO da Contrada Coffa, territorio di Chiaramonte Gulfi, a Contrada Billona - Bosco Piano, territorio di Vittoria. Non si riscontrano quindi in sito situazioni di versanti in incipiente movimento, che in presenza di eventi sismici, possano causare fenomeni franosi.

Dal punto di vista tettonico strutturale l'area in esame ricade sull'Avampaese Ibleo, che rappresenta l'attuale margine emerso della placca africana, dove si distinguono una zona centro-orientale, l'Altopiano calcareo, ed una zona occidentale, detta Zona di Transizione o di Avanfossa esterna. Il tracciato stradale in progetto ricade proprio in questo settore di raccordo, tra l'Altopiano

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


ragusano e la piana di Vittoria, in un'area che si configura come una depressione strutturale estesa da NE a SO.

La causa della sismicità di tale area è quindi da ricercare nell'assetto geologico-strutturale di tale settore di raccordo, dove la distribuzione degli epicentri dei terremoti ricade lungo i principali sistemi di faglie che lo interessano, quali la Linea di Scicli e le strutture tettoniche della Zona di Transizione e dell'Avanfossa; lungo il tracciato di progetto non risultano quindi faglie o zone a frantumazione cataclastica che inducano ad ipotizzare fenomeni puntuali di movimentazione tettonica e quindi a condurre approfondimenti mirati.

Dall'analisi della carta geologica e geomorfologica dell'area e dalle relative sezioni geologiche, è possibile distinguere i litotipi prevalenti che il tracciato stradale in progetto incontra nel suo sviluppo:

- Alluvioni recenti ed attuali: si tratta di ciottoli calcarei eterometrici e di materiale sabbioso-limoso; affiorano lungo il Fiume Ippari ed lungo le altre incisioni torrentizie costituendo l'alveo di piena e di magra.
- Depositi palustri, Terre rosse, Limi fluvio-lacustri e Depositi travertinosi: i depositi palustri sono costituiti da sabbie e limi di colore bruno; le terre rosse sono costituite da limi argilloso-sabbiosi di colore rosso che derivano da processi di alterazione carsica di rocce carbonatiche e formano coperture residuali da sottili a spesse; i limi fluvio-lacustri e i depositi travertinosi consistono in limi biancastri, croste carbonatiche e depositi travertinosi torbosi, con spessori variabile da qualche metro a qualche decina di metri.
- Conglomerati - ghiaie e sabbie carbonatiche, Sabbie gialle con livelli arenacei: si tratta di conglomerati, ghiaie e sabbie varie che formano collinette dove gli spessori sembrano raggiungere e superare la decina di metri.
- Depositi limnici: sono calcari marnosi, marne, argille e silt biancastri, dall'aspetto talora brecciato o grumoso, affioranti lungo il corso del Torrente Fontana Volpe e del fiume Ippari.

La diversità dei litotipi descritti può comportare differenti amplificazioni sismiche locali, in quanto le deformazioni del terreno dovute alle accelerazioni sismiche al suolo si propagano in relazione alle caratteristiche elastiche del mezzo attraversato. E' stato pertanto condotta una indagine

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

sismica dei suoli per la determinazione delle velocità di propagazione delle onde di compressione V_p e di taglio V_s , i cui risultati e considerazioni sono riportati al successivo capitolo 4.

I litotipi individuati dalla campagna di indagini 2009-2010 condotta relativamente alla progettazione definitiva, sono descritti e parametrizzati nella relazione geotecnica allegata al progetto.

Di seguito si descrivono i litotipi suddetti:

- Terreno vegetale (TV)
- Sabbie (S)
- Limi (L)
- Argille (A)
- Marne calcarenitiche sabbiose (MCS)
- Marne calcarenitiche argillose (MCA)
- Calcareniti grigie (CG)

Le stratigrafiche riscontrate dai sondaggi, presentano successioni litologiche con un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità, interessando strati di consistenza medio alta.

