

Nuova S.S.125/133bis "Olbia-Palau"
Tratta Arzachena Nord - Palau,
Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 - 1° stralcio, fino a Palau.

PROGETTO DEFINITIVO

COD. CA366

PROGETTAZIONE: ATI VIA - SERING - VDP - BRENG

PROGETTISTA E RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

Dott. Ing. Giovanni Piazza (Ord. Ing. Prov. Roma 27296)

RESPONSABILI D'AREA:

Responsabile Tracciato stradale: *Dott. Ing. Massimo Capasso*

(Ord. Ing. Prov. Roma 26031)

Responsabile Strutture: *Dott. Ing. Giovanni Piazza*

(Ord. Ing. Prov. Roma 27296)

Responsabile Idraulica, Geotecnica e Impianti: *Dott. Ing. Sergio Di Maio*

(Ord. Ing. Prov. Palermo 2872)

Responsabile Ambiente: *Dott. Ing. Francesco Ventura*

(Ord. Ing. Prov. Roma 14660)

GEOLOGO:

Dott. Geol. Enrico Curcuruto (Ord. Geo. Regione Sicilia 966)

COORDINATORE SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

Dott. Ing. Matteo Di Girolamo (Ord. Ing. Prov. Roma A15138)

RESPONSABILE SIA:

Dott. Ing. Francesco Ventura (Ord. Ing. Prov. Roma 14660)

VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

Dott. Ing. Francesco Ruggieri

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

MANDATARIA:

MANDANTI:



ATTRAVERSAMENTI IDRAULICI E SISTEMAZIONI IDRAULICHE
ATTRAVERSAMENTI IDRAULICI

Relazione tecnica e di calcolo

CODICE PROGETTO

PROGETTO

LIV. PROG. ANNO

D P C A 0 3 6 6 D 2 2

NOME FILE

CA366_P00TM00STRRE01_A

CODICE ELAB.

P 0 0 T M 0 0 S T R R E 0 1

REVISIONE

SCALA:

A

—

D

C

B

A

EMISSIONE

FEB.2024

A. CECCOTTI

M.A. CUCCARO

G. PIAZZA

REV.

DESCRIZIONE

DATA

REDATTO

VERIFICATO

APPROVATO

Nuova S.S.125/133bis Olbia-Palau Tratta Arzachena Nord - Palau, Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 - 1° stralcio, fino a Palau. Progetto Definitivo		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA366	Relazione tecnica e di calcolo	

INDICE

1.	PREMESSE	4
2.	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	11
	2.1 Legislazione di carattere generale	11
	2.2 Norme UNI.....	11
	2.3 Norme emanate dal C.N.R.....	11
	2.4 Bibliografia.....	12
3.	PROGRAMMA PER L'ANALISI AUTOMATICA.....	12
4.	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	12
	4.1 Calcestruzzo magro per sottofondazioni.....	13
	4.2 Acciaio ordinario per armatura lenta B 450C.....	14
5.	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	14
6.	AZIONE SISMICA DI PROGETTO.....	16
	6.1 Parametri sismici.....	16
	6.2 Analisi pseudostatiche.....	18
7.	CRITERI DI VERIFICA	20
	7.1 Stato limite ultimo	20
	7.1.1 <i>Verifica per sollecitazioni di presso/tenso-flessione.....</i>	20
	7.1.2 <i>Verifica per sollecitazioni taglianti.....</i>	20
	7.2 Stato limite d'esercizio	23
	7.2.1 <i>Valutazione della distanza media fra le fessure.....</i>	24
	7.2.2 <i>Valutazione della deformazione media delle barre d'armatura</i>	25
	7.2.3 <i>Valutazione dell'ampiezza delle fessure (valore medio di calcolo).....</i>	27
	7.2.4 <i>Ampiezza delle fessure.....</i>	27

Nuova S.S.125/133bis Olbia-Palau Tratta Arzachena Nord - Palau, Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 - 1° stralcio, fino a Palau. Progetto Definitivo		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA366	Relazione tecnica e di calcolo	

7.3	Metodologia per il calcolo dei muri	27
7.4	Verifiche geotecniche	29
7.4.1	<i>Verifiche a ribaltamento</i>	29
7.4.2	<i>Verifiche a scorrimento</i>	29
7.4.3	<i>Verifiche di capacità portante delle fondazioni.....</i>	30
8.	COMBINAZIONI DI CARICO.....	33
8.1	Combinazioni per la verifica allo SLU	33
9.	ANALISI DEI CARICHI – TOMBINI CON SOVRACCARICHI STRADALI	35
9.1	METODOLOGIA DI CALCOLO	36
9.1.1	<i>Descrizione dei pesi propri e carichi permanenti portati</i>	36
9.1.2	<i>Spinta delle terre.....</i>	37
9.1.3	<i>Carichi veicolari sulla soletta superiore</i>	38
9.1.4	<i>Diffusione del carico tandem in direzione longitudinale (parallela all'asse della strada)</i>	39
9.1.5	<i>Diffusione del carico tandem in direzione longitudinale (parallela all'asse della strada)</i>	39
9.1.6	<i>Spinte sui piedritti indotte dai sovraccarichi accidentali</i>	42
9.1.7	<i>Diffusione del carico tandem in direzione longitudinale (parallela all'asse..... stradale).....</i>	43
9.1.8	<i>Diffusione del carico tandem in direzione trasversale (ortogonale all'asse stradale).....</i>	43
9.1.9	<i>Definizione dei carichi di progetto</i>	45
9.1.10	<i>Sovraccarichi accidentali sulla soletta di fondazione</i>	46
9.1.11	<i>Carico da frenatura</i>	46
9.1.12	<i>Azione termica.....</i>	47
9.1.13	<i>Ritiro</i>	47
9.2	RISULTATI.....	50
10.	ANALISI DEI CARICHI – POZZI DI INGRESSO	Errore. Il segnalibro non è definito.
10.1	RISULTATI.....	Errore. Il segnalibro non è definito.
11	ANALISI E VERIFICA DEI MURI LATERALI DI IMBOCCO/SBOCCO	65

Nuova S.S.125/133bis Olbia-Palau Tratta Arzachena Nord - Palau, Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 - 1° stralcio, fino a Palau. Progetto Definitivo		
CA366	<i>Relazione tecnica e di calcolo</i>	

11.1 Descrizione della normativa e del metodo di calcolo.....	66
11.2 Descrizione del metodo di calcolo delle spinte	70
11.3 Descrizione del metodo di calcolo della portanza.....	71
12 ALLEGATI	73
12.1 Verifiche Strutturali Tipologia 2.7x2.1 L=40	73
12.2 Verifiche Geotecniche	83
12.3 Verifiche dei muri di imbocco/sbocco maggiormente sollecitati	86
12.4 Verifiche Strutturali Pozzetto di Ingresso	Errore. Il segnalibro non è definito.
13 CONCLUSIONI.....	98

Nuova S.S.125/133bis Olbia-Palau Tratta Arzachena Nord - Palau, Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 - 1° stralcio, fino a Palau. Progetto Definitivo		
CA366	Relazione tecnica e di calcolo	

1. PREMESSE

L'intervento di cui al presente Progetto Definitivo si inserisce nel più ampio progetto di miglioramento della S.S.125, S.S. 133 e S.S. 133bis nel tratto Olbia (dall'innesto S.P. 16 per Golfo Aranci) – Arzachena – Palau – Santa Teresa di Gallura, ed è ricompreso nel primo programma per le infrastrutture strategiche di Legge Obiettivo (CIPE 121/2001).

Il progetto preliminare della tratta da Olbia Nord a Palau, per una estesa di circa 28 Km, è stato redatto dalla Regione Sardegna ed è stato inoltrato al CIPE a settembre 2003 per le procedure approvative di Legge Obiettivo. Esso si sviluppa in gran parte nell'ambito del corridoio già interessato dalla statale esistente, e prevede la realizzazione di diverse gallerie, viadotti ed opere di sostegno, oltre a svincoli di allaccio alla statale esistente.

Nell'ambito delle procedure, il progetto preliminare ha incontrato il consenso dei Comuni e degli Enti interessati in sede di Conferenza dei Servizi (2002) e sono stati acquisiti i pareri della Commissione Speciale VIA e del Ministero Beni e Attività Culturali (2004). Infine, è stata acquisita la delibera della Regione Sardegna sulla localizzazione dell'intervento (n. 26/18 del 2010). Le procedure di Legge Obiettivo non sono state mai concluse con la Delibera CIPE, in relazione alla mancanza dei finanziamenti necessari.

Le opere strutturali che necessitano di valutazione della sicurezza e di un iter progettuale ai fini del loro dimensionamento consistono in:

- Tombini sottovia: da realizzarsi in calcestruzzo armato gettato in opera
- Muri di imbocco/sbocco: si prevede la realizzazione di muri realizzati in calcestruzzo armato gettato in opera in corrispondenza delle sezioni di imbocco e sbocco del tombino. Tali muri sono finalizzati al raccordo dell'opera del tombino con il canale esistente, possono essere disposti a 45° rispetto allo sviluppo longitudinale del tombino, hanno un andamento rastremato che segue la riduzione di quota del terreno e prevedono pertanto un livello di terreno massimo di progetto pari all'altezza della sezione stessa del tombino comprensiva del suo spessore.
- Pozzetto di ingresso al tombino del corso d'acqua: in corrispondenza di eventuali salti elevati tra la quota di base del tombino e quella dell'alveo a monte, viene predisposto un pozzetto di sezione rettangolare.

Si riportano a titolo esplicativo alcune sezioni significative delle diverse tipologie di opere suddette:

Nuova S.S.125/133bis Olbia-Palau

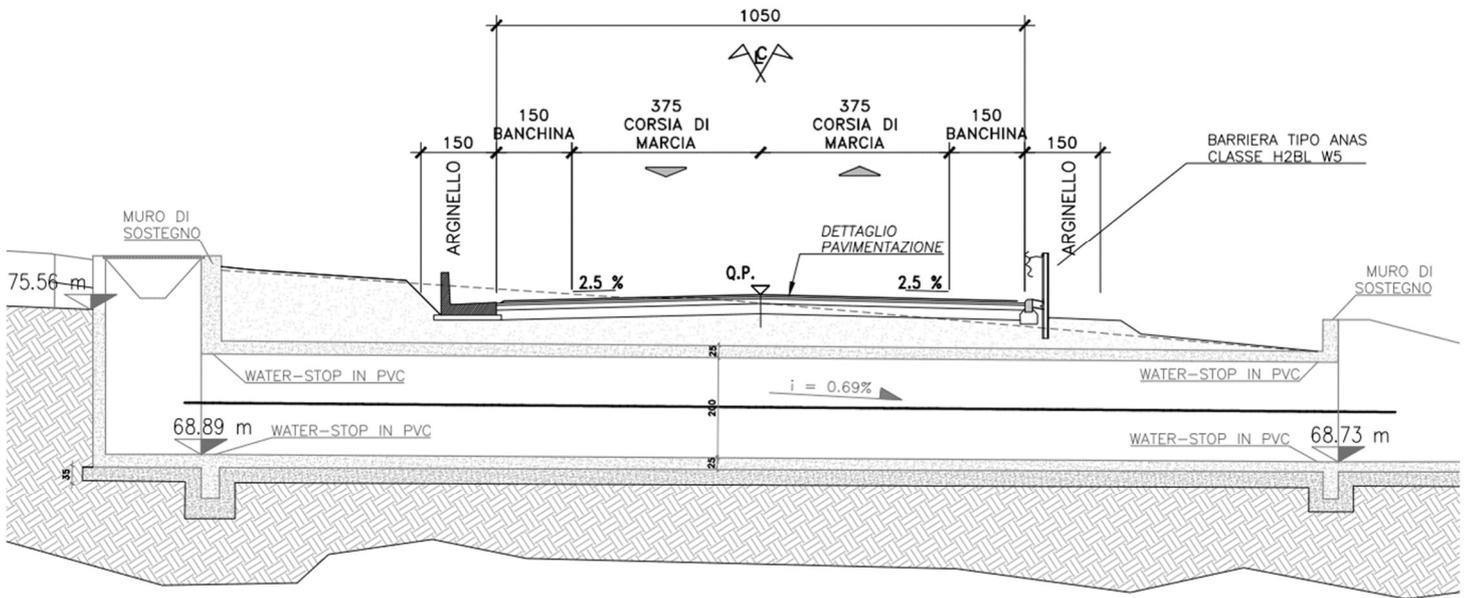
Tratta Arzachena Nord - Palau, Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 - 1° stralcio, fino a Palau.

Progetto Definitivo



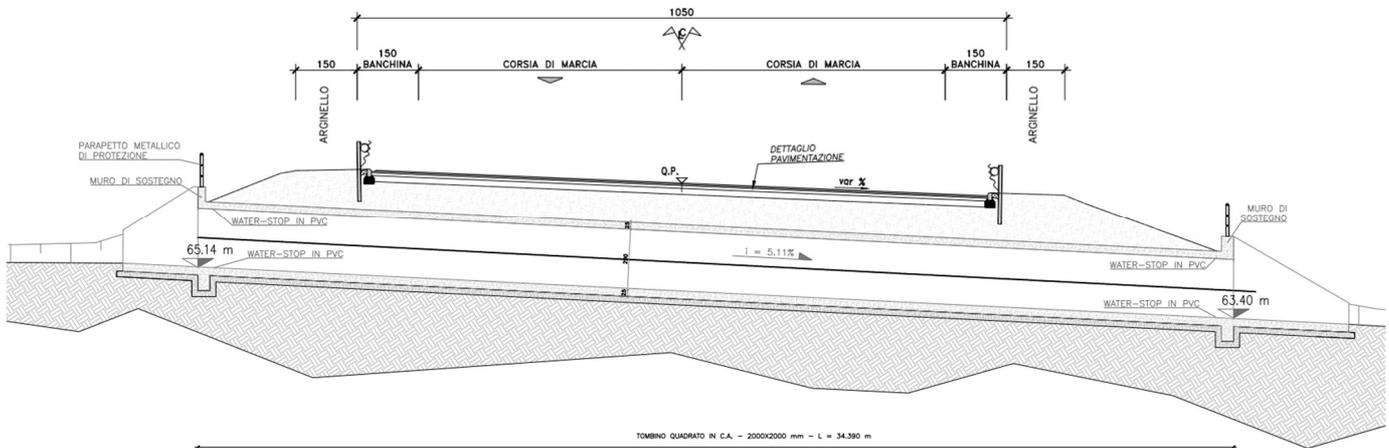
CA366

Relazione tecnica e di calcolo



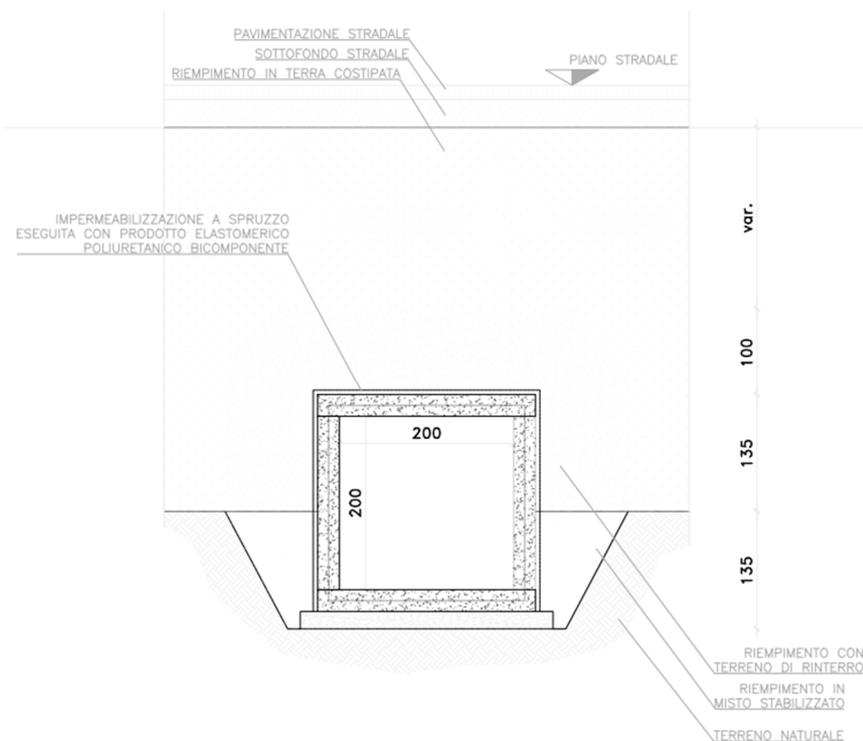
TOMBINO QUADRATO IN C.A. - 2000X2000 mm - L = 22.280 m

Esempio di pozzetto di ingresso



TOMBINO QUADRATO IN C.A. - 2000X2000 mm - L = 34.390 m

Nuova S.S.125/133bis Olbia-Palau Tratta Arzachena Nord - Palau, Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 - 1° stralcio, fino a Palau. Progetto Definitivo		
CA366	Relazione tecnica e di calcolo	



Esempio di tombino con muri laterali di imbocco e sbocco

METODOLOGIA DI ANALISI E VALUTAZIONE DELLE PRESTAZIONI - TOMBINI

Viene adottata la seguente procedura che consente di ridurre opportunamente la progettazione di ciascun singolo tombino alla singola tipologia di tombino.

- 1) Per ciascun tombino si caratterizza il terreno di fondazione in base ai risultati delle indagini geognostiche disponibili, considerando per ciascuno **l'indagine stratigrafica più vicina alla posizione del manufatto**, il terreno viene inoltre classificato secondo i parametri di definizione dell'azione sismica (classe topografica, categoria sismica di suolo ecc...)
- 2) Viene svolta una completa **analisi dei carichi** secondo le metodologie di seguito riportate e con riferimento alle vigenti normative.
- 3) Si determinano i **modelli di calcolo** che consentono di valutare le condizioni più gravose per il dimensionamento delle membrature e della consistenza delle armature.

Nello specifico, data inversa proporzionalità tra i carichi indotti dal traffico e quelli dovuti al sovraccarico del terreno in relazione alla quota di terreno sovrastante il tombino, vengono definiti **due modelli di calcolo** che prevedono:

Nuova S.S.125/133bis Olbia-Palau Tratta Arzachena Nord - Palau, Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 - 1° stralcio, fino a Palau. Progetto Definitivo		
CA366	Relazione tecnica e di calcolo	

- La quota di terreno maggiore/distanza maggiore della strada dalla soletta superiore del tombino (massimizza i carichi dovuti al terreno).
- La quota di terreno minore/distanza minore della strada dalla soletta superiore del tombino (massimizza i carichi dovuti alla strada).

Per entrambi i modelli viene verificata una stessa configurazione geometrica e di armature che prevederà un **tombino avente la maggiore lunghezza di sviluppo longitudinale** tra quelli previsti dal progetto e la **condizione di terreno più gravosa**. La maggiore lunghezza infatti risulta più gravosa in quanto comporta lo sviluppo del comportamento a **trave inflessa su letto di molle (suolo elastico alla Winkler)** analogamente a come le travi in elevazione di maggiore luce sono da ritenersi quelle maggiormente sollecitate.

Si prevede pertanto che **il layout di armature così determinato venga adattato e distribuito uniformemente alle diverse geometrie delle opere, tra cui anche alle geometrie dei pozzetti di ispezione** che nel progetto in oggetto non rappresentano opere significative al punto da richiedere una progettazione specifica.

Tale approccio risulta certamente cautelativo. Tuttavia, come risulterà chiaro da risultati dedotti, la progettazione secondo tali azioni ha condotto ad incidenze comunque nell'ordine di grandezza di una progettazione riferita a singoli tombini e pertanto non pregiudicante l'economicità dell'opera.

METODOLOGIA DI ANALISI E VALUTAZIONE DELLE PRESTAZIONI – MURI DI IMBOCCO E SBOCCO

Ai fini della determinazione dei modelli di calcolo viene seguita la seguente procedura:

- 1) Per ciascun muro si caratterizza il terreno di fondazione in base ai risultati delle indagini geognostiche disponibili, considerando per ciascuno **l'indagine stratigrafica più vicina alla posizione del manufatto**, il terreno viene inoltre classificato secondo i parametri di definizione dell'azione sismica (classe topografica, categoria sismica di suolo ecc...)
- 2) Viene svolta una completa **analisi dei carichi** secondo le metodologie di seguito riportate e con riferimento alle vigenti normative.
- 3) Si determinano i **modelli di calcolo** che consentono di valutare le condizioni più gravose per il dimensionamento delle membrature e della consistenza delle armature.

Nuova S.S.125/133bis Olbia-Palau Tratta Arzachena Nord - Palau, Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 - 1° stralcio, fino a Palau. Progetto Definitivo		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA366	Relazione tecnica e di calcolo	

Si prevede pertanto che il layout di armature così determinato venga adattato e distribuito uniformemente alle diverse geometrie delle opere.

Tale approccio risulta certamente cautelativo. Tuttavia, come risulterà chiaro da risultati dedotti, la progettazione secondo tali azioni ha condotto ad incidenze comunque nell'ordine di grandezza di una progettazione riferita a singoli tombini e pertanto non pregiudicante l'economicità dell'opera.

METODOLOGIA DI ANALISI E VALUTAZIONE DELLE PRESTAZIONI – POZZETTO DI INGRESSO

Viene adottata procedura analoga a quella vista al punto precedente. Nello specifico viene eseguito il calcolo strutturale ed il dimensionamento del layout delle armature considerando **l'altezza maggiore del terreno**.

Si prevede pertanto che il layout di armature così determinato venga adattato e distribuito uniformemente alle diverse geometrie delle opere.

Tale approccio risulta certamente cautelativo. Tuttavia, come risulterà chiaro da risultati dedotti, la progettazione secondo tali azioni ha condotto ad incidenze comunque nell'ordine di grandezza di una progettazione riferita a singoli tombini e pertanto non pregiudicante l'economicità dell'opera.

CARATTERIZZAZIONE DELLE OPERE

Nella seguente tabella viene riportato il nome identificativo di ciascuna opera con indicati i parametri geometrici di:

- LUNGHEZZA = lunghezza longitudinale del tombino
- QUOTA IDRICA = livello dell'acqua massimo previsto ai fini del calcolo del sovraccarico su soletta superiore (si considera un riempimento del 70% della sezione).
- QUOTA TERRENO = Quota media del terreno sovrastante la soletta superiore del tombino, calcolata ai fini della determinazione del carico sulla soletta superiore e per le spinte dovute al terreno.
- MURI LATERALI (SI/NO) = presenza o meno di muri laterali. Non influente ai fini del calcolo in quanto tali opere vengono trascurate all'interno del modello numerico equivalente del tombino.
- MURO DI SISTEGNO (NO/HT) = dove presenti, si specifica la quota del terreno da

Nuova S.S.125/133bis Olbia-Palau Tratta Arzachena Nord - Palau, Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 - 1° stralcio, fino a Palau. Progetto Definitivo		
CA366	Relazione tecnica e di calcolo	

considerare ai fini del calcolo delle spinte.