Tale omogeneità di comportamento meccanico si ritrova anche dal punto di vista dell'amplificazione dinamica, delineando una analoga omogeneità di risposta sismica locale lungo tutto il tracciato di progetto.


3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La normativa di riferimento per la definizione dei criteri di calcolo, per la stima dei carichi, per la modellazione e la valutazione dell'azione sismica, per tutte le verifiche geotecniche e strutturali, è la seguente:

- D. Min. Infrastrutture 14 gennaio 2008 "Nuove norme tecniche per le costruzioni"

4. MACROZONAZIONE E MICROZONAZIONE SISMICA

Per definire i livelli di accelerazione al suolo da utilizzare nelle verifiche occorre in prima istanza valutare la pericolosità sismica di base del sito ove le opere ricadono. Tale pericolosità non è più

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

definita in funzione dell'appartenenza dell'opera ad una zona sismica, come prescritto dalle normative tecniche che hanno preceduto quella attualmente in vigore, bensì è adesso è descritta in termini geografici e temporali:

- attraverso i valori di accelerazione orizzontale di picco a_g (attesa in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale) e le espressioni che definiscono le ordinate del relativo spettro di risposta elastico in accelerazione $S_e(T)$,
- in corrispondenza del punto del reticolo che individua la posizione geografica dell'opera,
- con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR.

Il passo successivo è quello di operare una caratterizzazione locale con la determinazione dei coefficienti di amplificazione sismica relativa alla categoria di suolo riscontrata lungo il tracciato.

4.1 PARAMETRI PER LA DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

Il tracciato stradale del progetto preliminare interessa i comuni di Chiaramonte Gulfi, Comiso e Vittoria, tutti ricadenti nella Provincia di Ragusa.


Come già anticipato l'azione sismica di progetto, conformemente a quanto prescritto dalle Nuove Norme Tecniche 14/01/2008, è valutata a partire dalla pericolosità sismica di base.

La forma spettrale prevista dalla normativa è definita, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione di tre parametri:

- a_g , accelerazione orizzontale massima del terreno;
- 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 calcolati come media pesata dei valori assunti nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il punto caratterizzante la posizione dell'opera, utilizzando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in questione ed i quattro vertici.

Per caratterizzare la pericolosità sismica delle opere d'arte maggiori, si fa riporta una tabella con Latitudine e Longitudine per ciascuna di esse:

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

OPERE	Progr. [km]	LAT [°]	LONG [°]
TERRE RINFORZATE	0+200.00	36.96533	14.53729
CAVALCAVIA 1	5+250.00	36.99421	14.57385
PONTE VOLPE	5+610.00	36.99600	14.57742
CAVALCAVIA SVINCOLO	7+873.00	36.99252	14.60116
CAVALCAVIA 2	8+072.00	37.00226	14.60312
CAVALCAVIA 3	8+906.00	37.00860	14.61860
TOMBINO SCATOLARE	13+630.00	37.02442	14.65373


Tabella 1: Posizionamento opere d'arte maggiori

4.2 CATEGORIE SUOLO DI FONDAZIONE

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto deve essere valutata l'influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie, mediante la classificazione dei terreni compresi tra il piano di imposta delle fondazioni e il substrato rigido di riferimento oppure fino ad una profondità sufficiente in relazione alla tipologia del manufatto.

La classificazione è basata sulla stima della velocità delle onde sismiche di taglio V_s ovvero sul numero di colpi N_{SPT} ottenuti da una prova penetrometrica dinamica. La profondità da prendere in considerazione è fissata pari a 30.0 m, pertanto la determinazione dei parametri suddetti viene fatta valutando la cosiddetta V_{s30} ovvero il numero di colpi N_{SPT} degli strati di terreno incontrati entro tale profondità. Per completezza si riporta la definizione delle 5 categorie di suolo come individuate dalla normativa applicata:

- *Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
- *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
- *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

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


proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu_{,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).

- *Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti*, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $NSPT_{,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $cu_{,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
- *Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m*, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Lungo il tracciato, nella campagna di indagini 2009-2010, sono state eseguite prove *down-hole* per la determinazione della velocità delle onde sismiche V_s in fori profondi 30.0 m. Questi risultati, insieme a quanto già determinato in P.P., sono di seguito riportati, allo scopo di poter definire le categorie di suolo interessate dal tracciato stradale in progetto.

Prova	Prof. (m)	Spessore (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	V _{s30} (m/s)
DH-S1	0.0÷2.8	2.8	377	179	
	2.8÷13.2	10.4	1139	649	
	13.2÷30.0	16.8	2105	944	606
DH-S2	0.0÷3.2	3.2	461	201	
	3.2÷13.1	9.9	1548	703	
	13.1÷30.0	16.9	2299	886	611
DH-S6	0.0÷3.0	3	536	255	
	3.0÷10.7	7.7	737	335	
	10.7÷16.4	5.7	1442	275	
	16.4÷30.0	13.6	1876	475	357
DH-S9	0.0÷4.3	4.3	420	162	
	4.3÷12.6	8.3	1510	776	
	12.6÷17.3	4.7	2049	1124	
	17.3÷30.0	12.7	1470	836	530
DH-S11	0.0÷7.5	7.5	701	361	
	7.5÷13.9	6.4	1720	463	
	13.9÷16.1	2.2	641	258	
	16.1÷25.9	9.8	1256	560	
	25.9÷30.0	4.1	2047	796	456
DH-S12	0.0÷5.5	5.5	493	211	
	5.5÷26.8	21.3	1021	416	
	26.8÷30	3.2	2422	739	368

Tabella 2: Risultati prove down-hole - Progetto Preliminare

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

Le prove down hole evidenziate in grigio sono quelle in asse tracciato di progetto, mentre le DH-S2 e DH-S6 sono notevolmente esterne all'ingombro stradale pertanto non risultano significative per la caratterizzazione sismica.


Prova	Prof. (m)	Spessore (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	V _{s30} (m/s)
DH-SPD1	0.0÷5.4	5.4	424	202	
	5.4÷10.8	5.4	491	325	
	10.8÷30.0	19.2	2343	760	436
DH-SPD2	0.0÷6.4	6.4	1120	641	
	6.4÷9.1	2.7	2120	1032	
	9.1÷30.0	20.9	1254	564	604
DH-SPD5	0.0÷2.1	2.1	400	163	
	2.1÷8.8	6.7	848	305	
	8.8÷11.0	4.3	1844	225	
	11.0÷30.0	19	1436	401	312
DH-SPD7	0.0÷2.1	2.1	394	205	
	2.1÷11.0	8.9	779	358	
	11.0÷20.4	9.4	1452	602	
	20.4÷21.8	1.4	997	370	
	21.8÷30.0	8.2	1464	527	428
DH-SPD8	0.0÷1.9	1.9	350	222	
	1.9÷4.3	2.4	623	412	
	4.3÷13.1	8.8	819	341	
	13.1÷22.4	9.3	1654	691	
	22.4÷24.3	1.9	799	434	
	24.3÷30.0	5.7	2206	875	466

Tabella 3: Risultati prove down-hole - Progetto Definitivo

Le prove sismiche in foro sono state condotte, tra preliminare e definitivo, in modo sufficientemente distribuite lungo tutto il tracciato, in particolare le down hole di P.D. sono state previste in corrispondenza delle principali opere d'arte in progetto.

Come si evince dalle risultanze sismiche, le velocità delle onde di taglio Vs30 riscontrate si attestano sempre tra i 360 m/s e 800 m/s, fatta eccezione per il sondaggio DH-SPD5 che presenta una Vs30 pari a 313 m/s.