Per una completa disamina della consistenza geometrica delle opere si rimanda agli elaborati grafici.

OPERA	SEZ. INTERNA	LUNGHEZZA	QUOTA IDRICA	QUOTA TERRENO	MURI LATERALI	POZZETTO DI INGRESSO	N. CORSIE
TM_AP01_01	2x2 m	34,39 m	1.4 m	1.0 m	SI	NO	2
TM_AP01_02	2x2 m	22,28 m	1.4 m	0.6 m	SI	SI	2
TM_AP02_04	2.7x2.1 m	38,38 m+16,87 m	1.47 m	1.9 m	SI	NO	2+2+2
TM_AP02_05	2x2 m	36,41 m+16,22 m	1.4 m	1.5 m	SI	NO	2+2+2
TM_AP02_06	2x2 m	31,32 m	1.4 m	0.6 m	SI	NO	2+2
TM_AP02_03	2x2 m	42,79 m	1.4 m	3.4 m	SI	NO	2+2
TM_AP02_07	2x2 m	26,62 m	1.4 m	1.7 m	SI	NO	2
TM_AP02_08	2x2 m	26,05 m	1.4 m	2,2 m	SI	NO	2
TM_AP02_09	2x2 m	21 m + 15,47 m	1.4 m	0.9 m	SI	NO	2+2
TM_AP02_10	2x2 m	11,92 m	1.4 m	0,45 m	SI	NO	2
TM_AP02_11	2x2 m	24,16 m	1.4 m	0.9 m	SI	NO	2
TM_AP02_12	2x2 m	24,39 m	1.4 m	1,3 m	SI	NO	2+2
TM_AP02_13	2x2 m	32,8 m + 14,13 m	1.4 m	2,6 m	SI	SI	2+2+2
TM_AP02_14	2x2 m	18,32	1.4 m	0.6 m	SI	SI	2

L'analisi viene condotta tramite il software di calcolo Prosap ver.20.7.0, prodotto da 2si, nello spirito del metodo agli stati limite.

Una doverosa specificazione in merito all'uso del software riguarda l'approccio adottato per la modellazione. Il modello numerico realizzato considera la presenza del terreno circostante il tombino (laterale e superiore), solo attraverso la definizione delle azioni dei pesi (verticali) e delle spinte (laterali) sulla struttura del tombino. Solo il terreno inferiore, e la sua interazione con la soletta di base del tombino, viene fisicamente modellato (con caratteristiche meccaniche di ogni stratigrafia). Tale modello, pertanto analogo a quello di una struttura in elevazione, non è in grado di considerare l'interazione del terreno al di sotto dell'opera con quello superiore. Questo aspetto risulta problematico in relazione alla verifica della portanza del terreno in quanto il programma rileverà il cedimento differenziale della porzione di terreno a contatto con la soletta di base rispetto al terreno circostante che, tuttavia, sarà soggetto circa allo stesso cedimento per effetto del peso del terreno di riporto sovrastante. Le verifiche di portanza in conseguenza a tale approccio potranno risultare non verificate. Ulteriormente vengono calcolati e riportati i cedimenti del terreno secondo le metodologie di seguito specificate. Anche in questo caso, data la metodologia di modellazione applicata, si evidenzia il fatto che non si tratterà di cedimenti differenziale del terreno sottostante il

Nuova S.S.125/133bis Olbia-Palau Tratta Arzachena Nord - Palau, Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 - 1° stralcio, fino a Palau. Progetto Definitivo		
CA366	<i>Relazione tecnica e di calcolo</i>	

tombino rispetto a quello circostante in quanto anche lateralmente ad esso il terreno, a quella data quota, sarà soggetto circa ai medesimi carichi (terreno, pavimentazione stradale, sovraccarichi stradali), e pertanto potrà presentare circa gli stessi cedimenti.

Nuova S.S.125/133bis Olbia-Palau Tratta Arzachena Nord - Palau, Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 - 1° stralcio, fino a Palau. Progetto Definitivo		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA366	<i>Relazione tecnica e di calcolo</i>	

2. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

2.1 Legislazione di carattere generale

Decreto Ministero delle Infrastrutture del 17.01.2018, di concerto con il Ministro dell'Interno e il Capo del Dipartimento di Protezione Civile, Aggiornamento delle "Norme Tecniche per le Costruzioni".

Circ. Min. n°617 del 02/02/2009: "Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008";

Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici STC, "Linee guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo indurito mediante prove non distruttive", febbraio 2008.

2.2 Norme UNI

Tutte le Norme UNI richiamate nei D.M. , Istruzioni, Circolari di cui si fa menzione e in particolare:

UNI EN 197-1: "Cemento. Composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi comuni.

UNI EN 206-1: "Calcestruzzo. Specificazioni, prestazioni, produzione e conformità".

UNI 11104-2016: "Calcestruzzo – Specificazione, prestazione, produzione e conformità – Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1".

2.3 Norme emanate dal C.N.R

CNR 10012: "Istruzioni per la valutazione delle azioni sulle costruzioni".

CNR 10024: "Analisi di strutture mediante elaboratore. Impostazione e redazione delle relazioni di calcolo".

Nuova S.S.125/133bis Olbia-Palau Tratta Arzachena Nord - Palau, Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 - 1° stralcio, fino a Palau. Progetto Definitivo		
CA366	Relazione tecnica e di calcolo	

2.4 Bibliografia

Migliacci – F. Mola: Progetto agli stati limite delle strutture in c.a. -Masson Italia Editori 1985

C. Cestelli Guidi: Geotecnica e tecnica delle fondazioni -Ulrico Hoepli Editore 1987

Bowles J.E. - Foundations Analysis and Design 4th edition -McGraw-Hill – New York, 1988

3. PROGRAMMA PER L'ANALISI AUTOMATICA

- PROSAP VER 20.7.0
- Spettri di risposta ver. 1.0.3 *Foglio Excel del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici per il calcolo degli spettri di risposta secondo le nuove NTC*

4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Classe di resistenza	C32/40
Classe di esposizione	XC2 – XA1
Classe di consistenza	S4
Contenuto minimo di cemento	340 Kg/m ³
Massimo rapporto a/c	0.50
Copriferro	> 5 cm
Diametro massimo inerte	25 mm
Aggregati	Conformi alla UNI-ENI-12620

Resistenza caratteristica a compressione cubica R_{ck} = 40.00 N/mm²

Nuova S.S.125/133bis Olbia-Palau Tratta Arzachena Nord - Palau, Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 - 1° stralcio, fino a Palau. Progetto Definitivo		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA366	Relazione tecnica e di calcolo	

Resistenza di esposizione	$f_{ck} = 0.83 R_{ck} = 33.20$	N/mm ²
Resistenza media a compressione cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 41.20$	N/mm ²
Modulo elastico	$E_c = 22000 \times (f_{cm} / 10)^{0.3} = 33642.78$	N/mm ²
Resistenza a trazione semplice	$f_{ctm} = 0.30 f_{ck}^{0.67} = 3.10$	N/mm ²
Resistenza a trazione caratteristica (frattile 5%)	$f_{cd} = 0.70 \times f_{ctm} = 2.17$	N/mm ²

Stato Limite Ultimo

Coefficiente parziale di sicurezza	$\gamma_C =$	1.50
Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata	$\alpha_{cc} =$	0.85
Resistenza a compressione di calcolo	$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_C =$	18.81 N/mm ²
Resistenza a trazione di calcolo	$f_{ctd} = f_{ctm} / \gamma_C =$	1.45 N/mm ²

Stato Limite di esercizio

Tensione max di compressione - Comb. Rara	$\sigma_c < 0.60 f_{ck} =$	19.92 N/mm ²
Tensione max di compressione - Comb. quasi permanente	$\sigma_c < 0.45 f_{ck} =$	14.94 N/mm ²

4.1 Calcestruzzo magro per sottofondazioni

Classe di resistenza	C12/15
Classe di esposizione	X

Nuova S.S.125/133bis Olbia-Palau Tratta Arzachena Nord - Palau, Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 - 1° stralcio, fino a Palau. Progetto Definitivo		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA366	Relazione tecnica e di calcolo	

4.2 Acciaio ordinario per armatura lenta B 450C

Tensione caratteristica di rottura (frattile 5%)	$f =$	540.00	N/mm ²
Tensione caratteristica di snervamento (frattile 5%)	$f_{yk} =$	450.00	N/mm ²
Stato Limite Ultimo			
Coefficiente parziale di sicurezza	$\gamma_s =$	1.15	
Resistenza a trazione di calcolo	$f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s =$	391.30	N/mm ²

Stato Limite di Esercizio

Tensione max di trazione	$\sigma_s < 0.80 \times f_{yk} =$	360.00	N/mm ²
--------------------------	-----------------------------------	--------	-------------------

5. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

La trattazione completa della situazione geotecnica in prossimità delle opere in oggetto è riportata nella Relazione Geotecnica allegata al Progetto. Di seguito si riportano i parametri geotecnici caratteristici delle varie unità presenti in sito lungo il tracciato.

Nel caso in oggetto, il dimensionamento tiene conto di due strati differenti: a tergo dell'opera si considera come terreno spingente il terreno da rilevato stradale in materiale con elevate capacità drenanti, con elementi lapidei di varia natura e materiali di riporto.

Mentre alla base dell'opera si ritrova normalmente un terreno assimilabile a Ghiaia da media a grossa in matrice limosa sabbiosa o limosa argillosa, da sciolta a mediamente addensata. Gli elementi lapidei sono poligenici, da centimetrici a decimetrici, da arrotondati a sub-arrotondati. La frazione limosa argillosa è di colore variabile dal beige al marrone, da molle a mediamente consistente.

La falda risulta profonda rispetto al piano fondazione e quindi non incide sul dimensionamento dell'opera.

L'interazione terreno-struttura è stata considerata schematizzando il terreno come un mezzo alla Winkler assimilandolo ad un letto di molle elastiche mutuamente indipendenti.

Nuova S.S.125/133bis Olbia-Palau Tratta Arzachena Nord - Palau, Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 - 1° stralcio, fino a Palau. Progetto Definitivo		
CA366	Relazione tecnica e di calcolo	

Il coefficiente di reazione del terreno K_s [kN/m³] è calcolato come rapporto tra il carico unitario medio p [kPa] e il cedimento totale S_t [m] della fondazione in progetto, opportunamente valutato.

Nel caso in esame il valore del coefficiente di reazione del terreno K_s è stato assunto pari a 10000 kN/m³, con valutazione degli effetti per variazioni della costante di $\pm 50\%$ del valore.

$$K_s = \frac{p}{S_t}$$

Il coefficiente di spinta a riposo dei terreni considerati è stato calcolato secondo il procedimento dell'equilibrio limite di Rankine:

$$K_0 = 1 - \sin\phi \quad (\text{spinta a riposo})$$

I valori dei coefficienti di spinta attiva (K_a) sono stati calcolati secondo la relazione di Coulomb, il quale permette di considerare l'eventuale dell'angolo di attrito terreno-paratia (δ).

La relazione di Coulomb per il calcolo del coefficiente di spinta attiva, con le condizioni assunte, è la seguente:

$$K_a = \frac{\sin^2(\psi + \varphi)}{\sin^2\varphi \cdot \sin(\psi - \delta) \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\delta + \varphi) \cdot \sin(\varphi - \varepsilon)}{\sin(\psi - \varphi) \cdot \sin(\psi + \varepsilon)}} \right)^2} \quad (\text{spinta attiva})$$

Dove: ϕ = angolo d'attrito del terreno;

ψ = inclinazione del paramento di monte del muro (90°);

δ = angolo d'attrito lungo la superficie di rottura;

ε = inclinazione del pendio a monte.

Nuova S.S.125/133bis Olbia-Palau Tratta Arzachena Nord - Palau, Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 - 1° stralcio, fino a Palau. Progetto Definitivo		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA366	<i>Relazione tecnica e di calcolo</i>	

6. AZIONE SISMICA DI PROGETTO

6.1 Parametri sismici

Il presente progetto è stato redatto considerando per gli stati limite di esercizio lo stato Limite di Danno e per gli stati limite ultimi lo Stato Limite di salvaguardia della Vita.

L'accelerazione orizzontale massima attesa al sito dipende dal periodo di riferimento considerato per la definizione dell'azione sismica.

Si ritiene di attribuire alla infrastruttura in progetto una vita nominale $V_N \geq 50$ anni nonché una Classe d'Uso IV.

Il coefficiente d'uso vale $C_U = 2$.

Pertanto il periodo di riferimento per l'azione sismica vale:

$$V_R = V_N \times C_U = 50 \times 2 = 100 \text{ anni}$$

Le forme spettrali previste sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei 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 valori dei parametri a_g , F_0 , T_C^* relativi alla pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento sono forniti di seguito.

I parametri sismici di base sono stati calcolati nella relazione di caratterizzazione sismica.

Si riportano di seguito i parametri per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno stato limite, per una vita di riferimento di $V_R=100$ anni:

Stato Limite	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_C^* [s]
SLD	232	0.029	2.710	0.304
SLV	2185	0.055	2.927	0.355

Nuova S.S.125/133bis Olbia-Palau Tratta Arzachena Nord - Palau, Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 - 1° stralcio, fino a Palau. Progetto Definitivo		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA366	Relazione tecnica e di calcolo	

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

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

dove:

S_S =coefficiente di amplificazione stratigrafica (Tab.3.2.IV);

S_T = coefficiente di amplificazione topografica (Tab.3.2.V);

a_g = accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido (si veda tabella precedente).

In base alle condizioni topografiche presenti in sito (T1 = superficie pianeggiante o pendii e rilievi isolati con inclinazione media ≤ 15), nelle verifiche sismiche è stato utilizzato il seguente valore del coefficiente di amplificazione topografica ST (cfr. Tabella 3.2.V NTC. 17/01/18):

Categoria topografica	S_T
T1	1.0

Ai fini della definizione dei modelli numerici equivalenti rappresentativi ai fini del progetto delle diverse opere in essere, vengono assunte le seguenti ipotesi progettuali per tutte le opere:

- Inferiormente alla fondazione di ciascuna opera, è possibile considerare uno strato di terreno consistente in "ghiaia e sabbia compatta" avente le caratteristiche geomeccaniche come di seguito riportate nei paragrafi relativi alla modellazione geotecnica.
- Lateralmente le opere si considera terreno di riporto costipato avente le caratteristiche geomeccaniche come di seguito riportate nei paragrafi relativi alla modellazione geotecnica.
- La categoria di suolo (NTC2018) viene cautelativamente definita come D (Tab. 3.2. IV).

Nuova S.S.125/133bis Olbia-Palau Tratta Arzachena Nord - Palau, Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 - 1° stralcio, fino a Palau. Progetto Definitivo		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA366	Relazione tecnica e di calcolo	

Tab. 3.2.IV – Espressioni di S_S e di C_C

Categoria sottosuolo	S_S	C_C
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Il coefficiente di amplificazione viene pertanto assunto, per tutte le opere, pari a:

$$S = S_t \cdot S_s = 1.0 \cdot 1.8 = 1.8$$

6.2 Analisi pseudostatiche

Nei metodi pseudo-statici l'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente, costante nello spazio e nel tempo, proporzionale al peso del volume di terreno W considerato. Tale forza dipende dalle caratteristiche del moto sismico atteso nel volume di terreno e dalla capacità di tale volume di subire spostamenti senza significative riduzioni di resistenza. Nelle verifiche allo stato limite ultimo, in mancanza di studi specifici, le componenti orizzontale e verticale di tale forza possono esprimersi mediante dei coefficienti di proporzionalità diretta denominati coefficienti sismici

Nuova S.S.125/133bis Olbia-Palau Tratta Arzachena Nord - Palau, Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 - 1° stralcio, fino a Palau. Progetto Definitivo		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA366	Relazione tecnica e di calcolo	

orizzontale e verticale e indicati con k_h e k_v rispettivamente. I valori dei coefficienti sismici orizzontale k_h e verticale k_v possono essere valutati mediante le espressioni (§ 7.11.6.2.1 NTC 17.01.2018):

$$\begin{aligned}
 F_h &= k_h \cdot W & \text{con} & & k_h &= \beta \cdot a_{\max} / g \\
 F_v &= k_v \cdot W & & & k_v &= \pm 0.5 \cdot k_h
 \end{aligned}$$

dove:

a_{\max} = accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g = accelerazione di gravità;

β = coefficiente di riduzione di a_{\max}

Il valore del coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito β_m da utilizzare nel caso specifico risulta unitario, come previsto al punto 7.11.6.2.1 delle NTC 2018 per le strutture non libere di subire spostamenti relativi rispetto al terreno. Considerando il valore del coefficiente di riduzione pari a:

$\beta = 1.0$ [-] Coefficiente per strutture che non possono subire spostamenti relativi rispetto al terreno

Ne consegue che i valori k_v e k_h risultano pari, rispettivamente, al $a_{g\max}$ e $0.5 a_{g\max}$ riportati nella tabella precedente agli SLD e agli SLV.

Nuova S.S.125/133bis Olbia-Palau Tratta Arzachena Nord - Palau, Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 - 1° stralcio, fino a Palau. Progetto Definitivo		
CA366	Relazione tecnica e di calcolo	

7. CRITERI DI VERIFICA

7.1 Stato limite ultimo

7.1.1 Verifica per sollecitazioni di presso/tenso-flessione

Come previsto dal DM 17.01.2018 al § 4.1.2.3.4.2 con riferimento alla generica sezione la verifica di resistenza allo SLU si esegue controllando che:

$$M_{Rd} = M_{Rd}(N_{Ed}) \geq M_{Ed}$$

$$m_F = m_F(N) \geq m$$

dove:

- M_{Rd} è il valore di calcolo del momento resistente corrispondente a N_{Ed} ;
- N è il valore di calcolo della componente assiale (sforzo normale) dell'azione;
- M è il valore di calcolo della componente flettente dell'azione.

7.1.2 Verifica per sollecitazioni taglianti

Per la verifica a sollecitazione tagliente si esegue dapprima la verifica degli elementi senza armature resistenti a taglio, secondo quanto previsto dal Ministero delle Infrastrutture nel D.M. 17.01.2018 al punto 4.1.2.3.5.1.

Indicato con V il valore di calcolo dello sforzo di taglio agente allo SLU, si verifica controllando che risulti:

Nuova S.S.125/133bis Olbia-Palau Tratta Arzachena Nord - Palau, Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 - 1° stralcio, fino a Palau. Progetto Definitivo		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA366	Relazione tecnica e di calcolo	

$$V_{Ed} < V_{Rd} = \max \left\{ \left(0.18 \cdot k \cdot \frac{\sqrt[3]{100 \cdot \rho_{\ell} \cdot f_{ck}}}{\gamma_c} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right) \cdot b_w \cdot d; (v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \right\}$$

dove:

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2 \quad \text{con } d \text{ altezza utile della sezione espressa in mm}$$

$$v_{min} = 0.035 \cdot \sqrt{k^3} \cdot \sqrt{f_{ck}}$$

$$\rho_{\ell} = \frac{A_{s\ell}}{b_w \cdot d} \leq 0.02 \quad \text{con } b_w \text{ larghezza minima della sezione espressa in mm}$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} \leq 0.2 \cdot f_{cd} \quad \text{tensione media di compressione nella sezione}$$

Qualora la verifica non andasse a buon fine è necessario ricorrere ad elementi provvisti di armature resistenti a taglio secondo quanto previsto al punto 4.1.2.3.5.2 del già citato D.M.17/01/2018

Nuova S.S.125/133bis Olbia-Palau Tratta Arzachena Nord - Palau, Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 - 1° stralcio, fino a Palau. Progetto Definitivo		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA366	Relazione tecnica e di calcolo	

Con riferimento all'armatura trasversale, la resistenza di calcolo a "taglio-trazione" si calcola con:

$$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\vartheta) \cdot \sin\alpha$$

Con riferimento al calcestruzzo d'anima, la resistenza di calcolo a "taglio-compressione" si calcola con:

$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f_{cd}' \cdot \frac{\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\vartheta}{1 + \text{ctg}^2\vartheta}$$

La resistenza a taglio dell'elemento strutturale è la minore delle due sopra definite:

$$V_{Rd} = \min(V_{Rsd}; V_{Rcd})$$

Nelle precedenti espressioni, i nuovi parametri, introdotti rispetto al caso di elementi sprovvisti di armatura a taglio, assumono il seguente significato:

ϑ	inclinazione dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse dell'elemento con la limitazione $1.0 \leq \text{ctg}\vartheta \leq 2.5$
α	inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse dell'elemento
A_{sw}	area dell'armatura trasversale
s	interasse tra due armature trasversali consecutive
$f_{cd}' = 0.5 \cdot f_{cd}$	resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima
α_c	coefficiente maggiorativi pari a:
	1 per membrane non compresse
	$1 + \sigma_{cp}/f_{cd}$ per $0 \leq \sigma_{cp} < 0.25 \times f_{cd}$
	1.25 per $0.25 f_{cd} \leq \sigma_{cp} \leq 0.5 \times f_{cd}$
	$2.5 \times (1 - \sigma_{cp}/f_{cd})$ per $0.5 \times f_{cd} < \sigma_{cp} < f_{cd}$

Le armature longitudinali devono essere dimensionate in base alle sollecitazioni flessionali ottenute traslando il diagramma dei momenti flettenti di

$$a_1 = (0.9 \cdot d \cdot \text{ctg}\vartheta) / 2$$

Nuova S.S.125/133bis Olbia-Palau Tratta Arzachena Nord - Palau, Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 - 1° stralcio, fino a Palau. Progetto Definitivo		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
CA366	Relazione tecnica e di calcolo	

lungo l'asse della trave, nel verso meno favorevole

7.2 Stato limite d'esercizio

Le verifiche agli SLE si risolvono nel controllare che i valori di tensione nei materiali siano inferiori ai limiti di normativa

Calcestruzzo compresso:

Combinazione rara $\alpha_c < 0.60 \times f_{ck}$ per cls $R_{ck}40 \rightarrow \sigma_c < 19.92 \text{ N/mm}^2$

Combinazione quasi permanente $\alpha_c < 0.45 \times f_{ck}$ per cls $R_{ck}40 \rightarrow \sigma_c < 14.94 \text{ N/mm}^2$

Acciaio teso:

Combinazione rara $\alpha_s < 0.80 \times f_{yk}$ per acciaio B450 $\rightarrow \sigma_s \leq 360.0 \text{ N/mm}^2$

Prima di procedere alle verifiche a fessurazione è necessario definire delle apposite combinazioni di carico ed effettuare una valutazione relativa al grado di protezione delle armature metalliche contro la corrosione (in termini di condizioni ambientali e sensibilità delle armature stesse alla corrosione).