I sondaggi precedenti al DH-SPD5, forniscono valori di velocità maggiori di 360 m/s mentre il sondaggio seguente DH-S12, della campagna di indagini 2007-2008, fornisce un valore della Vs30 pari a 368 m/s, frontiera tra suolo "B" e suolo "C".

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

Esaminando il profilo geologico è evidente che il tracciato stradale tra la progr. 4+160.00 e la progr. 5+700.00, l'andamento stratigrafico risulta pressoché uniforme, pertanto è possibile dedurre che tale tratto presenti sempre una velocità V_{s30} inferiore a 360 m/s.

In definitiva, si può concludere che le velocità delle onde di taglio V_{s30} riscontrate si attestano per quasi l'intero tracciato tra i 360 m/s e 800 m/s, portando a concludere che la risposta sismica locale è assoggettabile ad un suolo di tipo B. Per il tratto tra la progr. 4+000.00 e la progr. 5+700.00 invece, le V_{s30} sono inferiori a 360 m/s e quindi è possibile assumere la categoria di suolo "C".

In progetto si presentano le "Planimetrie Sismiche" in cui si riporta la classificazione sismica del territorio per il tracciato in progetto. Su tali elaborati sono rappresentate le formazioni geologiche, l'ubicazione delle opere d'arte e l'accelerazione orizzontale massima del terreno di progetto per le opere.

5. CRITERI DI PROGETTAZIONE ANTISISMICA E CLASSE DI IMPORTANZA


La progettazione antisismica delle opere d'arte relative al progetto in essere, può essere condotta dimensionando opportunamente gli elementi resistenti alle azioni orizzontali senza l'ausilio di dispositivi di isolamento sismico; ciò perché il sito di interesse ricade in zona di media pericolosità e le opere in questione presentano modesta estensione o soluzioni progettuali di basso peso strutturale.

5.1 CRITERI DI PROGETTAZIONE

Il modello di riferimento per la descrizione del moto sismico sul piano di fondazione è lo spettro di risposta elastico; le capacità dissipative delle strutture sono in genere messe in conto attraverso il fattore di struttura q , che riduce le forze elastiche tenendo conto della duttilità delle sezioni in c.a. Il fattore di struttura q da impiegare nelle verifiche strutturali delle spalle risulta pari a 1.

5.2 CLASSE D'USO, VITA NOMINALE E SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO

L'intervento in oggetto prevede la realizzazione di una rete viaria la cui interruzione provoca situazioni di emergenza proprio per il fatto che collega importanti centri urbani con la struttura aeroportuale di Comiso.

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

Per tale motivo, la classe d'uso da attribuire alle opere d'arte maggiori è la Classe IV mentre il numero di anni nel quale le suddette strutture, purché soggette alla manutenzione ordinaria, devono potere essere usate per lo scopo al quale sono destinate è pari a 50 (Classe 2). Quanto appena esposto determina un periodo di riferimento per l'azione sismica di 100 anni ed un periodo di ritorno di 950 anni circa.

I valori dell'accelerazione sismica orizzontale massima convenzionale del terreno di fondazione, per ciascuna opere d'arte maggiore in progetto sono di seguito riportate:

OPERE	Vita Nom VN	Classe d'uso	TR [anni]	Cat suolo	$a_g(g)$ [m/s ²]	Fo [-]	T*c [s]
TERRE RINFORZATE	50	IV	949	B	0.247	2.362	0.452
CAVALCAVIA 1	50	IV	949	C	0.287	2.350	0.452
PONTE VOLPE	50	IV	949	C	0.289	2.350	0.452
CAVALCAVIA SVINCOLO	50	IV	949	B	0.293	2.351	0.453
CAVALCAVIA 2	50	IV	949	B	0.295	0.235	0.453
CAVALCAVIA 3	50	IV	949	B	0.315	2.353	0.454
TOMBINO SCATOLARE	50	IV	949	B	0.324	2.356	0.455