Si distinguono i seguenti casi :

Combinazioni di azioni:

- Frequente (indicata con FR);
- Quasi Permanente (indicata con QP)

Condizioni ambientali: o Ordinarie;

- Aggressive;
- Molto Aggressive.

Sensibilità delle armature alla corrosione: o Sensibili (acciai da precompresso);

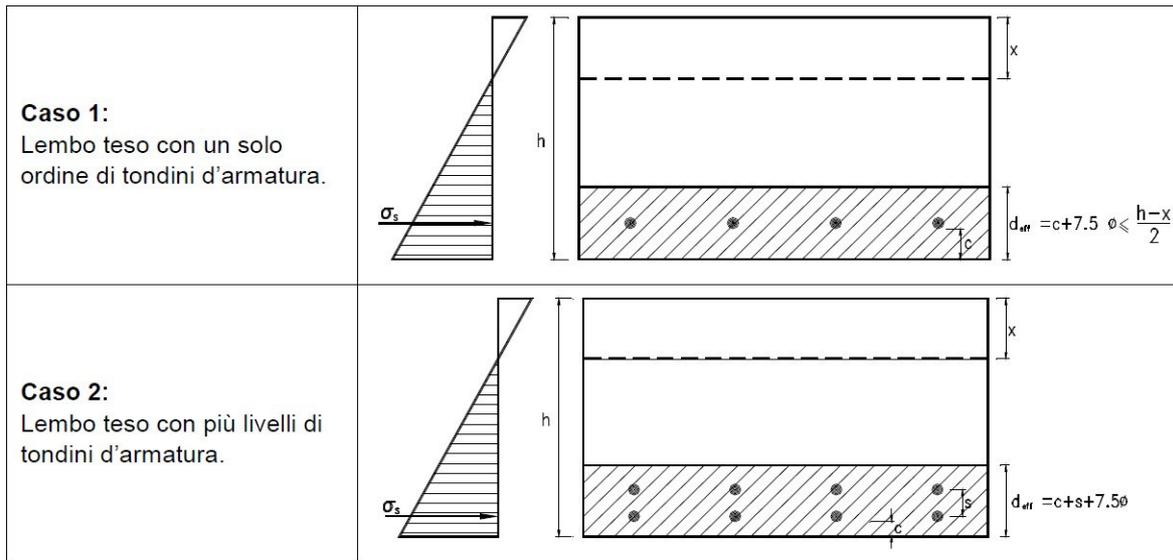
- Poco sensibili (acciai ordinari).

Come criteri di scelta dello stato limite di fessurazione si fa riferimento alla tabella di seguito riportata.

Gruppi di esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	w_d	Stato limite	w_d
a	Ordinarie	frequente	apertura fessure	$\leq w_2$	apertura fessure	$\leq w_3$
		quasi perman.	apertura fessure	$\leq w_1$	apertura fessure	$\leq w_2$
b	Aggressive	frequente	apertura fessure	$\leq w_1$	apertura fessure	$\leq w_2$
		quasi perman.	decompressione	-	apertura fessure	$\leq w_1$
c	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	apertura fessure	$\leq w_1$
		quasi perman.	decompressione	-	apertura fessure	$\leq w_1$

7.2.1 Valutazione della distanza media fra le fessure

Si definisce l'area efficace A_{eff} come l'area di calcestruzzo entro la quale la barra di acciaio può effettivamente influenzare l'apertura della fessura. In base alle indicazioni riportate nella Circ. Min. LL.PP. n°252, si definisce l'altezza efficace con riferimento agli schemi di seguito riportati.

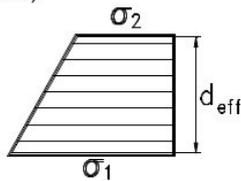


La distanza media tra le fessure, per la condizione di fessurazione stabilizzata in corrispondenza del livello baricentrico dell'armatura all'interno dell'area efficace, è data da:

Nuova S.S.125/133bis Olbia-Palau Tratta Arzachena Nord - Palau, Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 - 1° stralcio, fino a Palau. Progetto Definitivo		
CA366	Relazione tecnica e di calcolo	

dove:

- c = ricoprimento dell'armatura (copriferro netto);
- s = distanza tra le barre d'armatura; se $s > 14 \cdot \phi$ si adotterà $s = 14 \cdot \phi$;
- ϕ = diametro della barra;
- k_2 = coefficiente che caratterizza l'aderenza del cls alla barra, a cui si assegnano i seguenti valori:
 - 0.4 per barre ad aderenza migliorata;
 - 0.8 per barre lisce.
- k_3 = coefficiente che tiene conto della forma del diagramma delle tensioni prima della fessurazione, in base al seguente prospetto:
 - 0.125 (caso di diagramma triangolare di flessione e pressoflessione);
 - 0.250 (caso di trazione pura);
 - $0.25 \cdot \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2 \cdot \sigma_1}$ (caso di trazione eccentrica o in cui si consideri una sola parte della sezione):



- σ_1, σ_2 = trazione nel cls teso;
- $\rho_r = A_s / A_{\text{ceff}}$ = rapporto geometrico d'armatura (con A_s = area della sezione di acciaio posta nell'area A_{ceff}).

7.2.2 Valutazione della deformazione media delle barre d'armatura

La deformazione media delle barre d'armatura ξ_{sm} è valutata secondo la seguente espressione che tiene conto del contributo del calcestruzzo teso che la circonda:

$$\varepsilon_{sm} = \frac{\sigma_s}{E_s} \left[1 - \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2 \right] \geq 0.4 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

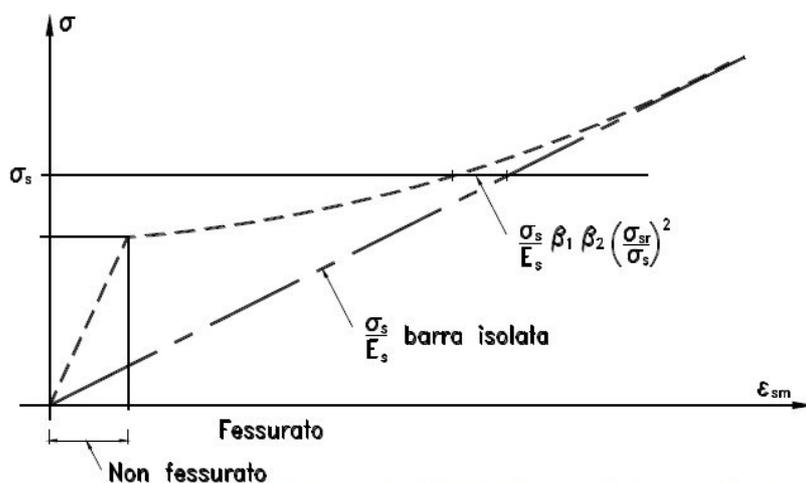
dove:

- σ_s = tensione nell'acciaio calcolata nella sezione fessurata;
- σ_{sr} = tensione nell'acciaio calcolata nella sezione fessurata per la sollecitazione corrispondente al raggiungimento della resistenza media a trazione f_{ctm} nella fibra di cls più sollecitata in sezione interamente reagente, compresa nell'area efficace.
- β_1 = coefficiente rappresentativo dell'aderenza acciaio-cls, che assume i valori:
 - 1.0 (caso di barre ad aderenza migliorata);
 - 0.5 (caso di barre lisce).
- β_2 = coefficiente che tiene conto delle condizioni di sollecitazione:
 - 1.0 (caso della prima applicazione di una forza di breve durata);
 - 0.5 (caso di azioni di lunga durata o nel caso di azioni ripetute).
- E_s = modulo elastico dell'acciaio delle barre di armatura.

In pratica si tratta di trovare i valori dell'azione assiale N e del momento flettente M (che stiano nello stesso rapporto delle sollecitazioni della combinazione di carico considerata) che portano il calcestruzzo

teso della sezione completamente reagente a lavorare al suo limite. Una volta valutati, si opera la verifica della sezione parzializzata e si ricava il valore dello sforzo nell'acciaio teso.

Nella figura seguente si propone il diagramma della deformazione ε_{sm} in funzione della tensione σ_s .



Andamento della deformazione ε_{sm} in funzione della tensione σ_s

Nuova S.S.125/133bis Olbia-Palau Tratta Arzachena Nord - Palau, Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 - 1° stralcio, fino a Palau. Progetto Definitivo		
CA366	Relazione tecnica e di calcolo	

7.2.3 Valutazione dell'ampiezza delle fessure (valore medio di calcolo)

L'ampiezza media delle fessure è calcolata come prodotto della deformazione media delle barre d'armatura ξ_{sm} per la distanza media tra le fessure Δ_{sm} :

$$W_m = \xi_{sm} * \Delta_{sm}$$

Si ricava quindi il valore di calcolo di apertura delle fessure, da confrontare con i valori nominali w_1 , w_2 e w_3 riportati precedentemente:

$$W_d = 1.7 * W_m$$

7.2.4 Ampiezza delle fessure

Gruppi di esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione	Armatura poco sensibile	
			Stato Limite	w_d
b	Aggressive (XC4)	Frequente	Apertura fessure	$\leq w_2 = 0.3 \text{ mm}$
		Quasi permanente	Apertura fessure	$\leq w_1 = 0.2 \text{ mm}$

7.3 Metodologia per il calcolo dei muri

Le verifiche dei muri sono condotte secondo il metodo degli Stati Limite, come prescritto dalle "Norme tecniche sulle costruzioni" del 17 gennaio 2018.

Si eseguono verifiche agli stati limite ultimi, con lo scopo di verificare la sicurezza delle opere, e agli stati limite di esercizio, necessarie per verificare che i cedimenti attesi siano compatibili con la funzionalità dei vari elementi e che i tassi di lavoro all'interno delle strutture garantiscano i livelli prestazionali richiesti per tutto il periodo di vita utile delle opere.

Sono effettuate le verifiche con riferimento ai seguenti stati limite:

Nuova S.S.125/133bis Olbia-Palau Tratta Arzachena Nord - Palau, Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 - 1° stralcio, fino a Palau. Progetto Definitivo		
CA366	<i>Relazione tecnica e di calcolo</i>	

SLU di tipo geotecnico (GEO) e di equilibrio di corpo rigido (EQU):

- stabilità globale del complesso muro-terreno;
- scorrimento sul piano di posa;
- collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno; - ribaltamento;

SLU di tipo strutturale (STR)

- raggiungimento della resistenza nelle strutture in c.a.

Per ogni stato limite considerato si accerta che sia soddisfatta la condizione:

$$Ed \leq Rd$$

dove Ed e Rd rappresentano rispettivamente le sollecitazioni e le resistenze di progetto.

In accordo con le NTC 2018 le verifiche agli Stati Limite Ultimi (SLU) delle opere in oggetto sono effettuate secondo l'Approccio 2, applicando le seguenti combinazioni di carico (dove il segno '+' in ossequio alla normativa ha il significato di 'combinato con'):

- Combinazione 1: A1 + M1 + R3

Per la verifica di stabilità globale si utilizza la combinazione combinazione 2 dell'approccio 1:

- Combinazione 2 (app.1): A2 + M2 + R2

I set di fattori di sicurezza parziali sulle azioni (A1, A2), sui parametri geotecnici (M1, M2) e sulle resistenze (R2, R3) sono riportati rispettivamente nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.5.I delle NTC 2018.

Nuova S.S.125/133bis Olbia-Palau Tratta Arzachena Nord - Palau, Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 - 1° stralcio, fino a Palau. Progetto Definitivo		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA366	Relazione tecnica e di calcolo	

7.4 Verifiche geotecniche

7.4.1 Verifiche a ribaltamento

Per la verifica a ribaltamento del muro si valutano il momento stabilizzante e quello ribaltante, controllando che il rapporto tra i due sia maggiore di $\gamma_R = 1.15$ (come da Tabella 6.5.I delle NTC 2018):

$$F_S = \frac{M_{STAB}}{M_{RIB}} = \frac{\sum_i \alpha_i \cdot N_i \cdot b_{i-ORIZ(O)}}{\sum_i \beta_i \cdot V_i \cdot b_{i-vert}} \geq \gamma_R$$

dove:

- α_i = coefficiente di combinazione della forza N_i ;
- N_i = forza verticale;
- $b_{i-ORIZ(O)}$ = braccio della forza verticale rispetto al centro di rotazione;
- β_i = coefficiente di combinazione della forza V_i ;
- V_i = forza orizzontale;
- b_{i-vert} = braccio della forza orizzontale rispetto al centro di rotazione.

7.4.2 Verifiche a scorrimento

Nelle verifiche a scivolamento si valutano i valori delle forze verticali (contributi resistenti) e delle forze orizzontali (forze di scorrimento) e si verifica che la seguente espressione risulti maggiore di $\gamma_R = 1.1$ (come da Tabella 6.5.I delle NTC 2018):

$$F_S = \frac{T_{RES}}{T_{SOLL}} = \frac{\mu \cdot \sum_i \alpha_i \cdot N_i}{\sum_i \beta_i \cdot V_i} \geq \gamma_R$$

dove:

- μ = coefficiente di attrito terreno/fondazione (posto pari alla tangente dell'angolo d'attrito del terreno di fondazione);
- α_i = coefficiente di combinazione della forza N_i ;
- N_i = forza verticale;
- β_i = coefficiente di combinazione della forza V_i ; V_i = forza orizzontale.

Nuova S.S.125/133bis Olbia-Palau Tratta Arzachena Nord - Palau, Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 - 1° stralcio, fino a Palau. Progetto Definitivo		
CA366	Relazione tecnica e di calcolo	

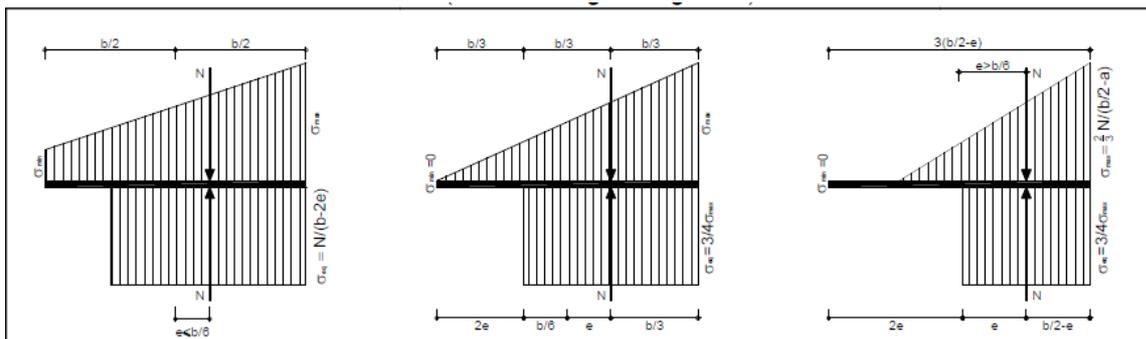
7.4.3 Verifiche di capacità portante delle fondazioni

La verifica di capacità portante della fondazione di un muro è verificata se il rapporto tra la pressione limite e la pressione equivalente sul terreno risulta maggiore di $\gamma R = 1.4$ (come da Tabella 6.5.I delle NTC 2018):

$$F_S = \frac{q_{lim}}{\sigma_{Sd}} \geq \gamma R$$

dove: σ_{Sd} = pressione equivalente sul terreno;
 q_{lim} = pressione limite della fondazione, calcolata secondo Brinch-Hansen.

Il calcolo della pressione equivalente di contatto si rende necessario per poter confrontare gli sforzi sollecitanti nel terreno (non necessariamente uniformi) con la pressione limite ottenuta dalle formule di capacità portante (che è invece inevitabilmente uniforme). Il procedimento usualmente seguito nel progetto delle fondazioni, ampiamente documentato in letteratura, si basa sulla valutazione dell'eccentricità delle sollecitazioni cui consegue una redistribuzione uniforme delle sollecitazioni stesse su una fondazione di dimensioni ridotte (si veda la Figura seguente).



Pressione di contatto equivalente in funzione dell'eccentricità dei carichi applicati alla fondazione

La capacità portata della fondazione è stata calcolata attraverso l'espressione proposta da Brinch-Hansen per le fondazioni superficiali; poiché la fondazione ed il piano campagna risultano orizzontali, si sono trascurati i corrispondenti fattori correttivi. Il carico limite è pertanto fornito dalla seguente espressione:

Nuova S.S.125/133bis Olbia-Palau Tratta Arzachena Nord - Palau, Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 - 1° stralcio, fino a Palau. Progetto Definitivo		
CA366	Relazione tecnica e di calcolo	

$$q_{lim} = \frac{1}{2} \cdot \gamma' \cdot B \cdot N_{\gamma} \cdot s_{\gamma} \cdot i_{\gamma} + c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q$$

dove: γ' = peso specifico terreno di fondazione (sommerso, se in presenza di falda);
 B = larghezza equivalente della fondazione (in presenza di carichi eccentrici);

c' = coesione del terreno di fondazione;
 q' = sovraccarico dovuto al peso del terreno posto sopra il livello di fondazione;
 N_{γ}, N_c, N_q = coefficienti di capacità portante;
 s_{γ}, s_c, s_q = coefficienti di forma;
 i_{γ}, i_c, i_q = coefficienti correttivi dovuti alla presenza di carichi orizzontali;
 d_c, d_q = coefficienti dipendenti dalla profondità del piano di posa.

Di seguito vengono riepilogate le espressioni utilizzate per determinare la larghezza equivalente della fondazione, l'entità sovraccarico e i valori dei diversi coefficienti.

- *Larghezza equivalente della fondazione:*

$$B = B_R - 2 \cdot \frac{M}{N}$$

dove: B_R = larghezza reale della fondazione;
 M = momento risultante sulla fondazione;
 N = azione perpendicolare al piano di posa sulla fondazione.

- *Sovraccarico dovuto al peso del terreno posto sopra il livello di fondazione:*

$$q' = \gamma_t \cdot D$$

dove: γ_t = peso del terreno di ricoprimento;
 D = profondità del piano di posa della fondazione.

- *Coefficienti di capacità portante:*

$$N_q = \text{tg}^2 \left(45^\circ + \frac{\phi'}{2} \right) \cdot e^{\pi \cdot \text{tg}(\phi')}$$

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \text{ctg}(\phi')$$

$$N_{\gamma} = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \text{tg}(\phi')$$

dove: ϕ' = angolo di attrito del terreno di fondazione.

- *Coefficienti di forma (per $B < L$):*

$$s_{\gamma} = 1 + 0.1 \cdot \frac{B}{L} \cdot \frac{1 + \text{sen}(\phi')}{1 - \text{sen}(\phi')}$$

$$s_q = s_{\gamma}$$

$$s_c = 1 + 0.2 \cdot \frac{B}{L} \cdot \frac{1 + \text{sen}(\phi')}{1 - \text{sen}(\phi')}$$

dove: ϕ' = angolo di attrito del terreno di fondazione;
 B = larghezza equivalente della fondazione (definita in precedenza);
 L = lunghezza della fondazione, cautelativamente assunta pari a $5 \cdot B$ per tutti i muri (fondazione nastriforme).

- Coefficienti dipendenti dalla profondità del piano di posa:

$$d_q = 1 + 2 \cdot \frac{D}{B} \cdot \text{tg}(\phi') \cdot [1 - \text{sen}(\phi')]^2 \quad \text{per } D/B \leq 1$$

$$d_q = 1 + 2 \cdot \text{tg}(\phi') \cdot [1 - \text{sen}(\phi')]^2 \cdot \text{ctg}\left(\frac{D}{B}\right) \quad \text{per } D/B > 1$$

$$d_c = d_q - \frac{1 - d_q}{N_c \cdot \text{tg}(\phi')}$$

dove: ϕ' = angolo di attrito del terreno di fondazione;
 B = larghezza equivalente della fondazione (definita in precedenza);
 D = profondità del piano di posa della fondazione;
 N_c = coefficiente di capacità portante (definito in precedenza).

- Coefficienti correttivi dovuti alla presenza di carichi orizzontali:

$$i_\gamma = \left[1 - \frac{H}{N + B \cdot L \cdot c' \cdot \text{ctg}(\phi')} \right]^{(m+1)}$$

$$i_q = \left[1 - \frac{H}{N + B \cdot L \cdot c' \cdot \text{ctg}(\phi')} \right]^m \quad \text{con: } m = \frac{2 + B/L}{1 + B/L}$$

$$i_c = i_q - \frac{1 - d_q}{N_c \cdot \text{tg}(\phi')}$$

dove: ϕ' = angolo di attrito del terreno di fondazione;
 c' = coesione del terreno di fondazione;
 B = larghezza equivalente della fondazione (definita in precedenza);
 L = lunghezza della fondazione;
 N = azione perpendicolare al piano di posa sulla fondazione;
 H = azione parallela al piano di posa sulla fondazione;
 N_c = coefficiente di capacità portante (definito in precedenza);
 d_q = coefficiente dipendente dalla profondità del piano di posa (definito in precedenza).

Nuova S.S.125/133bis Olbia-Palau Tratta Arzachena Nord - Palau, Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 - 1° stralcio, fino a Palau. Progetto Definitivo		
CA366	<i>Relazione tecnica e di calcolo</i>	

8. COMBINAZIONI DI CARICO

Le combinazioni di carico, utilizzate per condurre le verifiche agli stati limite ultimi e agli stati limite di esercizio, sono state originate in ottemperanza con quanto prescritto dalla vigente normativa.

8.1 Combinazioni per la verifica allo SLU

Gli stati limite ultimi delle opere interrato si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso, determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno, e al raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali che compongono l'opera.

Le verifiche agli stati limite ultimi sono eseguiti in riferimento ai seguenti stati limite:

-SLU di tipo geotecnico (GEO) e di equilibrio di corpo rigido (EQU)

collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno;

-SLU di tipo strutturale (STR)

raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali.

Trattandosi di opere interrato, le verifiche saranno condotte secondo l'approccio progettuale "Approccio 2" in combinazione unica, utilizzando i coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 5.1.V per i parametri geotecnici e le azioni.

		Coefficiente γ_F	EQU	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali ⁽¹⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare per essi gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

Nella Tab. 2.6.I il significato dei simboli è il seguente:

- γ_{G1} coefficiente parziale del peso proprio della struttura, nonché del peso proprio del terreno e dell'acqua, quando pertinenti;
- γ_{G2} coefficiente parziale dei pesi propri degli elementi non strutturali;
- γ_{Qi} coefficiente parziale delle azioni variabili.

Ai fini delle verifiche degli stati limite ultimi si definiscono le seguenti combinazioni:

$$\text{STR} = \gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{0i} \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki} \quad \Rightarrow (\Phi_d' = \Phi_k')$$

$$\text{GEO} = \gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{0i} \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki} \quad \Rightarrow (\Phi_d' = \tan^{-1}(\tan \Phi_k' / \gamma_\phi))$$

Mentre ai fini delle verifiche degli stati limite d'esercizio si definiscono le seguenti combinazioni:

$$\text{Frequente} = G_1 + G_2 + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki} \quad \Rightarrow (\Phi_d' = \Phi_k')$$

$$\text{Quasi permanente} = G_1 + G_2 + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki} \quad \Rightarrow (\Phi_d' = \Phi_k')$$

$$\text{Rara} = G_1 + G_2 + Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki} \quad \Rightarrow (\Phi_d' = \Phi_k')$$

Nuova S.S.125/133bis Olbia-Palau Tratta Arzachena Nord - Palau, Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 - 1° stralcio, fino a Palau. Progetto Definitivo		
CA366	Relazione tecnica e di calcolo	

9. ANALISI DEI CARICHI – TOMBINI CON SOVRACCARICHI STRADALI

Nel seguente paragrafo si descrivono i carichi elementari da assumere per le verifiche agli stati limite ultimi e agli stati limite di esercizio.

Si considerano nel calcolo delle sollecitazioni agenti nel tombino i seguenti carichi. I dettagli relativi a ciascuna condizione di carico sono riportati nel paragrafo di analisi dei carichi.

CDC	Tipo	Descrizione
1	Ggk	Peso proprio della struttura
2	Gk	Strati superiori di terreno e strada
3	Qk	Sovraccarichi stradali
4	Gk	Peso dell' acqua sulla soletta di base
5	Gk	Spinta a riposo del terreno su piedritto sinistro
6	Gk	Stina attiva del terreno su piedritto destro
7	Qk	Carico frenata
8	Gk	Spinta attiva terreno su piedritto destro
9	Gk	Spinta a ripoo terreno su piedritto destro
10	Qk	Spinta a riposo sul piedritto sinistro dovuta al sovraccarico stradale
11	Qk	Spinta attiva sul piedritto sinistro dovuta al sovraccarico stradale
12	Qk	Spinta attiva sul piedritto destro dovuta al sovraccarico stradale
13	Qk	Spinta a riposo sul piedritto destro dovuta al sovraccarico stradale
14	Qk	Spinta a riposo sul piedritto sinistro dovuta al carico tandem
15	Qk	Spinta a riposo sul piedritto destro dovuta al carico tandem
16	Qk	Spinta attiva sul piedritto sinistro dovuta al carico tandem
17	Qk	Spinta attiva sul piedritto destro dovuta al carico tandem
18	Qk	Effetti della temperatura
19	Qk	Effetti del ritiro

Tali Combinazioni Elementari saranno opportunamente combinate secondo quanto previsto dalla normativa vigente e vengono automaticamente elaborate dal programma di calcolo.

Per i materiali si assumono i seguenti pesi specifici:

Carico stradale = 2200 kN/m³

Carico terreno = 1820 kN/m³

Sovraccarico soletta inferiore = 1000 kN/m³

In seguito verranno riportati i carichi e le condizioni di carico riferite a ciascun tipo di sezione

Nuova S.S.125/133bis Olbia-Palau Tratta Arzachena Nord - Palau, Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 - 1° stralcio, fino a Palau. Progetto Definitivo		
CA366	<i>Relazione tecnica e di calcolo</i>	

utilizzati.

9.1 METODOLOGIA DI CALCOLO

A titolo di esempio viene riportata la metodologia di determinazione dei carichi per il tombino **TM_AP01_01**. Nel paragrafo successivo vengono riportati i valori calcolati delle azioni per ciascun tombino.

STRATIGRAFIA CONSIDERATA AI FINI DEL CALCOLO:

Strato	Densità [kg/mc]	Spessore [m]
Carico Stradale	2200	0.4
Carico terreno	1800	1.0
Sovraccarico soletta inferiore	1000	1.4

9.1.1 Descrizione dei pesi propri e carichi permanenti portati

Soletta superiore

Peso proprio	$0.25 \times 2500 = 6.25$	KN/m ²
Peso sovrastruttura stradale	$0.4 \times 2200 = 8.80$	KN/m ²
Peso Terreno	$1.00 \times 1800 = 18.0$	KN/m ²

Soletta inferiore

Peso proprio	$0.25 \times 2500 = 6.25$	KN/m ²
Sovraccarico dovuto alla falda interna	$1.40 \times 1000 = 14.0$	KN/m ²

Piedritti

Peso proprio	$0.25 \times 2500 = 6.25$	KN/m ²
--------------	---------------------------	-------------------

Tali carichi vengono considerati nelle condizioni di carico elementari CDC 1-2-4, in particolare nella CDC1 sono presenti i pesi propri della struttura, nella condizione di carico CDC2 i carichi permanenti degli strati di terreni superiori il tombino e lo strato stradale, nella CDC 4 il peso dell' acqua gravante sulla soletta di base.

Nuova S.S.125/133bis Olbia-Palau Tratta Arzachena Nord - Palau, Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 - 1° stralcio, fino a Palau. Progetto Definitivo		
CA366	Relazione tecnica e di calcolo	

9.1.2 Spinta delle terre

La spinta del terreno assume un andamento lineare con la profondità secondo la legge:

$$p_h = \lambda \gamma t z$$

dove si considera come coefficiente di spinta λ il coefficiente di spinta attiva o a riposo a seconda dell'elemento strutturale di cui si vogliono massimizzare le sollecitazioni

Tale condizione viene calcolata dall'elaboratore durante l'analisi dei calcoli, considerando le varie ipotesi ed elaborando un involucro tra le combinazioni di:

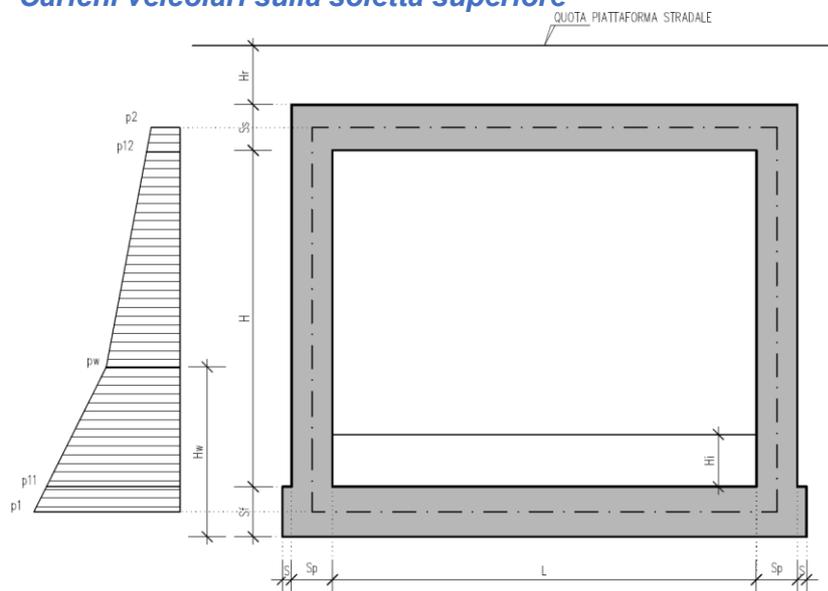
1. Spinta a riposo su entrambi i piedritti;
2. Spinta a riposo su piedritto sx e spinta attiva su piedritto dx;

La condizione di spinta 2) serve a mettere in conto possibili situazioni (anche temporanee) di disomogeneità nei costipamenti o altre condizioni che possano generare situazioni di spinte asimmetriche sull'opera.

La condizione di spinta attiva, sebbene poco realistica considerando le caratteristiche dell'opera, viene comunque considerata a favore di sicurezza per massimizzare i valori delle sollecitazioni flessionali in corrispondenza delle mezzerie delle solette.

Naturalmente queste spinte saranno opportunamente combinate, utilizzando i valori dei coefficienti parziali delle azioni da assumere nell'analisi per la determinazione degli effetti delle azioni nelle verifiche agli stati limite ultimi.

9.1.3 Carichi veicolari sulla soletta superiore



I casi di carico CDC7, e da CDC10 a CDC17 sono relativi agli effetti indotti sulla soletta superiore dai carichi veicolari agenti in corrispondenza della sovrastruttura stradale. I carichi di riferimento sono descritti nel paragrafo 5 del D.M. 17/01/2018.

In particolare lo schema di carico 1 è costituito da carichi concentrati su due assi in tandem e da carichi uniformemente distribuiti; i carichi concentrati sono pari a:

$Q1k = 300 \text{ kN}$ ad asse ($300 + 300 = 600 \text{ kN}$) su corsia n.1 di larghezza convenzionale pari a 3 m ;

$Q2k = 200 \text{ kN}$ ad asse ($200 + 200 = 400 \text{ kN}$) su corsia n.2 di larghezza convenzionale pari a 3 m ;

$Q3k = 100 \text{ kN}$ ad asse ($100 + 100 = 200 \text{ kN}$) su corsia n.3 di larghezza convenzionale pari a 3 m ;

Si ipotizza che tali carichi siano applicati su un'impronta rettangolare pari a $2.4 \times 1.60 \text{ m}$ (1.6 m sviluppo parallelo alla corsia di traffico, 2.4 m sviluppo perpendicolare), ovvero pari all'ingombro complessivo esterno del tandem. Per quanto riguarda i carichi uniformemente distribuiti (associati ai carichi tandem) si considera prudenzialmente il carico $q1k = 9 \text{ kN/m}^2$ applicato a tutte le colonne di carico (la norma prevede l'applicazione dalla seconda alla n-esima corsia di un carico ridotto da 2.5 kN/m^2).

I carichi tandem vengono posizionati ortogonalmente all'asse del sottovia e vengono ripartiti sia in direzione longitudinale che trasversale dal piano stradale al piano medio della soletta superiore.

Nuova S.S.125/133bis Olbia-Palau Tratta Arzachena Nord - Palau, Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 - 1° stralcio, fino a Palau. Progetto Definitivo		
CA366	Relazione tecnica e di calcolo	

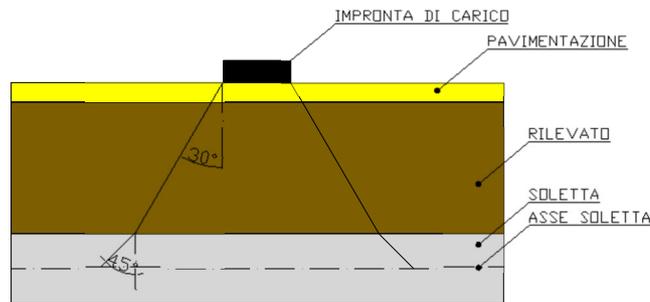
Si assume che la diffusione avvenga con un angolo di 30° attraverso il rilevato stradale, in accordo con quanto riportato all'interno della circolare 21 Gennaio 2019 n°7 C.S.LL.PP, e con un angolo di 45° nella soletta superiore del tombino.

L'effetto dei carichi tandem sulla soletta superiore viene pertanto messo in conto attraverso la determinazione di un carico equivalente distribuito q_{eq} a cui si somma il carico uniforme $q_{1k} = 9$ kN/m².

9.1.4 Diffusione del carico tandem in direzione longitudinale (parallela all'asse della strada)

La larghezza di diffusione del carico tandem in direzione longitudinale è pari a:

$$L_{dl} = 1.6 \text{ m} + 2x [\tan 30^\circ \times H_r + \tan 45^\circ \times S_s / 2]$$



Con H_r = quota sottoterra. Nel caso in esame risulta:

$$L_{dl} = 1.60 + 2 * (1.4 * \tan 30^\circ + 0.125) = 3.47 \text{ m}$$

9.1.5 Diffusione del carico tandem in direzione longitudinale (parallela all'asse della strada)

In direzione trasversale alla strada detta L_{dt} la larghezza di diffusione del carico trasversale dal piano stradale alla quota del piano medio della soletta superiore, assumendo che detta diffusione avvenga con angolo di diffusione di 30° attraverso il rilevato stradale e di 45° sino al piano medio della soletta superiore

risulta:

Nuova S.S.125/133bis Olbia-Palau

Tratta Arzachena Nord - Palau, Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 - 1° stralcio, fino a Palau.
Progetto Definitivo



CA366

Relazione tecnica e di calcolo

$$Ldt = 2.40 + 2 * (1.4 * \text{tg}30^\circ + 0.125) = 4.27 \text{ m}$$

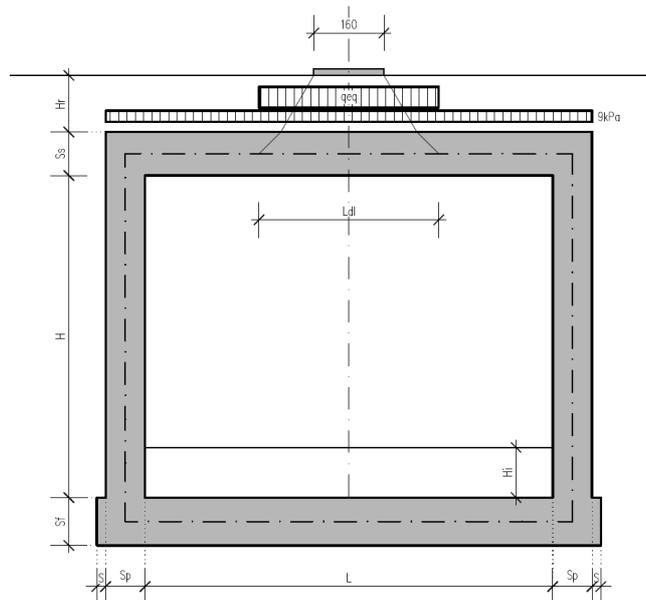
Poiché la diffusione è maggiore rispetto alla larghezza convenzionale si ha la sovrapposizione parziale tra la diffusione delle 2 maggiori corsie.

$$Q = (600+400)/(4.27*3.47) = 67.49 \text{ kN/m}^2.$$

Questa condizione è peggiorativa rispetto a considerare 1 sola colonna di carico.

A questa condizione si sovrappone, nelle aree proiettate sulla soletta superiore, i carichi $q = 9 \text{ kN/m}^2$ (area della corsia 1), e 2.5 kN/m^2 (aree delle altre corsie)

La posizione del carico q_{eq} equivalente al tandem può essere variata sulla soletta come indicato dagli schemi seguenti per la massimizzazione delle diverse tipologie di sollecitazione:



SCHEMA DI DIFFUSIONE DEL CARICO DA TRAFFICO –CARICO TANDEM CENTRATO

Nuova S.S.125/133bis Olbia-Palau

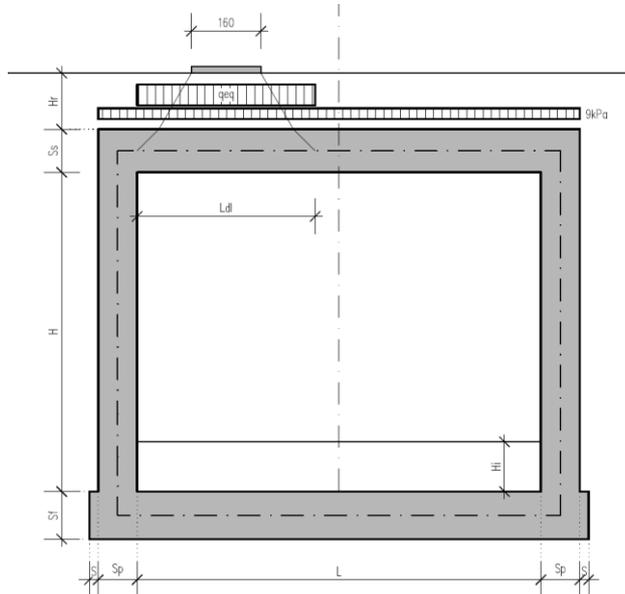
Tratta Arzachena Nord - Palau, Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 - 1° stralcio, fino a Palau.

Progetto Definitivo

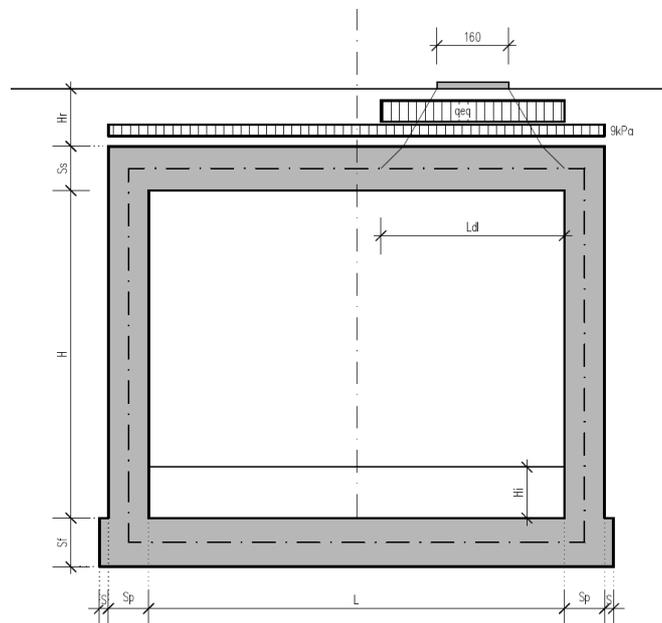


CA366

Relazione tecnica e di calcolo



SCHEMA DI DIFFUSIONE DEL CARICO DA TRAFFICO –CARICO TANDEM FILO PIEDRITTO SINISTRO



SCHEMA DI DIFFUSIONE DEL CARICO DA TRAFFICO –CARICO TANDEM FILO PIEDRITTO DESTRO (CDC16+19)

Si noti che se $L_{dl} > L + 2 \times Sp$ (larghezza netta interna + spessore dei piedritti), pertanto allora il carico equivalente è applicato a tutte le aste della soletta superiore nei tre casi suddetti, che vengono pertanto a coincidere tra loro.

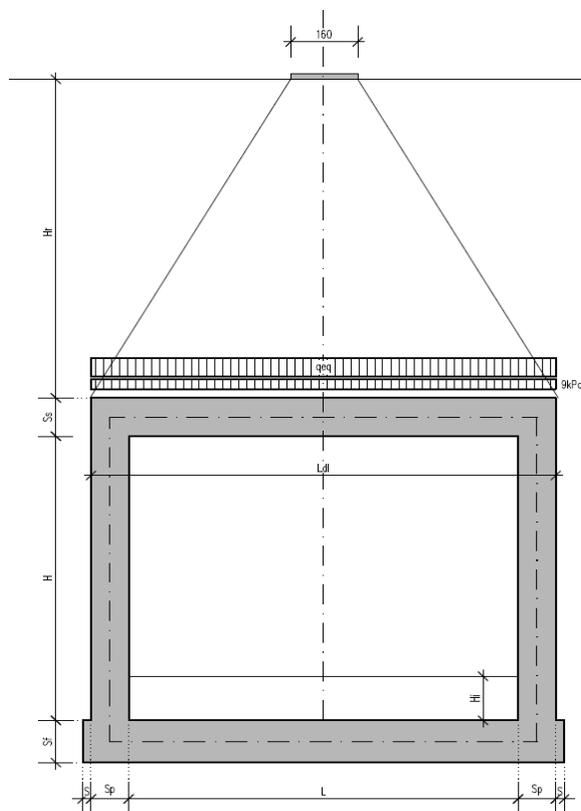
Nuova S.S.125/133bis Olbia-Palau

Tratta Arzachena Nord - Palau, Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 - 1° stralcio, fino a Palau.

Progetto Definitivo



CA366

Relazione tecnica e di calcolo

Nel caso in cui la superficie superiore del sistema sia posizionata ad una quota considerevole rispetto all'applicazione dei carichi, il valore del sovraccarico uniforme da 20 KN/m^2 risulterà nettamente inferiore al carico tandem, per cui verrà ritenuto trascurabile.

9.1.6 Spinte sui piedritti indotte dai sovraccarichi accidentali

In accordo con la circolare ministeriale circolare 21 Gennaio 2019 n°7 C.S.LL.PP per il calcolo delle spinte generate dal sovraccarico sul rilevato si può considerare applicato lo schema di carico 1, in cui per semplicità i carichi tandem possono essere sostituiti da carichi uniformemente distribuiti equivalenti, applicati su una superficie rettangolare larga 3.0 m e lunga 2.20 m .

Anche in questo caso si tiene in conto la diffusione del carico attraverso il rilevato sia in direzione longitudinale che trasversale.

Al tandem si somma il carico uniformemente distribuito agente sulla i -esima corsia di carico $q_{ik} = 9 \text{ kN/m}^2$.