Tabella 4: Parametri spettro elastico

Tenuto conto della categoria di suolo e dei coefficienti stratigrafici e topografici, si ricavano le seguenti accelerazioni sismiche massime orizzontali attese al sito:

OPERE	Cat suolo	$a_g(g)$ [m/s ²]	S _s	S _T	$a_{max}(g)$ [m/s ²]
TERRE RINFORZATE	B	0.247	1.167	1.000	0.289
CAVALCAVIA 1	C	0.287	1.295	1.000	0.372
PONTE VOLPE	C	0.289	1.293	1.000	0.373
CAVALCAVIA SVINCOLO	B	0.293	1.124	1.000	0.329
CAVALCAVIA 2	B	0.295	1.122	1.000	0.331
CAVALCAVIA 3	B	0.315	1.103	1.000	0.347
TOMBINO SCATOLARE	B	0.324	1.094	1.000	0.354

Tabella 5: Accelerazioni sismiche massime orizzontali attese al sito

Come si evince dalla tabella precedente, l'accelerazione sismica massima $a_{max}(g)$ risulta variabile tra inizio e fine tracciato, per cui fare riferimento alla situazione più gravosa sarebbe troppo

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

penalizzante per le opere con bassi valori di accelerazione. Pertanto è stata condotta una zonazione sismica, in cui l'intero tracciato di progetto è stato suddiviso in 3 tratti con diversa caratterizzazione sismica. Di seguito si riporta una tabella descrittiva della zonazione condotta:

	Progressive		Cat. suolo	$a_g(g)$ [m/s ²]	S_s	S_T	$a_{max}(g)$ [m/s ²]
	da	a					
TRATTO 1	Inizio	4+000.00	B	0.247	1.167	1.000	0.289
TRATTO 2	4+000.00	5+700.00	C	0.289	1.293	1.000	0.373
TRATTO 3	5+700.00	Fine	B	0.324	1.094	1.000	0.354

Tabella 6: Zonazione sismica del tracciato per opere d'arte maggiori


La classe d'uso da attribuire, invece, alle opere d'arte minori è la Classe II mentre il numero di anni nel quale le suddette strutture devono potere essere usate per lo scopo al quale sono destinate è pari a 50 (Classe 2). Quanto appena esposto determina un periodo di riferimento per l'azione sismica di 50 anni ed un periodo di ritorno di 475 anni circa. Analogamente a quanto esposto per le opere d'arte maggiori si riporta una zonazione sismica del tracciato relativa alle opere d'arte minori:

	Progressive		Cat. suolo	$a_g(g)$ [m/s ²]	S_s	S_T	$a_{max}(g)$ [m/s ²]
	da	a					
TRATTO 1	Inizio	4+000.00	B	0.172	1.200	1.000	0.206
TRATTO 2	4+000.00	5+700.00	C	0.204	1.416	1.000	0.289
TRATTO 3	5+700.00	Fine	B	0.232	1.186	1.000	0.275

Tabella 7: Zonazione sismica del tracciato per opere d'arte minori

In questo modo è possibile caratterizzare sismicamente qualunque opera in funzione del tratto sismico in cui ricade.

Nelle planimetrie di zonazione sismica in calce alla presente, è indicata l'accelerazione da attribuire in sede di verifica alle singole opere d'arte lungo lo sviluppo del tracciato.

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

6. CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI APPOGGI E GIUNTI OPERE D'ARTE

Per quanto detto in precedenza, gli impalcati delle opere d'arte maggiori sono dotati di appoggi rigidi risultando vincolati longitudinalmente su una sola spalla, mentre trasversalmente su entrambe.

Tali apparecchi saranno del tipo in acciaio e teflon per favorire le opportune dilatazioni con basso coefficiente di attrito, e saranno fissati con opportune zanche annegate nei calcestruzzi e perni in acciaio per le travi di impalcato. Questi saranno forniti con un manuale di controllo e manutenzione programmata che consenta alla Ente gestore del manufatto di operare i controlli periodici per mantenerne nel tempo la piena efficienza. A tal scopo dovranno prevedersi opportune dimensioni del piano appoggi delle spalle per poter eseguire la sostituzione degli appoggi a seguito di un loro ammaloramento.

I giunti di dilatazione da predisporre sulle opere d'arte dovranno consentire unicamente gli spostamenti in direzione longitudinale. Pertanto è possibile prevedere dei sistemi classici dal momento in virtù del sistema di vincolamento prima descritto. Anche tali elementi dovranno comunque avere un piano di controllo e manutenzione.

7. COEFFICIENTI DI SICUREZZA PER VERIFICA GEOTECNICHE

Le verifiche geotecniche relative alle opere d'arte in progetto, sono eseguite con riferimento alle azioni sismiche allo stato limite ultimo.

Nel seguito si definiscono i coefficienti da adottare per le fondazioni delle opere d'arte e per la stabilità dei rilevati.


7.1 OPERE FONDAZIONALI

La verifica deve sempre soddisfare l'equazione generale:

$$E_d \leq R_d$$

ove E_d è il valore di progetto dell'azione o degli effetti delle azioni e R_d è il valore di progetto della resistenza del terreno.

In base a quanto specificato dalla vigente normativa la verifica della suddetta condizione deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di set di coefficienti parziali, rispettivamente

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

definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3).

I diversi set di coefficienti di sicurezza parziali sono scelti nell'ambito di 2 approcci progettuali distinti ed alternativi.

L'approccio progettuale 1 prevede 2 diverse combinazioni di set di coefficienti, la prima combinazione risulta più severa nei confronti del dimensionamento strutturale delle opere a contatto con il terreno, mentre la seconda combinazione è più gravosa nei riguardi del dimensionamento geotecnico.

L'approccio progettuale 2 prevede un'unica combinazione da adottare sia nelle verifiche strutturali che in quelle geotecniche.

Di seguito si riportano gli approcci progettuali prevista da normativa:

Approccio 1:

- Combinazione 1: A1+M1+R1 (STR)
- Combinazione 2: A2+M2+R2 (GEO)

Approccio 2: A1+M1+R3


Le verifiche effettuate con l'approccio 2 che siano finalizzate al dimensionamento strutturale, il coefficiente γ_R non deve essere tenuto in conto.

Per quanto riguarda il calcolo dell'opera fondazionale in condizioni sismiche le azioni vengono calcolate separatamente per ciascuna delle tre componenti X, Y e Z e gli effetti combinati applicando la seguente espressione:

$$A_{Ex} + 0.30 \cdot A_{Ey} + 0.30 \cdot A_{Ez}$$

con rotazione degli indici, essendo A_{Ei} l'azione diretta secondo la direzione i.

I coefficienti parziali γ_F relativi alle azioni ed i coefficienti parziali γ_M relativi ai parametri geotecnici sono riportati nelle tabelle seguenti:

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

		Coefficiente parziale γ_F	EQU ¹	A1 (STR)	A2 (GEO)
carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0.90	1.00	1.00
	sfavorevoli		1.10	1.35	1.00
carichi perm. non strutturali ²	favorevoli	γ_{G2}	0.00	0.00	0.00
	sfavorevoli		1.50	1.50	1.30
carichi da traffico	favorevoli	γ_Q	0.00	0.00	0.00
	sfavorevoli		1.35	1.35	1.15
carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0.00	0.00	0.00
	sfavorevoli		1.50	1.50	1.30
distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	γ_{e1}	0.90	1.00	1.00
	sfavorevoli		1.00 ³	1.00 ⁴	1.00
ritiro, viscosità, ΔT , cedimenti vincolari	favorevoli	$\gamma_{e2}, \gamma_{e3}, \gamma_{e4}$	0.00	0.00	0.00
	sfavorevoli		1.20	1.20	1.00