Nuova S.S.125/133bis Olbia-Palau Tratta Arzachena Nord - Palau, Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 - 1° stralcio, fino a Palau. Progetto Definitivo		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA366	Relazione tecnica e di calcolo	

9.1.7 Diffusione del carico tandem in direzione longitudinale (parallela all'asse stradale)

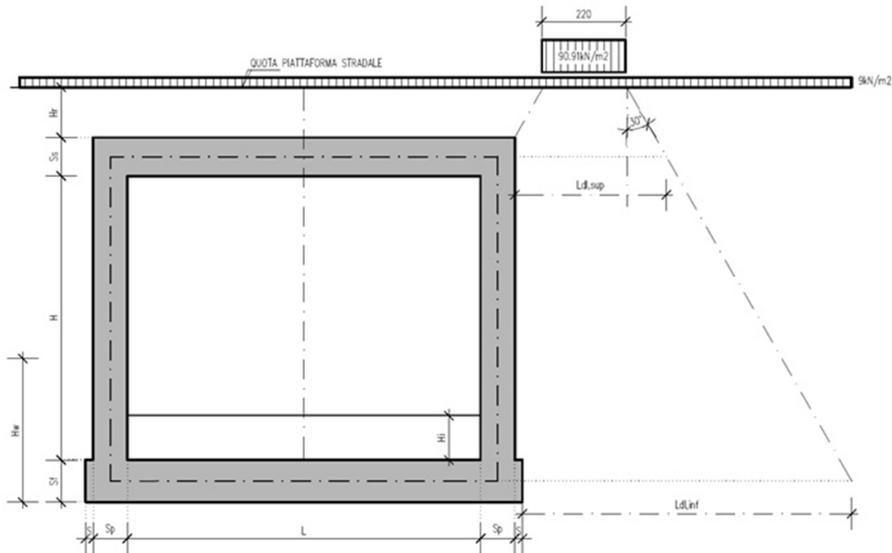
Il carico tandem trasformato in carico uniformemente distribuito assume il valore:

$$600 / (3.00 \times 2.20) = 90.91 \text{ kN/m}^2$$

La larghezza di diffusione del carico tandem in direzione longitudinale è pari a:

$$L_{dl, sup} = 2.2 \text{ m} + [\tan 30^\circ \times (2 \times H_r + S_s/2)] = 3.21 \text{ m} \quad (\text{piano medio soletta superiore})$$

$$L_{dl, inf} = 2.2 \text{ m} + [\tan 30^\circ \times (2 \times H_r + S_s/2 + H + S_f/2)] = 4.51 \text{ m} \quad (\text{piano medio soletta inferiore})$$



9.1.8 Diffusione del carico tandem in direzione trasversale (ortogonale all'asse stradale)

In direzione trasversale, considerando due colonne di carico e la ripartizione trasversale del carico distribuito

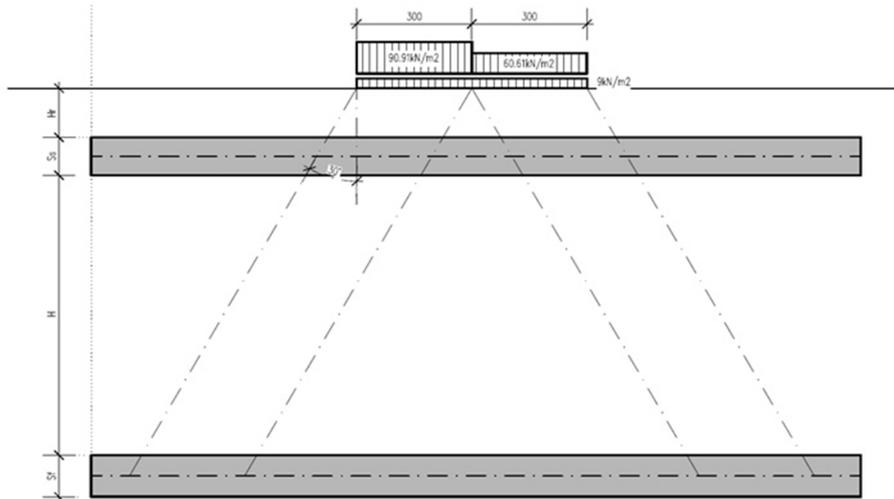
Nuova S.S.125/133bis Olbia-Palau

Tratta Arzachena Nord - Palau, Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 - 1° stralcio, fino a Palau.

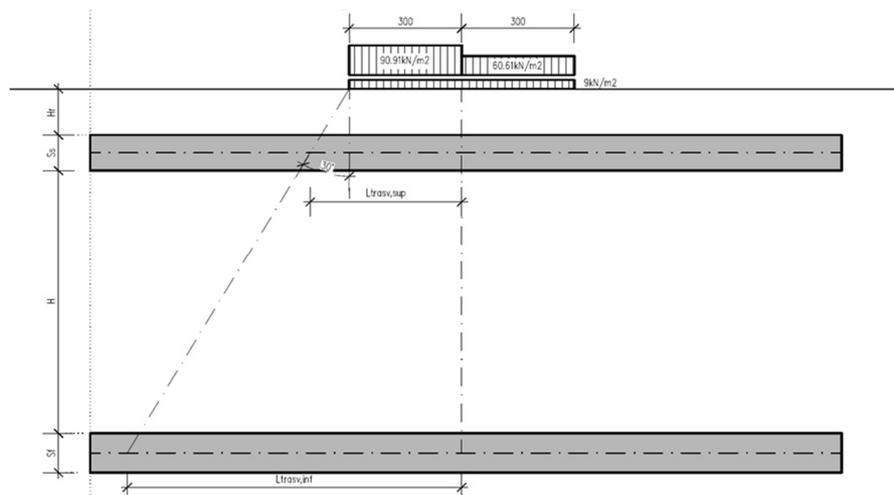
Progetto Definitivo

CA366

Relazione tecnica e di calcolo



SCHEMA DI DIFFUSIONE DEL CARICO TANDEM IN DIREZIONE TRASVERSALE



SCHEMA DI DIFFUSIONE DEL CARICO TANDEM IN DIREZIONE LONGITUDINALE

Per il calcolo delle azioni agenti sulle pareti dello scatolare, si considera il carico distribuito dovuto alla colonna di carico 1, limitando la diffusione del carico sul lato della seconda colonna di carico come schema seguente:

La larghezza di diffusione del carico tandem in direzione longitudinale è pari a:

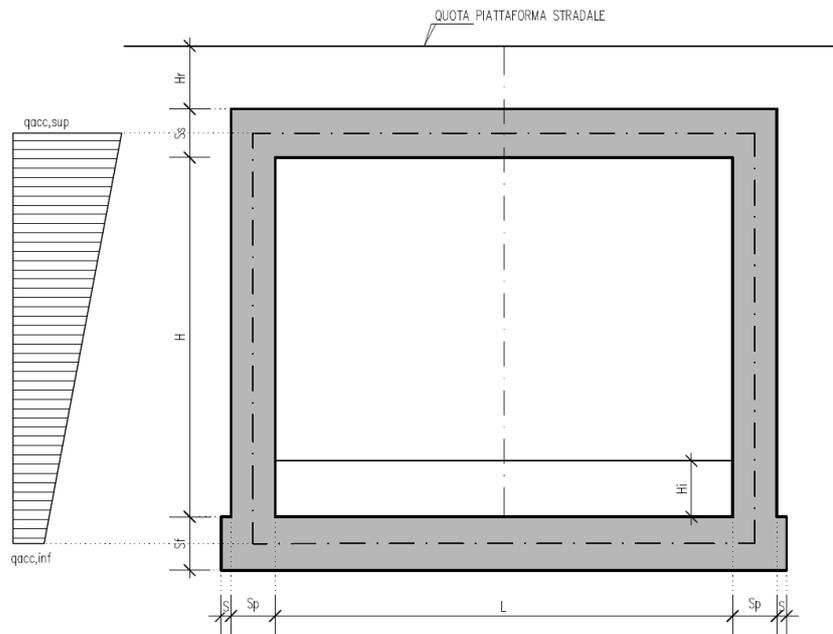
Nuova S.S.125/133bis Olbia-Palau Tratta Arzachena Nord - Palau, Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 - 1° stralcio, fino a Palau. Progetto Definitivo		
CA366	Relazione tecnica e di calcolo	

$$Ldt,sup = 3 \text{ m} + [\tan 30^\circ \times (Hr + Ss/2)] = 4.01 \text{ m}$$

$$Ldt,inf = 3 \text{ m} + 2 \times [\tan 30^\circ \times (Hr + Ss + H + Sf/2)] = 5.31 \text{ m}$$

9.1.9 Definizione dei carichi di progetto

Il diagramma di spinta applicato ai piedritti varia linearmente fra i valori $qacc,sup2$ e $qacc,sup1$ come esemplificato nella immagine seguente (spinta a riposo).



SPINTA SUL PIEDRITTO GENERATA DAL CARICO DA TRAFFICO

Il contributo dei carichi Tandem vale (spinta a riposo):

$$qacc,sup = 2 \times Q1,k \times (Ldt,sup \times Ldl,sup) \times k0 = 23.547 \text{ kN/m}^2$$

$$qacc,inf = 2 \times Q1,k \times (Ldt,inf \times Ldl,inf) \times k0 = 12.661 \text{ kN/m}^2$$

Gli effetti di queste spinte sono maggiori rispetto all'effetto del carico da 20 kN/m² a tergo del rilevato.

Non si considera la concomitanza della spinta sul piedritto dovuta al carico tandem con la sua presenza sulla soletta perché incompatibile concettualmente ai sensi della norma.

Nuova S.S.125/133bis Olbia-Palau Tratta Arzachena Nord - Palau, Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 - 1° stralcio, fino a Palau. Progetto Definitivo		
CA366	Relazione tecnica e di calcolo	

Si sovrappone invece l'effetto del carico uniforme distribuito da 9 kN/m² con la possibile presenza del tandem sul manufatto.

Spinta sul piedritto generata dal carico accidentale $q_{1k} = 9 \text{ kN/m}^2$ sul rilevato

Si considera la spinta sul piedritto del carico relativo al carico variabile costante di 9 kN/m² sia in condizioni di spinta attiva che di spinta a riposo.

Nelle condizioni di carico in oggetto si considera l'assenza del carico tandem:

$$p = k_0 \times q_{1k} = 0.505 \times 9 = 4.541 \text{ kN/m (spinta a riposo, piedritto sinistro/destro)}$$

9.1.10 Sovraccarichi accidentali sulla soletta di fondazione

Sulla soletta di fondazione si applicano unicamente i carichi provenienti dalla quantità di flusso che passerà all'interno della sezione, considerando come quota massima la stessa indicata nel franco all'interno degli elaborati esecutivi.

9.1.11 Carico da frenatura

La forza di frenatura q_3 è funzione del carico totale agente sulla corsia convenzionale n.1 e risulta pari a (si veda il paragrafo 5.1.3.5 del D.M. 17/01/2018):

$$180 \text{ kN} < q_3 = 0.6 \times 2 \times Q_{1k} + 0.10 \times q_{1k} \times w_1 \times L < 900 \text{ kN}$$

dove:

$$Q_{1k} = 300 \text{ kN}$$

$$q_{1k} = 9 \text{ kN/m}^2$$

$$w_1 = 3.00 \text{ m (larghezza della corsia)}$$

$$L = 2 \times S_p + B_i \text{ (larghezza della soletta compresi i piedritti)}$$

Nel caso in esame risulta:

Nuova S.S.125/133bis Olbia-Palau Tratta Arzachena Nord - Palau, Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 - 1° stralcio, fino a Palau. Progetto Definitivo		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA366	Relazione tecnica e di calcolo	

$$Fr = 367.56 \text{ kN}$$

L'azione di cui sopra, viene distribuita sulla soletta superiore dello scatolare; il valore della frenatura equivalente da applicare alla soletta, si ottiene distribuendo il valore del carico frenante, alla lunghezza della soletta e alla larghezza di diffusione del carico (Ldt), con la seguente relazione:

$$qf = 367.56 / 2.25 \cdot 4.27 = 47.14 \text{ kN/mq.}$$

9.1.12 Azione termica

Sono stati considerati gli effetti dovuti alle variazioni termiche. In particolare, è stata considerata una variazione termica uniforme di $\pm 10^\circ\text{C}$ sulla soletta superiore ed un salto termico di 5°C sulla soletta superiore e sui piedritti, analizzando nelle combinazioni di carico i due casi di intradosso più caldo dell'estradosso e viceversa agendo sul segno della sollecitazione, con andamento lineare nello spessore della soletta superiore e sui piedritti.

Per il coefficiente di dilatazione termica si assume:

$$a = 10 \cdot 10^{-6} = 0.00001 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

9.1.13 Ritiro

Si considera soggetta a fenomeni di ritiro la sola soletta superiore.

La deformazione totale da ritiro si può esprimere come:

$$ecs = ecd + eca$$

dove:

ecs è la deformazione totale per ritiro

Nuova S.S.125/133bis Olbia-Palau Tratta Arzachena Nord - Palau, Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 - 1° stralcio, fino a Palau. Progetto Definitivo		
CA366	Relazione tecnica e di calcolo	

ecd è la deformazione per ritiro da essiccamento

eca è la deformazione per ritiro autogeno.

Il valore medio a tempo infinito della deformazione per ritiro da essiccamento:

$$ecd_{,\infty} = kh^* ec0$$

Può essere valutato mediante i valori delle seguenti Tab. 11.2.Va-b (NTC) in funzione della resistenza caratteristica a compressione, dell'umidità relativa e del parametro h0:

fck	Deformazione da ritiro per essiccamento (in ‰)					
	Umidità relativa (in %)					
	20.00	40.00	60.00	80.00	90.00	100.00
20.00	-0.62	-0.58	-0.49	-0.30	-0.17	0.00
25.00	-0.59	-0.55	-0.46	-0.29	-0.16	0.00
28.00	-0.56	-0.53	-0.45	-0.28	-0.15	0.00
32.00	-0.54	-0.51	-0.42	-0.26	-0.15	0.00
40.00	-0.48	-0.46	-0.38	-0.24	-0.13	0.00
60.00	-0.38	-0.36	-0.30	-0.19	0.10	0.00
80.00	-0.30	-0.28	-0.24	-0.15	-0.07	0.00

Tabella valori ec0

h0 (mm)	kh
100	1
200	0.85
300	0.75
400	0.725
500	0.7

I valori intermedi dei parametri indicati in tabella si ottengono per l'interpolazione lineare.

Il valore medio a tempo infinito della deformazione per ritiro autogeno eca,¥ può essere valutato mediante l'espressione:

Nuova S.S.125/133bis Olbia-Palau Tratta Arzachena Nord - Palau, Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 - 1° stralcio, fino a Palau. Progetto Definitivo		
CA366	Relazione tecnica e di calcolo	

$$\varepsilon_{ca,\infty} = -2.5 \cdot (f_{ck} - 10) \cdot 10^{-6}$$

(con f_{ck} in N/mm²)

Assumendo come umidità relativa

$$U_r = 70\%$$

Si hanno i seguenti risultati:

coefficiente	$k_h = 0.70$
deformazione effettiva	$\varepsilon_{c0} = -0.357 \text{ ‰}$
ritiro da essiccamento	$\varepsilon_{cd,\infty} = -0.250 \text{ ‰}$
deformazione per ritiro autogeno	$\varepsilon_{ca,\infty} = -0.048 \text{ ‰}$
ritiro totale	$\varepsilon_{cs} = -0.398 \text{ ‰}$

si determina quindi la variazione termica equivalente:

coeff. espansione termica	$\alpha = 0.00001$
variazione termica $\Delta T = \varepsilon_{cs} / \alpha$	$\Delta T = -29.8 \text{ °C}$

Il modulo viscoso a tempo infinito, in considerazione del valore di h_0 , della resistenza del calcestruzzo e della U.R., può cautelativamente essere assunto pari a $\Phi (t = \infty) = 1.6$. Di conseguenza la variazione termica negativa equivalente applicata sarà

variazione termica equivalente	$\Delta T_{eq} = -11.4 \text{ °C}$
--------------------------------	------------------------------------

Nuova S.S.125/133bis Olbia-Palau Tratta Arzachena Nord - Palau, Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 - 1° stralcio, fino a Palau. Progetto Definitivo		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
CA366	<i>Relazione tecnica e di calcolo</i>	

9.2 RISULTATI

La metodologia di determinazione dei carichi vista al paragrafo precedente viene applicata per ciascun tombino. Nelle tabelle seguenti vengono riportati i valori di calcolo per ciascuna opera.

Nuova S.S.125/133bis Olbia-Palau Tratta Arzachena Nord - Palau, Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 - 1° stralcio, fino a Palau. Progetto Definitivo		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA366	Relazione tecnica e di calcolo	

ID TOMBINO : TM AP 01_01

DEFINIZIONE CARICHI

TIPOLOGIA	q [kg/mc]	Sp. [m]	Q [daN/mq]
Carico Stradale	2200	0,4	880
Carico terreno	1800	1	1800
Sovraccarico soletta inferiore	1000	1,4	1400
Sp. Terreno equivalente		1,49	2680,00

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

Spessore soletta	0.25	m	
Spessore platea	0.25	m	
Spessore piedritti	0.25	m	
Larghezza sezione interna	2	m	
Altezza sezione interna	2	m	
n. Corsie	2		
Quota sottoterra	1,4	m	

CARICO VEICOLARE SULLA SOLETTA SUPERIORE

Ldl	3,47	m	
Ldt	4,27	m	
Q	40,59		KN/mq
Q + 9	49,59		kN/m2
Q + 2.5	43,09		kN/m2
Ldl sup	3,21	m	
Ldl inf	4,51	m	
Ldl sup	4,01	m	
Ldl inf	5,31	m	

CARICO FRENATA

q3	367,56	KN
qf	47,13758079	KN/mq

SPINTE SUI PIEDRITTI PROVOCATE DAL TANDEM

	a riposo	attiva	
qacc sup	23,547	15,746	KN/mq
qacc inf	12,661	8,467	KN/mq

SPINTE SUI PIEDRITTI PROVOCATE DA CARICO ACCIDENTALE

	KN/mq	daN/cm2
a riposo P =	4.541	0.045
attiva P =	3.036	0.030

SPINTE SUI PIEDRITTI (CRESCENTE – CON AZIONE SISMICA)

nodo	del terreno – attiva daN/cm2	del terreno - a riposo daN/cm2	tandem – attiva daN/cm2	tandem - a riposo daN/cm2
0	0,206	0,250	0,357	0,477
1	0,211	0,273	0,289	0,390
2	0,216	0,295	0,221	0,302
3	0,222	0,317	0,153	0,214
4	0,227	0,340	0,085	0,127

Nuova S.S.125/133bis Olbia-Palau

Tratta Arzachena Nord - Palau, Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 - 1° stralcio, fino a Palau.

Progetto Definitivo



CA366

Relazione tecnica e di calcolo

ID TOMBINO : TM AP 01_02

DEFINIZIONE CARICHI

TIPOLOGIA	q [kg/mc]	Sp. [m]	Q [daN/mq]
Carico Stradale	2200	0,4	880
Carico terreno	1800	0,6	1080
Sovraccarico soletta inferiore	1000	1,4	1400
Sp. Terreno equivalente		1,09	1960

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

Spessore soletta	0.25	m	
Spessore platea	0.25	m	
Spessore piedritti	0.25	m	
Larghezza sezione interna	2	m	
Altezza sezione interna	2	m	
n. Corsie	2		
Quota sottoterra	1,4	m	

CARICO VEICOLARE SULLA SOLETTA SUPERIORE

Ldl	3,00	m	
Ldt	3,80	m	
Q	52,51	KN/mq	
Q + 9	61,51	kN/m2	
Q + 2.5	55,01	kN/m2	
Ldl sup	2,98	m	
Ldl inf	4,28	m	
Ldl sup	3,78	m	
Ldl inf	5,08	m	

CARICO FRENATA

q3	367,56	KN
qf	54,38082557	KN/mq

SPINTE SUI PIEDRITTI PROVOCATE DAL TANDEM

	a riposo	attiva	
qacc sup	26,923	18,003	KN/mq
qacc inf	13,952	9,329	KN/mq

SPINTE SUI PIEDRITTI PROVOCATE DA CARICO ACCIDENTALE

	KN/mq	daN/cm2
a riposo P =	4,541	0.045
attiva P =	3,036	0.030

SPINTE SUI PIEDRITTI (CRESCENTE – CON AZIONE SISMICA)

nodo	del terreno – attiva daN/cm2	del terreno - a riposo daN/cm2	tandem – attiva daN/cm2	tandem - a riposo daN/cm2
0	0,265	0,297	0,472	0,607
1	0,249	0,299	0,377	0,490
2	0,234	0,300	0,283	0,373
3	0,218	0,302	0,188	0,256
4	0,203	0,303	0,093	0,140

Nuova S.S.125/133bis Olbia-Palau Tratta Arzachena Nord - Palau, Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 - 1° stralcio, fino a Palau. Progetto Definitivo		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA366	Relazione tecnica e di calcolo	

ID TOMBINO : TM AP 02_04

DEFINIZIONE CARICHI

TIPOLOGIA	q [kg/mc]	Sp. [m]	Q [daN/mq]
Carico Stradale	2200	0,4	880
Carico terreno	1800	1,9	2700
Sovraccarico soletta inferiore	1000	1,4	1400
Sp. Terreno equivalente		2,39	4300

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

Spessore soletta	0.25	m	
Spessore platea	0.25	m	
Spessore piedritti	0.25	m	
Larghezza sezione interna	2	m	
Altezza sezione interna	2	m	
n. Corsie	2+2+2		
Quota sottoterra	1.9	m	

CARICO VEICOLARE SULLA SOLETTA SUPERIORE

Ldl	4,50	m
Ldt	5,30	m
Q	25,11	KN/mq
Q + 9	34,11	kN/m2
Q + 2.5	27,61	kN/m2
Ldl sup	3,73	m
Ldl inf	5,03	m
Ldl sup	4,53	m
Ldl inf	5,83	m

CARICO FRENATA

q3	367,56	KN
qf	36,26837174	KN/mq

SPINTE SUI PIEDRITTI PROVOCATE DAL TANDEM

	a riposo	attiva	
qacc sup	17,941	11,997	KN/mq
qacc inf	10,341	6,915	KN/mq

SPINTE SUI PIEDRITTI PROVOCATE DA CARICO ACCIDENTALE

	KN/mq	daN/cm2
a riposo P =	4,541	0.045
attiva P =	3,036	0.030

SPINTE SUI PIEDRITTI (CRESCENTE – CON AZIONE SISMICA)

nodo	del terreno – attiva daN/cm2	del terreno - a riposo daN/cm2	tandem – attiva daN/cm2	tandem - a riposo daN/cm2
0	0,344	0,415	0,388	0,481
1	0,328	0,417	0,308	0,387
2	0,313	0,418	0,228	0,292
3	0,297	0,420	0,149	0,198
4	0,282	0,421	0,069	0,103

Nuova S.S.125/133bis Olbia-Palau Tratta Arzachena Nord - Palau, Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 - 1° stralcio, fino a Palau. Progetto Definitivo		
CA366	Relazione tecnica e di calcolo	

ID TOMBINO : TM AP 02_05
DEFINIZIONE CARICHI

TIPOLOGIA	q [kg/mc]	Sp. [m]	Q [daN/mq]
Carico Stradale	2200	0,4	880
Carico terreno	1800	1,5	2700
Sovraccarico soletta inferiore	1000	1,4	1400
Sp. Terreno equivalente		1,988888889	3580

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

Spessore soletta	0.25	m	
Spessore platea	0.25	m	
Spessore piedritti	0.25	m	
Larghezza sezione interna	2	m	
Altezza sezione interna	2	m	
n. Corsie	2+2+2		
Quota sottoterra	1.9	m	

CARICO VEICOLARE SULLA SOLETTA SUPERIORE

Ldl	4,04	m
Ldt	4,84	m
Q	30,65	KN/mq
Q + 9	39,65	kN/m2
Q + 2.5	33,15	kN/m2
Ldl sup	3,50	m
Ldl inf	4,79	m
Ldl sup	4,30	m
Ldl inf	5,59	m

CARICO FRENATA

q3	367,56	KN
qf	40,40963736	KN/mq

SPINTE SUI PIEDRITTI PROVOCATE DAL TANDEM

	a riposo	attiva	
qacc sup	20,153	13,476	KN/mq
qacc inf	11,286	7,547	KN/mq

SPINTE SUI PIEDRITTI PROVOCATE DA CARICO ACCIDENTALE

	KN/mq	daN/cm2
a riposo P =	4,541	0.045
attiva P =	3,036	0.030

SPINTE SUI PIEDRITTI (CRESCENTE – CON AZIONE SISMICA)

nodo	del terreno – attiva daN/cm2	del terreno - a riposo daN/cm2	tandem – attiva daN/cm2	tandem - a riposo daN/cm2
0	0,319	0,379	0,409	0,513
1	0,304	0,381	0,325	0,413
2	0,288	0,382	0,242	0,313
3	0,273	0,383	0,159	0,213
4	0,257	0,385	0,075	0,113

Nuova S.S.125/133bis Olbia-Palau Tratta Arzachena Nord - Palau, Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 - 1° stralcio, fino a Palau. Progetto Definitivo		
CA366	Relazione tecnica e di calcolo	

ID TOMBINO : TM_AP02_06				
DEFINIZIONE CARICHI				
TIPOLOGIA	q [kg/mc]	Sp. [m]	Q [daN/mq]	
Carico Stradale	2200	0,4	880	
Carico terreno	1800	0,6	1080	
Sovraccarico soletta inferiore	1000	1,4	1400	
Sp. Terreno equivalente		1,088888889	1960	
CARATTERISTICHE GEOMETRICHE				
Spessore soletta	0.25	m		
Spessore platea	0.25	m		
Spessore piedritti	0.25	m		
Larghezza sezione interna	2	m		
Altezza sezione interna	2	m		
n. Corsie	2+2			
Quota sottoterra	1	m		
CARICO VEICOLARE SULLA SOLETTA SUPERIORE				
Ldl	3,00		m	
Ldt	3,80		m	
Q	52,51		KN/mq	
Q + 9	61,51		kN/m2	
Q + 2.5	55,01		kN/m2	
Ldl sup	2,98		m	
Ldl inf	4,28		m	
Ldl sup	3,78		m	
Ldl inf	5,08		m	
CARICO FRENATA				
q3	367,56		KN	
qf	54,38082557		KN/mq	
SPINTE SUI PIEDRITTI PROVOCATE DAL TANDEM				
	a riposo	attiva		
qacc sup	26,923	18,003	KN/mq	
qacc inf	13,952	9,329	KN/mq	
SPINTE SUI PIEDRITTI PROVOCATE DA CARICO ACCIDENTALE				
		KN/mq	daN/cm2	
a riposo P =		4,541	0.045	
attiva P =		3,036	0.030	
SPINTE SUI PIEDRITTI (CRESCENTE – CON AZIONE SISMICA)				
nodo	del terreno – attiva daN/cm2	del terreno - a riposo daN/cm2	tandem – attiva daN/cm2	tandem - a riposo daN/cm2
0	0,265	0,297	0,472	0,607
1	0,249	0,299	0,377	0,490
2	0,234	0,300	0,283	0,373
3	0,218	0,302	0,188	0,256
4	0,203	0,303	0,093	0,140

Nuova S.S.125/133bis Olbia-Palau Tratta Arzachena Nord - Palau, Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 - 1° stralcio, fino a Palau. Progetto Definitivo		
CA366	Relazione tecnica e di calcolo	

ID TOMBINO :				
DEFINIZIONE CARICHI				
TIPOLOGIA	q [kg/mc]	Sp. [m]	Q [daN/mq]	
Carico Stradale	2200	0,4	880	
Carico terreno	1800	3,4	6120	
Sovraccarico soletta inferiore	1000	1,4	1400	
Sp. Terreno equivalente		3,88888889	7000	
CARATTERISTICHE GEOMETRICHE				
Spessore soletta	0.25	m		
Spessore platea	0.25	m		
Spessore piedritti	0.25	m		
Larghezza sezione interna	2	m		
Altezza sezione interna	2	m		
n. Corsie	2+2			
Quota sottoterra	3,8	m		
CARICO VEICOLARE SULLA SOLETTA SUPERIORE				
Ldl	6,24		m	
Ldt	7,04		m	
Q	13,68		KN/mq	
Q + 9	22,68		kN/m2	
Q + 2.5	16,18		kN/m2	
Ldl sup	4,59		m	
Ldl inf	5,89		m	
Ldl sup	5,39		m	
Ldl inf	6,69		m	
CARICO FRENATA				
q3	367,56		KN	
qf	26,19964075		KN/mq	
SPINTE SUI PIEDRITTI PROVOCATE DAL TANDEM				
	a riposo	attiva		
qacc sup	12,223	8,174	KN/mq	
qacc inf	7,680	5,136	KN/mq	
SPINTE SUI PIEDRITTI PROVOCATE DA CARICO ACCIDENTALE				
	KN/mq	daN/cm2		
a riposo P =	4,541	0.045		
attiva P =	3,036	0.030		
SPINTE SUI PIEDRITTI (CRESCENTE – CON AZIONE SISMICA)				
nodo	del terreno – attiva daN/cm2	del terreno - a riposo daN/cm2	tandem – attiva daN/cm2	tandem - a riposo daN/cm2
0	0,435	0,552	0,332	0,398
1	0,419	0,553	0,262	0,317
2	0,404	0,555	0,191	0,237
3	0,388	0,556	0,121	0,157
4	0,373	0,558	0,051	0,077

Nuova S.S.125/133bis Olbia-Palau

Tratta Arzachena Nord - Palau, Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 - 1° stralcio, fino a Palau.

Progetto Definitivo



CA366

Relazione tecnica e di calcolo

ID TOMBINO :

DEFINIZIONE CARICHI

TIPOLOGIA	q [kg/mc]	Sp. [m]	Q [daN/mq]
Carico Stradale	2200	0,4	880
Carico terreno	1800	1,7	3060
Sovraccarico soletta inferiore	1000	1,4	1400
Sp. Terreno equivalente		2,188888889	3940

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

Spessore soletta	0.25	m	
Spessore platea	0.25	m	
Spessore piedritti	0.25	m	
Larghezza sezione interna	2	m	
Altezza sezione interna	2	m	
n. Corsie	2		
Quota sottoterra	2.1	m	

CARICO VEICOLARE SULLA SOLETTA SUPERIORE

Ldl	4,27	m	
Ldt	5,07	m	
Q	27,67		KN/mq
Q + 9	36,67		kN/m2
Q + 2.5	30,17		kN/m2
Ldl sup	3,61	m	
Ldl inf	4,91	m	
Ldl sup	4,41	m	
Ldl inf	5,71	m	

CARICO FRENATA

q3	367,56	KN
qf	38,22717274	KN/mq

SPINTE SUI PIEDRITTI PROVOCATE DAL TANDEM

	a riposo	attiva	
qacc sup	18,999	12,704	KN/mq
qacc inf	10,798	7,220	KN/mq

SPINTE SUI PIEDRITTI PROVOCATE DA CARICO ACCIDENTALE

	KN/mq	daN/cm2
a riposo P =	4,541	0.045
attiva P =	3,036	0.030

SPINTE SUI PIEDRITTI (CRESCENTE – CON AZIONE SISMICA)

nodo	del terreno – attiva daN/cm2	del terreno - a riposo daN/cm2	tandem – attiva daN/cm2	tandem - a riposo daN/cm2
0	0,331	0,397	0,398	0,496
1	0,316	0,399	0,316	0,399
2	0,300	0,400	0,235	0,302
3	0,285	0,402	0,154	0,205
4	0,270	0,403	0,072	0,108

Nuova S.S.125/133bis Olbia-Palau Tratta Arzachena Nord - Palau, Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 - 1° stralcio, fino a Palau. Progetto Definitivo		
CA366	Relazione tecnica e di calcolo	

ID TOMBINO : TM_AP02_08				
DEFINIZIONE CARICHI				
TIPOLOGIA	q [kg/mc]	Sp. [m]	Q [daN/mq]	
Carico Stradale	2200	0,4	880	
Carico terreno	1800	2,2	3960	
Sovraccarico soletta inferiore	1000	1,4	1400	
Sp. Terreno equivalente		2,68888889	4840	
CARATTERISTICHE GEOMETRICHE				
Spessore soletta	0.25	m		
Spessore platea	0.25	m		
Spessore piedritti	0.25	m		
Larghezza sezione interna	2	m		
Altezza sezione interna	2	m		
n. Corsie	2			
Quota sottoterra	2,6	m		
CARICO VEICOLARE SULLA SOLETTA SUPERIORE				
Ldl	4,85		m	
Ldt	5,65		m	
Q	21,89		KN/mq	
Q + 9	30,89		kN/m2	
Q + 2.5	24,39		kN/m2	
Ldl sup	3,90		m	
Ldl inf	5,20		m	
Ldl sup	4,70		m	
Ldl inf	6,00		m	
CARICO FRENATA				
q3	367,56		KN	
qf	33,67969652		KN/mq	
SPINTE SUI PIEDRITTI PROVOCATE DAL TANDEM				
	a riposo	attiva		
qacc sup	16,514	11,043	KN/mq	
qacc inf	9,708	6,492	KN/mq	
SPINTE SUI PIEDRITTI PROVOCATE DA CARICO ACCIDENTALE				
		KN/mq	daN/cm2	
a riposo P =		4,541	0.045	
attiva P =		3,036	0.030	
SPINTE SUI PIEDRITTI (CRESCENTE – CON AZIONE SISMICA)				
nodo	del terreno – attiva daN/cm2	del terreno - a riposo daN/cm2	tandem – attiva daN/cm2	tandem - a riposo daN/cm2
0	0,362	0,443	0,374	0,461
1	0,346	0,444	0,297	0,370
2	0,331	0,446	0,219	0,279
3	0,315	0,447	0,142	0,188
4	0,300	0,449	0,065	0,097

Nuova S.S.125/133bis Olbia-Palau Tratta Arzachena Nord - Palau, Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 - 1° stralcio, fino a Palau. Progetto Definitivo		
CA366	Relazione tecnica e di calcolo	

ID TOMBINO : TM_AP02_09				
DEFINIZIONE CARICHI				
TIPOLOGIA	q [kg/mc]	Sp. [m]	Q [daN/mq]	
Carico Stradale	2200	0,4	880	
Carico terreno	1800	0,9	1620	
Sovraccarico soletta inferiore	1000	1,4	1400	
Sp. Terreno equivalente		1,388888889	2500	
CARATTERISTICHE GEOMETRICHE				
Spessore soletta	0.25	m		
Spessore platea	0.25	m		
Spessore piedritti	0.25	m		
Larghezza sezione interna	2	m		
Altezza sezione interna	2	m		
n. Corsie	2+2			
Quota sottoterra	1.3	m		
CARICO VEICOLARE SULLA SOLETTA SUPERIORE				
Ldl	3,35		m	
Ldt	4,15		m	
Q	43,15		KN/mq	
Q + 9	52,15		kN/m2	
Q + 2.5	45,65		kN/m2	
Ldl sup	3,15		m	
Ldl inf	4,45		m	
Ldl sup	3,95		m	
Ldl inf	5,25		m	
CARICO FRENATA				
q3	367,56		KN	
qf	48,76126798		KN/mq	
SPINTE SUI PIEDRITTI PROVOCATE DAL TANDEM				
	a riposo	attiva		
qacc sup	24,329	16,268	KN/mq	
qacc inf	12,967	8,671	KN/mq	
SPINTE SUI PIEDRITTI PROVOCATE DA CARICO ACCIDENTALE				
		KN/mq	daN/cm2	
a riposo P =		4,541	0.045	
attiva P =		3,036	0.030	
SPINTE SUI PIEDRITTI (CRESCENTE – CON AZIONE SISMICA)				
nodo	del terreno – attiva daN/cm2	del terreno - a riposo daN/cm2	tandem – attiva daN/cm2	tandem - a riposo daN/cm2
0	0,283	0,325	0,448	0,571
1	0,267	0,326	0,358	0,461
2	0,252	0,328	0,267	0,351
3	0,236	0,329	0,177	0,240
4	0,221	0,330	0,087	0,130

Nuova S.S.125/133bis Olbia-Palau Tratta Arzachena Nord - Palau, Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 - 1° stralcio, fino a Palau. Progetto Definitivo		
CA366	Relazione tecnica e di calcolo	

ID TOMBINO : TM_AP02_10				
DEFINIZIONE CARICHI				
TIPOLOGIA	q [kg/mc]	Sp. [m]	Q [daN/mq]	
Carico Stradale	2200	0,4	880	
Carico terreno	1800	0,45	810	
Sovraccarico soletta inferiore	1000	1,4	1400	
Sp. Terreno equivalente		0,938888889	1690	
CARATTERISTICHE GEOMETRICHE				
Spessore soletta	0.25	m		
Spessore platea	0.25	m		
Spessore piedritti	0.25	m		
Larghezza sezione interna	2	m		
Altezza sezione interna	2	m		
n. Corsie	2			
Quota sottoterra	0,85	m		
CARICO VEICOLARE SULLA SOLETTA SUPERIORE				
Ldl	2,83		m	
Ldt	3,63		m	
Q	58,37		KN/mq	
Q + 9	67,37		kN/m2	
Q + 2.5	60,87		kN/m2	
Ldl sup	2,89		m	
Ldl inf	4,19		m	
Ldl sup	3,69		m	
Ldl inf	4,99		m	
CARICO FRENATA				
q3	367,56		KN	
qf	57,70602988		KN/mq	
SPINTE SUI PIEDRITTI PROVOCATE DAL TANDEM				
	a riposo	attiva		
qacc sup	28,379	18,977	KN/mq	
qacc inf	14,487	9,687	KN/mq	
SPINTE SUI PIEDRITTI PROVOCATE DA CARICO ACCIDENTALE				
		KN/mq	daN/cm2	
a riposo P =		4,541	0.045	
attiva P =		3,036	0.030	
SPINTE SUI PIEDRITTI (CRESCENTE – CON AZIONE SISMICA)				
nodo	del terreno – attiva daN/cm2	del terreno - a riposo daN/cm2	tandem – attiva daN/cm2	tandem - a riposo daN/cm2
0	0,255	0,284	0,485	0,627
1	0,240	0,285	0,388	0,507
2	0,225	0,287	0,291	0,386
3	0,209	0,288	0,194	0,265
4	0,194	0,290	0,097	0,145

Nuova S.S.125/133bis Olbia-Palau Tratta Arzachena Nord - Palau, Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 - 1° stralcio, fino a Palau. Progetto Definitivo		
CA366	Relazione tecnica e di calcolo	

ID TOMBINO : TM_AP02_11				
DEFINIZIONE CARICHI				
TIPOLOGIA	q [kg/mc]	Sp. [m]	Q [daN/mq]	
Carico Stradale	2200	0,4	880	
Carico terreno	1800	0,9	1620	
Sovraccarico soletta inferiore	1000	1,4	1400	
Sp. Terreno equivalente		1,388888889	2500	
CARATTERISTICHE GEOMETRICHE				
Spessore soletta	0.25	m		
Spessore platea	0.25	m		
Spessore piedritti	0.25	m		
Larghezza sezione interna	2	m		
Altezza sezione interna	2	m		
n. Corsie	2			
Quota sottoterra	1,3	m		
CARICO VEICOLARE SULLA SOLETTA SUPERIORE				
Ldl	3,35		m	
Ldt	4,15		m	
Q	43,15		KN/mq	
Q + 9	52,15		kN/m2	
Q + 2.5	45,65		kN/m2	
Ldl sup	3,15		m	
Ldl inf	4,45		m	
Ldl sup	3,95		m	
Ldl inf	5,25		m	
CARICO FRENATA				
q3	367,56		KN	
qf	48,76126798		KN/mq	
SPINTE SUI PIEDRITTI PROVOCATE DAL TANDEM				
	a riposo	attiva		
qacc sup	24,329	16,268	KN/mq	
qacc inf	12,967	8,671	KN/mq	
SPINTE SUI PIEDRITTI PROVOCATE DA CARICO ACCIDENTALE				
		KN/mq	daN/cm2	
a riposo P =		4,541	0.045	
attiva P =		3,036	0.030	
SPINTE SUI PIEDRITTI (CRESCENTE – CON AZIONE SISMICA)				
nodo	del terreno – attiva daN/cm2	del terreno - a riposo daN/cm2	tandem – attiva daN/cm2	tandem - a riposo daN/cm2
0	0,283	0,325	0,448	0,571
1	0,267	0,326	0,358	0,461
2	0,252	0,328	0,267	0,351
3	0,236	0,329	0,177	0,240
4	0,221	0,330	0,087	0,130

Nuova S.S.125/133bis Olbia-Palau Tratta Arzachena Nord - Palau, Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 - 1° stralcio, fino a Palau. Progetto Definitivo		
CA366	Relazione tecnica e di calcolo	

ID TOMBINO : TM_AP02_12				
DEFINIZIONE CARICHI				
TIPOLOGIA	q [kg/mc]	Sp. [m]	Q [daN/mq]	
Carico Stradale	2200	0,4	880	
Carico terreno	1800	1,3	2340	
Sovraccarico soletta inferiore	1000	1,4	1400	
Sp. Terreno equivalente		1,788888889	3220	
CARATTERISTICHE GEOMETRICHE				
Spessore soletta	0.25	m		
Spessore platea	0.25	m		
Spessore piedritti	0.25	m		
Larghezza sezione interna	2	m		
Altezza sezione interna	2	m		
n. Corsie	2+2			
Quota sottoterra	1,7	m		
CARICO VEICOLARE SULLA SOLETTA SUPERIORE				
Ldl	3,81		m	
Ldt	4,61		m	
Q	34,13		KN/mq	
Q + 9	43,13		kN/m2	
Q + 2.5	36,63		kN/m2	
Ldl sup	3,38		m	
Ldl inf	4,68		m	
Ldl sup	4,18		m	
Ldl inf	5,48		m	
CARICO FRENATA				
q3	367,56		KN	
qf	42,85639331		KN/mq	
SPINTE SUI PIEDRITTI PROVOCATE DAL TANDEM				
	a riposo	attiva		
qacc sup	21,416	14,321	KN/mq	
qacc inf	11,808	7,896	KN/mq	
SPINTE SUI PIEDRITTI PROVOCATE DA CARICO ACCIDENTALE				
		KN/mq	daN/cm2	
a riposo P =		4,541	0.045	
attiva P =		3,036	0.030	
SPINTE SUI PIEDRITTI (CRESCENTE – CON AZIONE SISMICA)				
nodo	del terreno – attiva daN/cm2	del terreno - a riposo daN/cm2	tandem – attiva daN/cm2	tandem - a riposo daN/cm2
0	0,307	0,361	0,421	0,531
1	0,292	0,362	0,335	0,428
2	0,276	0,364	0,250	0,324
3	0,261	0,365	0,164	0,221
4	0,245	0,367	0,079	0,118

Nuova S.S.125/133bis Olbia-Palau Tratta Arzachena Nord - Palau, Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 - 1° stralcio, fino a Palau. Progetto Definitivo		
CA366	Relazione tecnica e di calcolo	

ID TOMBINO : TM_AP02_13				
DEFINIZIONE CARICHI				
TIPOLOGIA	q [kg/mc]	Sp. [m]	Q [daN/mq]	
Carico Stradale	2200	0,4	880	
Carico terreno	1800	2,6	4680	
Sovraccarico soletta inferiore	1000	1,4	1400	
Sp. Terreno equivalente		3,088888889	5560	
CARATTERISTICHE GEOMETRICHE				
Spessore soletta	0.25	m		
Spessore platea	0.25	m		
Spessore piedritti	0.25	m		
Larghezza sezione interna	2	m		
Altezza sezione interna	2	m		
n. Corsie	2+2+2			
Quota sottoterra	3	m		
CARICO VEICOLARE SULLA SOLETTA SUPERIORE				
Ldl	5,31		m	
Ldt	6,11		m	
Q	18,48		KN/mq	
Q + 9	27,48		kN/m2	
Q + 2.5	20,98		kN/m2	
Ldl sup	4,13		m	
Ldl inf	5,43		m	
Ldl sup	4,93		m	
Ldl inf	6,23		m	
CARICO FRENATA				
q3	367,56		KN	
qf	30,75301205		KN/mq	
SPINTE SUI PIEDRITTI PROVOCATE DAL TANDEM				
	a riposo	attiva		
qacc sup	14,861	9,938	KN/mq	
qacc inf	8,951	5,985	KN/mq	
SPINTE SUI PIEDRITTI PROVOCATE DA CARICO ACCIDENTALE				
		KN/mq	daN/cm2	
a riposo P =		4,541	0.045	
attiva P =		3,036	0.030	
SPINTE SUI PIEDRITTI (CRESCENTE – CON AZIONE SISMICA)				
nodo	del terreno – attiva daN/cm2	del terreno - a riposo daN/cm2	tandem – attiva daN/cm2	tandem - a riposo daN/cm2
0	0,386	0,479	0,358	0,437
1	0,371	0,480	0,283	0,350
2	0,355	0,482	0,209	0,263
3	0,340	0,483	0,134	0,176
4	0,324	0,485	0,060	0,090

Nuova S.S.125/133bis Olbia-Palau Tratta Arzachena Nord - Palau, Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 - 1° stralcio, fino a Palau. Progetto Definitivo		
CA366	Relazione tecnica e di calcolo	

ID TOMBINO : TM_AP02_14				
DEFINIZIONE CARICHI				
TIPOLOGIA	q [kg/mc]	Sp. [m]	Q [daN/mq]	
Carico Stradale	2200	0,4	880	
Carico terreno	1800	0,6	1080	
Sovraccarico soletta inferiore	1000	1,4	1400	
Sp. Terreno equivalente		1,088888889	1960	
CARATTERISTICHE GEOMETRICHE				
Spessore soletta	0.25	m		
Spessore platea	0.25	m		
Spessore piedritti	0.25	m		
Larghezza sezione interna	2	m		
Altezza sezione interna	2	m		
n. Corsie	2			
Quota sottoterra	1	m		
CARICO VEICOLARE SULLA SOLETTA SUPERIORE				
Ldl	3,00		m	
Ldt	3,80		m	
Q	52,51		KN/mq	
Q + 9	61,51		kN/m2	
Q + 2.5	55,01		kN/m2	
Ldl sup	2,98		m	
Ldl inf	4,28		m	
Ldl sup	3,78		m	
Ldl inf	5,08		m	
CARICO FRENATA				
q3	367,56		KN	
qf	54,38082557		KN/mq	
SPINTE SUI PIEDRITTI PROVOCATE DAL TANDEM				
	a riposo	attiva		
qacc sup	a riposo	attiva	KN/mq	
qacc inf	26,923	18,003	KN/mq	
SPINTE SUI PIEDRITTI PROVOCATE DA CARICO ACCIDENTALE				
		KN/mq	daN/cm2	
a riposo P =		4,541	0.045	
attiva P =		3,036	0.030	
SPINTE SUI PIEDRITTI (CRESCENTE – CON AZIONE SISMICA)				
nodo	del terreno – attiva daN/cm2	del terreno - a riposo daN/cm2	tandem – attiva daN/cm2	tandem - a riposo daN/cm2
0	0,265	0,297	0,472	0,607
1	0,249	0,299	0,377	0,490
2	0,234	0,300	0,283	0,373
3	0,218	0,302	0,188	0,256
4	0,203	0,303	0,093	0,140

Nuova S.S.125/133bis Olbia-Palau Tratta Arzachena Nord - Palau, Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 - 1° stralcio, fino a Palau. Progetto Definitivo		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA366	Relazione tecnica e di calcolo	

10. ANALISI E VERIFICA DEI MURI LATERALI DI IMBOCCO/SBOCCO

Nel seguente paragrafo verrà riportata la verifica per i muri di sostegno di imbocco/sbocco dei tombini maggiormente sollecitati. Si riportano le caratteristiche dei materiali e le scelte progettuali (diametro e passo delle armature), dunque le verifiche effettuate dal risolutore automatico con la loro descrizione secondo il riferimento normativo. Date le configurazioni geometriche riportate negli elaborati grafici di progetto si considera, in termini cautelativi, come sezione di verifica quella del paramento verticale di imbocco/sbocco, ipotizzato pieno (in assenza, dunque, del foro di ingresso/uscita del tombino) e sollecitato dalle spinte del rilevato per tutta la sua altezza. Le spinte del carico stradale non interessano tali muri in quanto la propagazione delle tensioni dovute ad esse negli strati di terreno non va a toccare le sagome dei muri. Definite le armature di progetto dei paramenti di imbocco viene applicata per i muri trasversali ad esso i quali risultano automaticamente verificati in quanto aventi medesimo spessore e armature e quote del terreno spingente via via minori. Ai fini del calcolo si è considerata una lunghezza del muro di sostegno di 1 m.