¹ se l'equilibrio non coinvolge il terreno, altrimenti si applica GEO

² se risultano compiutamente definiti si possono considerare permanenti

³ 1.30 per instabilità delle strutture precomprese

⁴ 1.20 per effetti locali

Tabella 8: Coefficienti parziali di sicurezza per le azioni

		Coefficiente parziale γ_M	M1	M2
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1.0	1.25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1.0	1.25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1.0	1.4
Peso dell'unità di volume	γ	γ_γ	1.0	1.0


Tabella 9: Coefficienti parziali di sicurezza per i parametri geotecnici

Per quanto riguarda i coefficienti parziali di sicurezza per le resistenze, i valori variano in relazione alla tipologia fondazionale da verificare.

Per fondazioni dirette, il valore di progetto R_d della resistenza a capacità portante, a scorrimento e a ribaltamento, si ottengono a partire dal valore caratteristico R_k applicando i coefficienti parziali γ_R riportati in tabella:

Verifica	Coefficiente parziale γ_R		
	R1	R2	R3
Capacità portante	1.00	1.80	2.30
Scorrimento	1.00	1.10	1.10
Ribaltamento	1.00	1.00	1.40

Tabella 10: Coefficienti parziali delle resistenze per fondazioni dirette

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

Per fondazioni indirette su pali, il valore di progetto R_d della resistenza a carichi assiali dei singoli elementi si ottiene a partire dal valore caratteristico R_k applicando i coefficienti parziali γ_R riportati in tabella:

	Coefficiente Parziale (γ_R)	Pali trivellati		
		R1	R2	R3
Base	γ_b	1.0	1.7	1.35
Laterale in compressione	γ_s	1.0	1.45	1.15
Laterale in trazione	γ_{st}	1.0	1.6	1.6

Tabella 11: Coefficienti parziali di sicurezza per le resistenze


La resistenza caratteristica R_k del singolo palo è determinata mediante metodi di calcolo analitici, dove R_k è calcolata a partire da valori caratteristici dei parametri geotecnici e/o mediante l'impiego di relazioni empiriche che utilizzano direttamente i risultati di prove in situ. La normativa vigente definisce per tali procedure, il valore caratteristico della resistenza $R_{c,k}$ (o $R_{t,k}$) come il valore minore tra quelli ottenuti applicando alle resistenze calcolate $R_{c,calc}$ ($R_{t,calc}$) i fattori di correlazione ξ riportati nella tabella seguente, in funzione del numero n di verticali di indagini:

$$R_{c,k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{c,calc})_{media}}{\xi_3}, \frac{(R_{c,calc})_{min}}{\xi_4} \right\}$$

$$R_{t,k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{t,calc})_{media}}{\xi_3}, \frac{(R_{t,calc})_{min}}{\xi_4} \right\}$$

n	1	2	3	4	5	7	≥ 10
ξ_3	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40
ξ_4	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21

Tabella 12: Fattori di correlazione ξ

 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 Sismica	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 STABILITÀ SCARPATE E RILEVATI

Per la verifica di stabilità delle scarpate naturali nei tratti in trincea o di quelle dei rilevati stradali, occorre riferirsi alle prescrizioni della normativa relative alla stabilità dei pendii.

In tal caso il livello di sicurezza viene espresso come rapporto tra resistenza a taglio disponibile e resistenza a taglio necessaria a garantire l'equilibrio.

Il fattore di sicurezza da applicare allo SLU per i rilevati viene fissato pari a 1.1 in quanto il livello di conoscenza nella composizione di tali manufatti è da ritenersi sufficientemente approfondito.

Per quanto riguarda le scarpate naturali si può affermare che i terreni presenti in sito sono caratterizzati con sufficiente affidabilità permettendo di utilizzare il medesimo coefficiente di sicurezza adottato per i rilevati.