Si specificano le caratteristiche dell'opera:

Materiali utilizzati

Peso specifico del muro $\gamma_m = 2500 \text{ kg/m}^3$

Caratteristiche calcestruzzo

Resistenza caratteristica $R_{ck} = 300 \text{ Kg/cm}^2$

Resistenza di calcolo a compressione $f_{cd} = 156 \text{ Kg/cm}^2$

Caratteristiche armature

Tipo acciaio B 450 C

Resistenza di calcolo $f_{yd} = 3913 \text{ Kg/cm}^2$

Caratteristiche geotecniche dei terreni

Terreno a valle del muro

Peso specifico $\gamma_{tv} = 1800 \text{ kg/m}^3$

Angolo di attrito $\varphi_v = 29.70^\circ$

Angolo di attrito terra-muro $\delta_v = 24.33^\circ$

Coesione $c'_v = 16400 \text{ kg/m}^2$

Nuova S.S.125/133bis Olbia-Palau Tratta Arzachena Nord - Palau, Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 - 1° stralcio, fino a Palau. Progetto Definitivo		
CA366	Relazione tecnica e di calcolo	

Terreno di fondazione del muro

Peso specifico	$\gamma_{tf} =$	1800 kg/m ³
Angolo di attrito	$\varphi_f =$	29.70 °
Coesione	$c'_f =$	16400 kg/m ²

Terreno a monte del muro

Peso specifico	$\gamma_{tm} =$	1800 kg/m ³
Angolo di attrito	$\varphi_m =$	29.70 °
Angolo di attrito terra-muro	$\delta_m =$	24.33 °
Coesione	$c'_m =$	16400 kg/m ²

Nei paragrafi successivi vengono indicati i criteri di modellazione e verifica. La soluzione così determinata può essere applicata, previo adattamento geometrico e delle lunghezze delle armature, ad ogni configurazione di imbocco/sbocco dei tombini.

CRITERI DI MODELLAZIONE

- Poi si vuole considerare il muro di sostegno separatamente rispetto al tombino (sebbene questi continuo senza soluzione di continuità) viene considerato, per la sezione di verifica del muro di sostegno, una platea di base avente 1 metro sia lato terreno sia dal lato opposto al fine di simulare anche la presenza del tombino e del suo contributo alla stabilità dell'opera. Tale platea verrà effettivamente realizzata a tergo del muro per tutto il suo sviluppo oltre la porzione occupata dal tombino.
- Si considera come riferimento progettuale la sezione del muro di sostegno non rastremata. In fase di progettazione esecutiva verrà previsto l'adattamento del layout di armature allo sviluppo geometrico effettivo delle opere.

10.1 Descrizione della normativa e del metodo di calcolo

Le verifiche geotecniche e di resistenza vengono eseguite secondo i dettami del D.M. 17 gennaio 2018: la

Nuova S.S.125/133bis Olbia-Palau Tratta Arzachena Nord - Palau, Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 - 1° stralcio, fino a Palau. Progetto Definitivo		
CA366	Relazione tecnica e di calcolo	

verifica di stabilità globale viene effettuata secondo l'approccio DA1-C2 (A2+M2+R2) mentre le rimanenti verifiche (scorrimento, carico limite, ribaltamento e di resistenza) vengono effettuate secondo l'approccio DA2 (A1+M1+R3). Le verifiche per azioni sismiche vengono effettuate ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici: l'analisi in condizioni sismiche viene eseguita utilizzando il metodo pseudo-statico.

Parametri per la determinazione dei carichi derivanti da sisma

Località:	PALAU (SS)	
Vita nominale	$V_N =$	50 anni
Tipo di costruzione	tipo =	2
Classe d'uso	$Cl_U =$	IV
Coefficiente d'uso	$C_U =$	2.0
Periodo di riferimento	$V_R =$	100 anni
Probabilità di superamento	$P_{Vr} =$	10%
Periodo di ritorno	$T_R =$	949 anni
Accelerazione orizzontale massima	$a_g =$	0.0599 g
Lo spettro di risposta utilizzato è quello definito dalla normativa		
Accelerazione orizzontale massima	$a_g =$	0.0599 g
Categoria di sottosuolo	suolo =	D
Coefficiente di amplificazione stratigrafica	$S_S =$	1.80000
Categoria topografica	$C_T =$	T1
Coefficiente di amplificazione topografica	$S_T =$	1.00000
Coefficienti di riduzione dell'accelerazione orizzontale massima		
verifiche locali	$\beta_m^* =$	1.00000
verifica di stabilità globale	$\beta_s =$	0.20000
Coefficienti sismici per le verifiche locali		
orizzontale	$k_h =$	0.10782
verticale	$k_v =$	0.05391
Coefficienti sismici per le verifiche di stabilità globale		

Nuova S.S.125/133bis Olbia-Palau Tratta Arzachena Nord - Palau, Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 - 1° stralcio, fino a Palau. Progetto Definitivo		
CA366	Relazione tecnica e di calcolo	

orizzontale $k_h = 0.02156$

verticale $k_v = 0.01078$

* Il muro non è in grado di subire spostamenti relativi rispetto al terreno.

Coefficienti parziali per le azioni

Tipo CMB	γ_{G1max}	γ_{G1min}	γ_{G2max}	γ_{G2min}	γ_Q/ψ_{2i}
DA2 (A1)	1.30	1.00	1.50	0.80	1.50
DA1-C2 (A2)	1.00	1.00	1.30	0.80	1.30
SIS	1.00	-	1.00	-	0.60

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tipo CMB	γ_ϕ	γ_c	γ_γ
DA2 (M1)	1.00	1.00	1.00
DA1-C2 (M2)	1.25	1.25	1.00
SIS	1.00	1.00	1.00

Coefficienti per la determinazione delle masse sismiche

Carichi permanenti strutturali G1 $\gamma_{G1} = 1.00$

Carichi permanenti non strutturali G2 $\gamma_{G2} = 1.00$

Carichi variabili Q $\psi_{Ei} = 0.60$

Coefficienti parziali per le verifiche

Verifica	DA2 (R3)	DA1-C2 (R2)	SIS
Capacità portante fondazione	1.40	-	(R3) 1.20
Scorrimento	1.10	-	(R3) 1.00
Ribaltamento	1.15	-	(R3) 1.00
Stabilità globale	-	1.10	(R2) 1.20

Nuova S.S.125/133bis Olbia-Palau

Tratta Arzachena Nord - Palau, Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 - 1° stralcio, fino a Palau.

Progetto Definitivo

**CA366*****Relazione tecnica e di calcolo***Combinazioni per le verifiche locali e di resistenza

CMB	Tipo	γ_{G1}	γ_{G2}	γ_Q	γ_E^1
1	DA2	1.30	1.50	1.50	0.00
2	DA2	1.30	1.50	0.00	0.00
3	DA2	1.30	0.80	1.50	0.00
4	DA2	1.30	0.80	0.00	0.00
5	DA2	1.00	1.50	1.50	0.00
6	DA2	1.00	1.50	0.00	0.00
7	DA2	1.00	0.80	1.50	0.00
8	DA2	1.00	0.80	0.00	0.00
9	SIS	1.00	1.00	0.60	+1.00
10	SIS	1.00	1.00	0.60	-1.00

¹ Il segno di γ_E indica la direzione della componente verticale dell'azione sismica: positivo \Downarrow e negativo \Uparrow

Nuova S.S.125/133bis Olbia-Palau Tratta Arzachena Nord - Palau, Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 - 1° stralcio, fino a Palau. Progetto Definitivo		
CA366	Relazione tecnica e di calcolo	

10.2 Descrizione del metodo di calcolo delle spinte

La teoria di Mononobe-Okabe fa uso del *metodo dell'equilibrio limite* e può essere considerata una estensione del metodo di Coulomb, in cui alle usuali spinte al contorno del cuneo instabile di terreno vengono sommate anche le azioni inerziali orizzontali e verticali dovute all'accelerazione delle masse.

Le ipotesi che stanno alla base del metodo sono quindi:

1. Terreno isotropo, omogeneo e dotato di attrito e/o coesione.
2. Terreno che, a causa degli spostamenti del muro, si trova in uno stato di equilibrio plastico.
3. Superficie di rottura piana.
4. Superficie superiore del cuneo anche inclinata ma di forma piana.
5. La resistenza per attrito e per coesione si sviluppa uniformemente lungo la superficie di rottura.
6. Può esistere attrito tra paramento del muro e terreno, che si sviluppa al primo spostamento del muro.
7. Il paramento del muro può essere inclinato ma non spezzato in più parti.
8. L'effetto delle accelerazioni k_h e k_v viene intrinsecamente considerato nel baricentro del cuneo instabile.

Le spinte Attiva e Passiva si calcolano come:

$$P_{a/p} = \frac{1}{2} \gamma \cdot h^2 \cdot (1 - k_v) \cdot K_{a/p}$$

il coefficiente $K_{a/p}$ viene calcolato utilizzando la formulazione di Mononobe-Okabe proposta nell'ordinanza 3274 e successiva correzione 3316, in cui i simboli usati sono:

ϕ = angolo di attrito interno del terreno.

ψ = angolo di inclinazione rispetto all'orizzontale della parete interessata del muro.

β = angolo di inclinazione rispetto all'orizzontale della superficie del terrapieno.

δ = angolo di attrito terreno-muro.

θ = angolo di rotazione aggiuntiva definito come segue.

$$\tan(\theta) = \frac{k_h}{1 \mp k_v}$$

Il coefficiente per stati di spinta attiva si divide in due casi:

$$\beta \leq \phi - \theta : \quad K_a = \frac{\sin^2(\psi + \phi - \theta)}{\cos\theta \cdot \sin^2\psi \cdot \sin(\psi - \theta - \delta) \cdot \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi - \beta - \theta)}{\sin(\psi - \theta - \delta) \cdot \sin(\psi + \beta)}} \right]}$$

Nuova S.S.125/133bis Olbia-Palau Tratta Arzachena Nord - Palau, Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 - 1° stralcio, fino a Palau. Progetto Definitivo		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA366	Relazione tecnica e di calcolo	

$$\beta > \phi - \theta : \quad K_a = \frac{\sin^2(\psi + \phi - \theta)}{\cos\theta \cdot \sin^2\psi \cdot \sin(\psi - \theta - \delta)}$$

2

Il coefficiente per stati di spinta passiva è invece:

$$K_p = \frac{\sqrt{\sin^2(\psi + \phi - \theta)}}{\cos\theta \cdot \sin^2\psi \cdot \sin(\psi + \theta) \cdot \left[1 - \frac{\sin(\phi) \cdot \sin(\phi + \beta - \theta)}{\sin(\psi + \beta) \cdot \sin(\psi + \theta)} \right]}$$

Nel caso di accelerazione sismica solo orizzontale l'angolo θ è unico e la spinta attiva e passiva risulta univocamente determinata; viceversa le formule forniscono due distinti valori, che corrispondono alla presenza di accelerazione sismica verticale verso l'alto e verso il basso.

10.3 Descrizione del metodo di calcolo della portanza

La capacità portante viene valutata attraverso la formula di Brinch-Hansen, nel caso generale:

$$Q_{lim} = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q + \frac{1}{2} \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma \cdot g_\gamma$$

Nel caso di terreno eminentemente coesivo ($\phi = 0$) tale relazione diventa:

$$Q_{lim} = (2 + \pi) \cdot c_u \cdot (1 + s'_c + d'_c - i'_c - b'_c - g'_c) + q$$

dove:

γ = peso di volume dello strato di fondazione;

B = larghezza efficace della fondazione (depurata dell'eventuale eccentricità del carico $B = B_f - 2e$);

L = lunghezza efficace della fondazione (depurata dell'eventuale eccentricità del carico $L = L_f - 2e$);

c = coesione dello strato di fondazione;

c_u = coesione non drenata dello strato di fondazione;

q = sovraccarico del terreno sovrastante il piano di fondazione;

N_γ, N_c, N_q = fattori di capacità portante;

s_γ, s_c, s_q = fattori di forma della fondazione;

d_γ, d_c, d_q = fattori di profondità del piano di posa della fondazione.

i_γ, i_c, i_q = fattori di inclinazione del carico;

Nuova S.S.125/133bis Olbia-Palau Tratta Arzachena Nord - Palau, Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 - 1° stralcio, fino a Palau. Progetto Definitivo		
CA366	<i>Relazione tecnica e di calcolo</i>	

b_y, b_c, b_q = fattori di inclinazione della base della fondazione;

g_y, g_c, g_q = fattori di inclinazione del piano campagna;

Per la teoria di Brinch-Hansen i coefficienti sopra definiti assumono le espressioni che seguono:

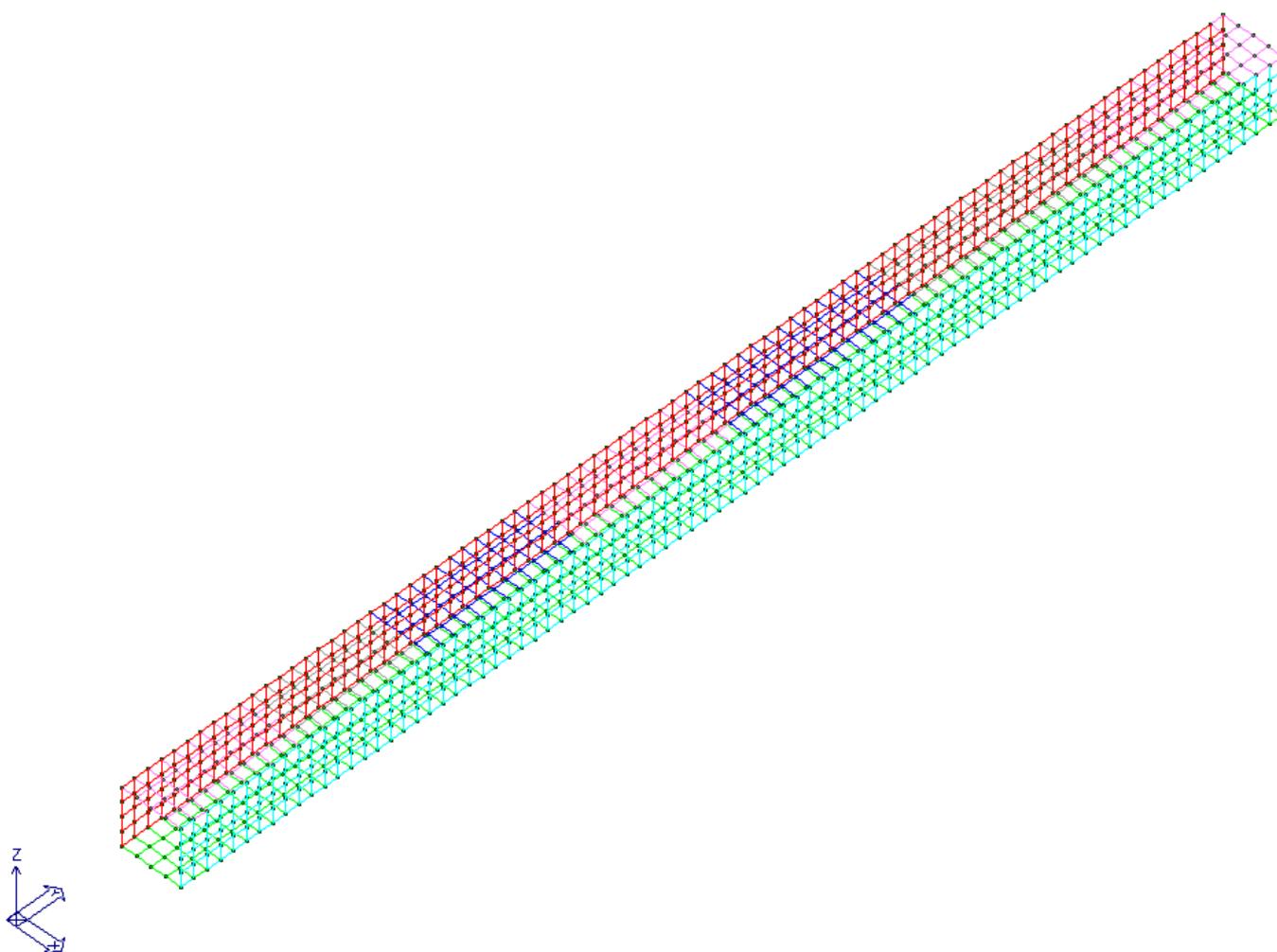
Nuova S.S.125/133bis Olbia-Palau Tratta Arzachena Nord - Palau, Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 - 1° stralcio, fino a Palau. Progetto Definitivo		
CA366	<i>Relazione tecnica e di calcolo</i>	

11 ALLEGATI

11.1 Verifiche Strutturali Opera di Riferimento

INTRODUZIONE

Ai fini della determinazione dei layout di armatura di ogni tombino si considera un singolo modello numerico equivalente alla condizione geometrica e di carico dell'opera TM_AP02_03, di lunghezza longitudinale pari a L=42 metri, ma avente sezione analoga al TM_AP02_04 (area interna di 2.7x2.1 m e spessori delle membrature pari a 25 cm) al fine di massimizzare le sollecitazioni.



Vista del modello numerico equivalente.

Nuova S.S.125/133bis Olbia-Palau Tratta Arzachena Nord - Palau, Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 - 1° stralcio, fino a Palau. Progetto Definitivo		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA366	<i>Relazione tecnica e di calcolo</i>	

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Acciaio: B450C Fyk 450000

Calcestruzzo: C32/40 Rck 40000

ARMATURE DI PROGETTO

Elemento strutturale	Armatura longitudinale	Armatura trasversale
PIEDRITTO SINISTRO	Φ16 passo 15 cm	Φ16 passo 15 cm
PIEDRITTO DESTRO	Φ16 passo 15 cm	Φ16 passo 15 cm
SOLETTA SUPERIORE	Φ16 passo 15 cm	Φ16 passo 15 cm
SOLETTA FONDAZIONE	Φ16 passo 15 cm	Φ16 passo 15 cm

Tale layout di progetto delle armature viene verificato nei confronti delle combinazioni di carico come definite ai paragrafi precedenti nelle due casistiche – limite di:

- Quota del terreno superiore pari a 3.5 metri (altezza massima)
- Quota del terreno superiore pari a 0.5 metro (altezza minima)

Considerando la metodologia di definizione dei carichi vista ai paragrafi precedenti si perviene ai seguenti parametri, implementati nel modello numerico equivalente:

ID TOMBINO : TM_ AP02_ 03 con hterreno = 0.5 m			
DEFINIZIONE CARICHI			
TIPOLOGIA	q [kg/mc]	Sp. [m]	Q [daN/mq]
Carico Stradale	2200	0,4	880
Carico terreno	1800	0,5	900
Sovraccarico soletta inferiore	1000	1,4	1400
Sp. Terreno equivalente		0,988888889	1780
CARATTERISTICHE GEOMETRICHE			
Spessore soletta	0.25	m	
Spessore platea	0.25	m	
Spessore piedritti	0.25	m	
Larghezza sezione interna	2	m	
Altezza sezione interna	2	m	
n. Corsie	2+2+2		
Quota sottoterra	0.9	m	
CARICO VEICOLARE SULLA SOLETTA SUPERIORE			

Nuova S.S.125/133bis Olbia-Palau Tratta Arzachena Nord - Palau, Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 - 1° stralcio, fino a Palau. Progetto Definitivo		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA366	Relazione tecnica e di calcolo	

Ldl	6,35	6,35
Ldt	7,15	7,15
Q	13,21	13,21
Q + 9	22,21	22,21
Q + 2.5	15,71	15,71
Ldl sup	4,65	4,65
Ldl inf	5,95	5,95
Ldl sup	5,45	5,45
Ldl inf	6,75	6,75

CARICO FRENATA

q3	367,56	KN
qf	25,72355368	KN/mq

SPINTE SUI PIEDRITTI PROVOCATE DAL TANDEM

	a riposo	attiva	
qacc sup	11,944	7,987	KN/mq
qacc inf	7,541	5,043	KN/mq

SPINTE SUI PIEDRITTI PROVOCATE DA CARICO ACCIDENTALE

	KN/mq	daN/cm2
a riposo P =	4,541	0.045
attiva P =	3,036	0.030

SPINTE SUI PIEDRITTI (CRESCENTE – CON AZIONE SISMICA)

nodo	del terreno – attiva daN/cm2	del terreno - a riposo daN/cm2	tandem – attiva daN/cm2	tandem - a riposo daN/cm2
0	0,358	0,478	0,246	0,310
1	0,363	0,500	0,197	0,251
2	0,368	0,522	0,148	0,193
3	0,374	0,544	0,099	0,134
4	0,379	0,567	0,050	0,075

ID TOMBINO : TM_AP02_03 con hterreno=3.5m

DEFINIZIONE CARICHI

TIPOLOGIA	q [kg/mc]	Sp. [m]	Q [daN/mq]
Carico Stradale	2200	0,4	880
Carico terreno	1800	3,5	6300
Sovraccarico soletta inferiore	1000	1,4	1400
Sp. Terreno equivalente		3,988888889	7180

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

Spessore soletta	0.25	m
Spessore platea	0.25	m
Spessore piedritti	0.25	m
Larghezza sezione interna	2	m
Altezza sezione interna	2	m

Nuova S.S.125/133bis Olbia-Palau Tratta Arzachena Nord - Palau, Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 - 1° stralcio, fino a Palau. Progetto Definitivo		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA366	Relazione tecnica e di calcolo	

n. Corsie	2+2+2			
Quota sottoterra	3.9	m		
CARICO VEICOLARE SULLA SOLETTA SUPERIORE				
Ldl	6,35		m	
Ldt	7,15		m	
Q	13,21		KN/mq	
Q + 9	22,21		kN/m2	
Q + 2.5	15,71		kN/m2	
Ldl sup	4,65		m	
Ldl inf	5,95		m	
Ldl sup	5,45		m	
Ldl inf	6,75		m	
CARICO FRENATA				
q3	367,56		KN	
qf	25,72355368		KN/mq	
SPINTE SUI PIEDRITTI PROVOCATE DAL TANDEM				
	a riposo	attiva		
qacc sup	11,944	7,987	KN/mq	
qacc inf	7,541	5,043	KN/mq	
SPINTE SUI PIEDRITTI PROVOCATE DA CARICO ACCIDENTALE				
	KN/mq		daN/cm2	
a riposo P =	4,541		0.045	
attiva P =	3,036		0.030	
SPINTE SUI PIEDRITTI (CRESCENTE – CON AZIONE SISMICA)				
nodo	del terreno – attiva daN/cm2	del terreno - a riposo daN/cm2	tandem – attiva daN/cm2	tandem - a riposo daN/cm2
0	0,358	0,478	0,246	0,310
1	0,363	0,500	0,197	0,251
2	0,368	0,522	0,148	0,193
3	0,374	0,544	0,099	0,134
4	0,379	0,567	0,050	0,075

VERIFICHE DAL PROGRAMMA DI CALCOLO

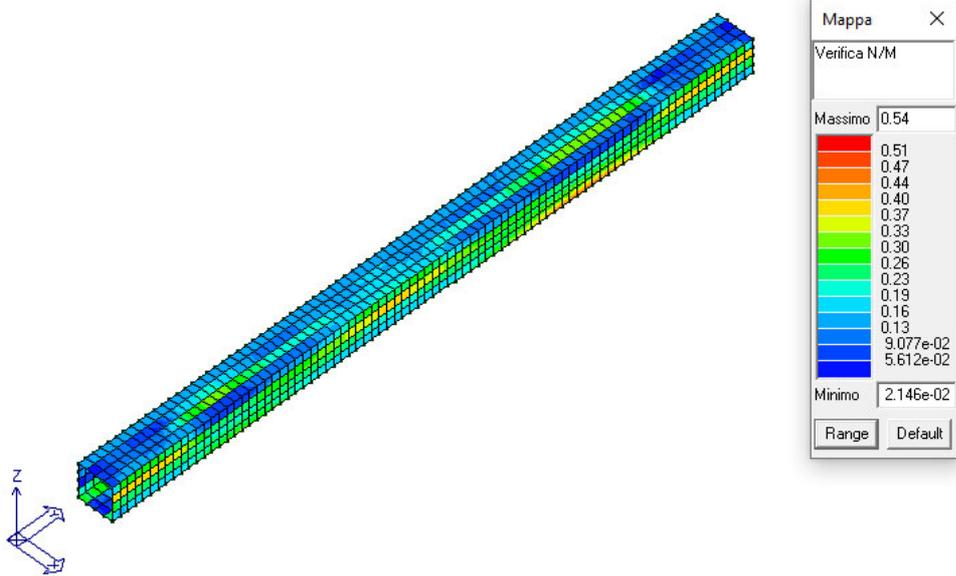
Verifiche condotte secondo D.M. 17-01-18 (N.T.C.). In seguito vengono riportati i risultati in termini grafici delle seguenti grandezze:

- Verifica N/M (SLU): verifica a pressoflessione
- Verifica 25 (SLU): verifica a compressione del calcestruzzo con riduzione del 25% di fcd
- Rapporto x/d (SLU): rapporto tra la posizione dell' asse neutro e l'altezza utile della sezione. Per i gusci la verifica si intende soddisfatta se il valore in mappa è < 0.45 (si veda

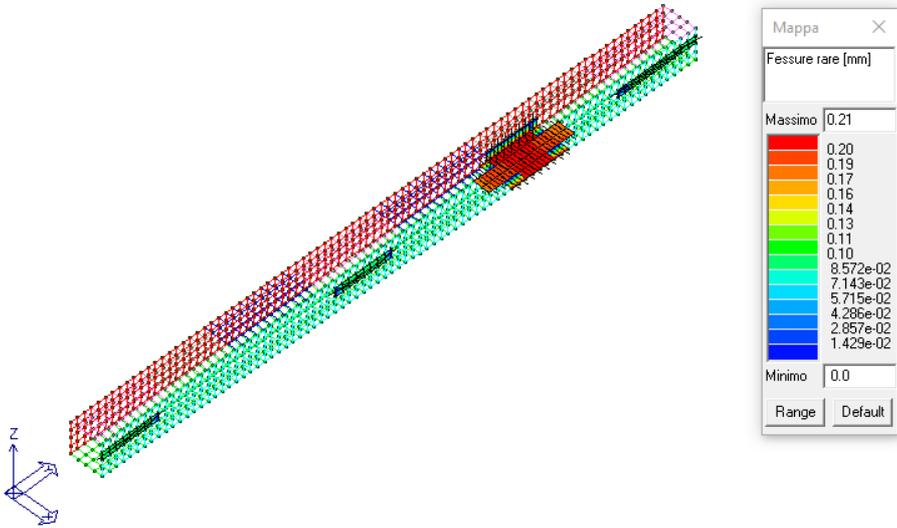
§4.1.1.1. del D.M. 2018)

- Verifica a taglio nella direzione principale e secondaria
- Presenza o meno di richiesta di armatura integrativa
- Verifica fessurativa (SLE) per le combinazioni rara, frequente, quasi permanente
- Tensioni nel calcestruzzo in fase di esercizio (SLE)

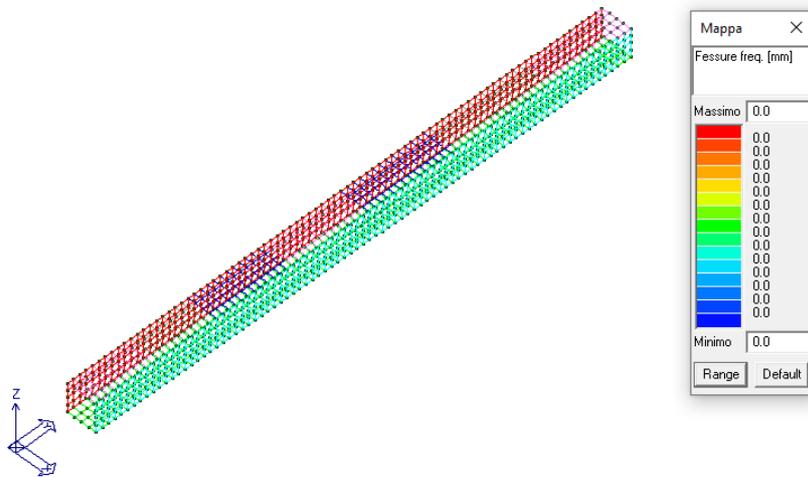
VERIFICHE SLU – TOMBINO CON H TERRENO = 0.5 M



Verifica N/M (SLU): verifica a pressoflessione



Fessure in mm (verificato se <0.4 mm) (SLE - rare)



Fessure in mm (verificato se <0.3 mm) (SLE - frequenti)

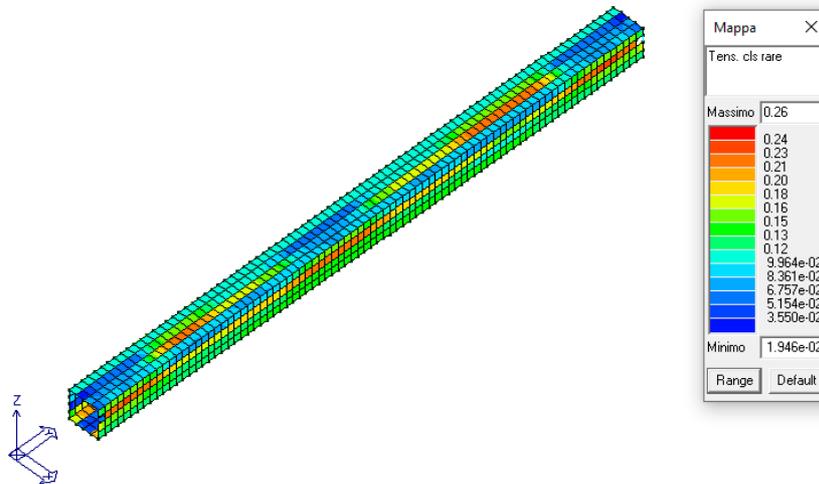
Nuova S.S.125/133bis Olbia-Palau

Tratta Arzachena Nord - Palau, Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 - 1° stralcio, fino a Palau.
Progetto Definitivo

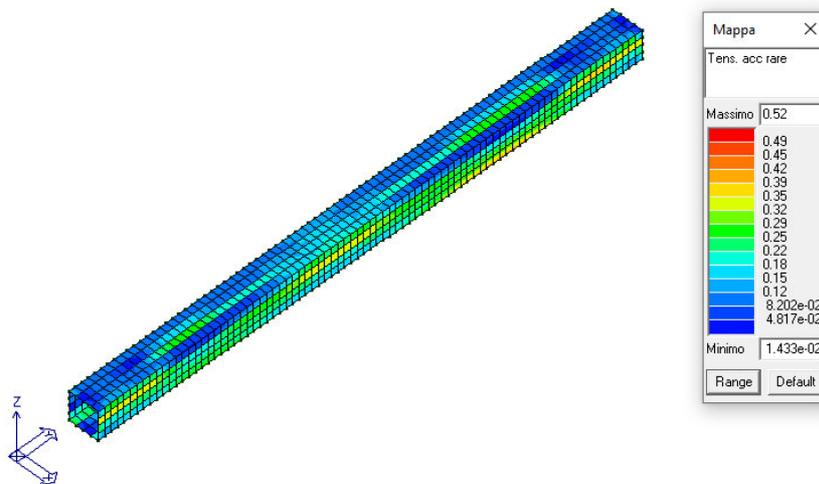


CA366

Relazione tecnica e di calcolo



Tensioni nel calcestruzzo in daN/cm² (SLE - rare)

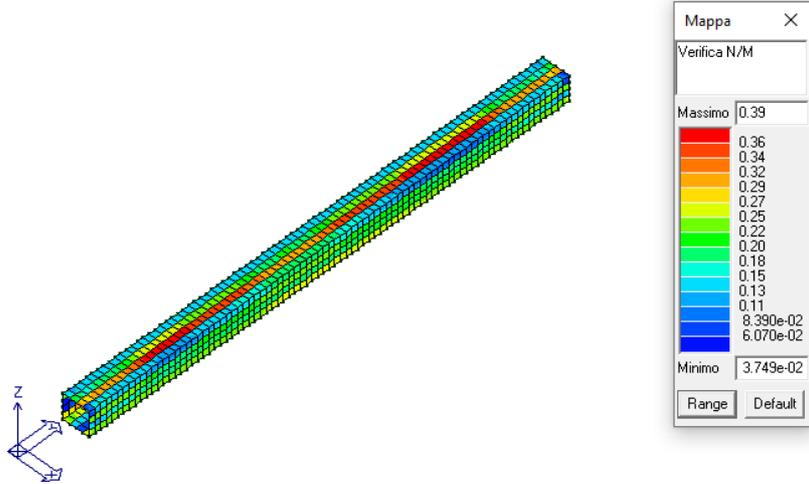


Tensioni nel calcestruzzo in daN/cm² (SLE - rare accidentali)

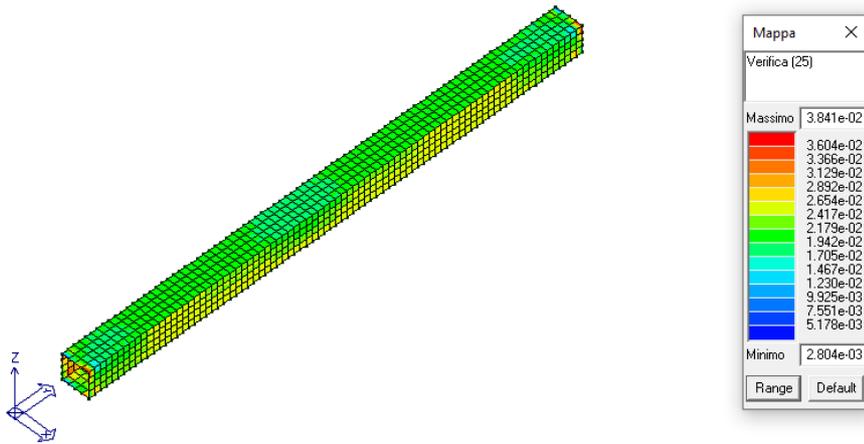
INTEGRAZIONE DI ARMATURA – TOMBINO CON H TERRENO = 0.5 M

Non si richiedono integrazioni di armatura rispetto a quelle prededentemente indicate per la fase di verifica.

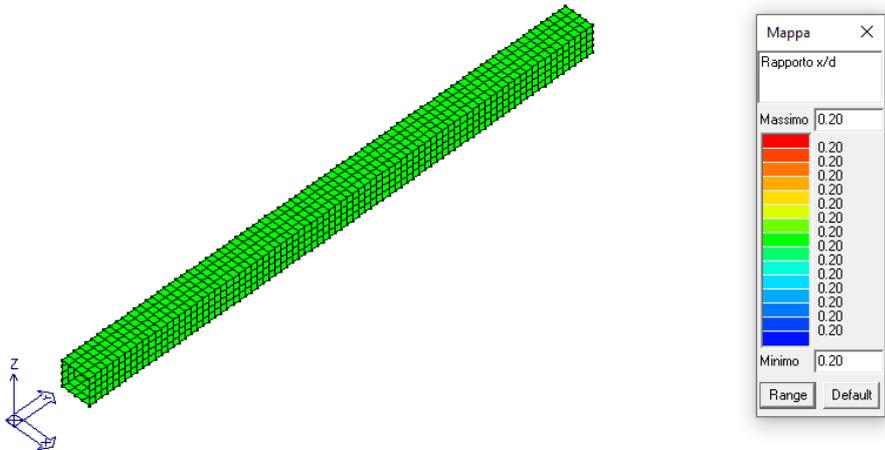
VERIFICHE SLU - TOMBINO CON H TERRENO = 3.5 M



Verifica N/M (SLU): verifica a pressoflessione

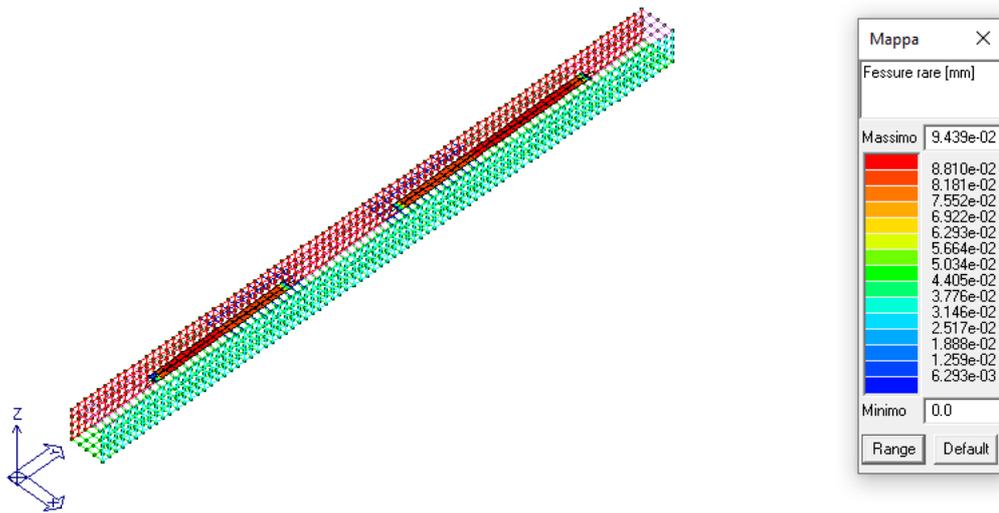


Verifica (SLU) a compressione del calcestruzzo con riduzione del 25% di fcd

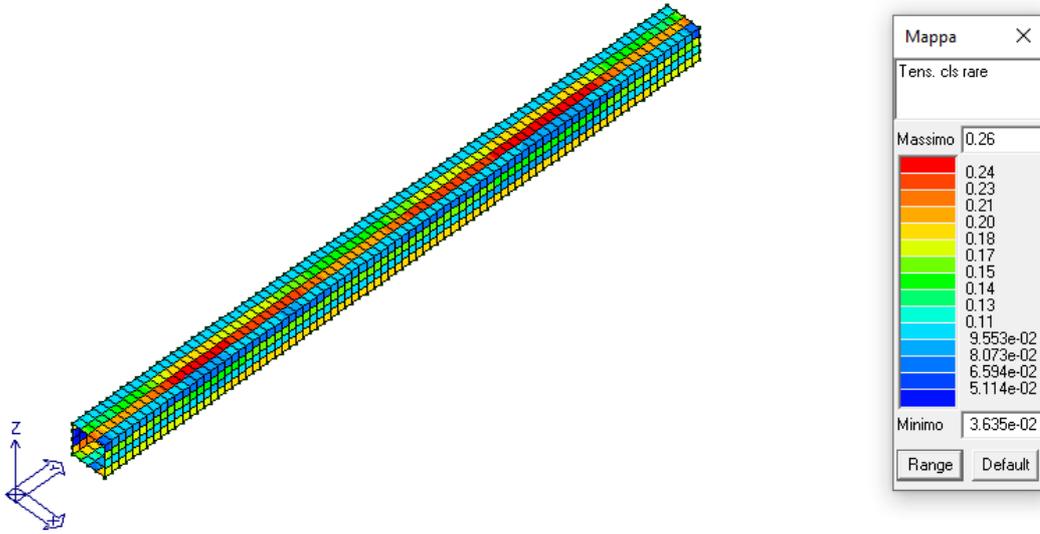


Rapporto tra la posizione dell'asse neutro e l'altezza utile della sezione. Per i gusci la verifica si intende soddisfatta se il valore in mappa è < 0.45 (si veda §4.1.1.1. del D.M. 2018)

VERIFICHE SLE - TOMBINO CON H TERRENO = 3.5 M



Fessure in mm (verificato se < 0.4 mm) (SLE - rare)



Tensioni nel calcestruzzo in daN/cm² (SLE - rare)

INTEGRAZIONE DI ARMATURA - TOMBINO CON H TERRENO = 3.5 M

Non si richiedono integrazioni di armatura rispetto a quelle prededentemente indicate per la fase di verifica.

11.2 Verifiche Geotecniche

Nel presente paragrafo si riportano le verifiche geotecniche sul sistema di interazione terreno-fondazione. In particolare vengono riportati i dati di analisi e verifica per le due condizioni caratteristiche per il tombino di cui al paragrafo precedente.

Nello specifico si considera la situazione risultata più gravosa, quella relativa ad una quota del terreno pari a 0.5 metri sopra la soletta superiore del tombino.

DATI GEOMETRICI DELL'IMPRONTA DI CALCOLO

Nuova S.S.125/133bis Olbia-Palau Tratta Arzachena Nord - Palau, Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 - 1° stralcio, fino a Palau. Progetto Definitivo		
CA366	Relazione tecnica e di calcolo	

Forma dell'impronta di calcolo nel modello numerico: rettangolare

Lato minore B dell'impronta: 2.6 m

Lato maggiore L dell'impronta: 42 m

Area dell'impronta rettangolare di calcolo: 109.2 mq

Lato minore B effettivo: 3.2 m

Larghezza sottofondazione: 3.2 m

STRATIGRAFIA

Numero strati: 1

Profondità falda: assente

Strato n.	Quota di riferimento	Spessore	Indice / Descrizione terreno	AttritoNeg.
1	da 0,0 a -300,0 cm	100,0 cm	006 / Ghiaia e sabbia compatta	Assente

ARCHIVIO TERRENI

Indice / Descrizione terreno: **006 / Ghiaia e sabbia compatta**

Comportamento del terreno: condizione drenata

Peso Spec.	P. Spec. Sat.	Angolo Res.	Coesione	Mod.Elast.	Mod.Edom.	Dens.Rel.	Poisson	C. Ades.
daN/cm ³	daN/cm ³	Gradi°	daN/cm ²	daN/cm ²	daN/cm ²	%	%	
1,900 E-3	2,100 E-3	34,000	0,000	219,047	300,000	60,0	0,306	1,00

CALCOLO DELLA PORTANZA PER FONDAZIONE SUPERFICIALE

Si riportano graficamente le tensioni in fondazione nel caso della combinazione di carico più gravosa (SLU – spinta passiva su piedritto di sinistra e spinta attiva su piedritto di destra).

Macro platea: 1

Risultati più gravosi per cmb. di tipo **SLU STR**:

Sgm. Lt (tens. litostatica) = -0.3454 daN/cm²

Qlim = Qlim c + Qlim q + Qlim g + Qres P = 0.0000 + 0.3207 + 2.9876 + 0.0000

Qmax / Qlim = 2.2854 / 3.3083 = 0,691 Ok (Cmb. n. 002)

TB / TBlim = 262283.9 / 576103.0 = 0,455 Ok (Cmb. n. 002)

TL / TLLim = 0.0 / 575344.1 = 0,000 Ok (Cmb. n. 002)

Sollecitazioni:

Cmb n.	Tipo	Sism.	Ecc. B cm	Ecc. L cm	S. Taglio B daN	S. Taglio L daN	S. Normale daN	T.T. min daN/cm ²	T.T. max daN/cm ²
002	SLU STR No		-20.041	4.884	-262283.9	0.0	-1434821.0	-0.7444	-2.2854

VALORI DI CALCOLO DEI CEDIMENTI PER FONDAZIONI SUPERFICIALI

Nuova S.S.125/133bis Olbia-Palau Tratta Arzachena Nord - Palau, Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 - 1° stralcio, fino a Palau. Progetto Definitivo		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA366	Relazione tecnica e di calcolo	

Elemento: Platea n. 1

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	Ecc. B	Ecc. L	S. Taglio B	S. Taglio L	S. Normale	T.T. min	T.T. max
n.			cm	cm	daN	daN	daN	daN/cm ²	daN/cm ²
004	SLE q.p.	No	-18.067	1.642	-284736.6	0.0	-1714996.0	-1.0669	-2.7681
008	SLE rare	No	-18.245	2.142	-292949.1	0.0	-1753260.0	-1.0699	-2.8456

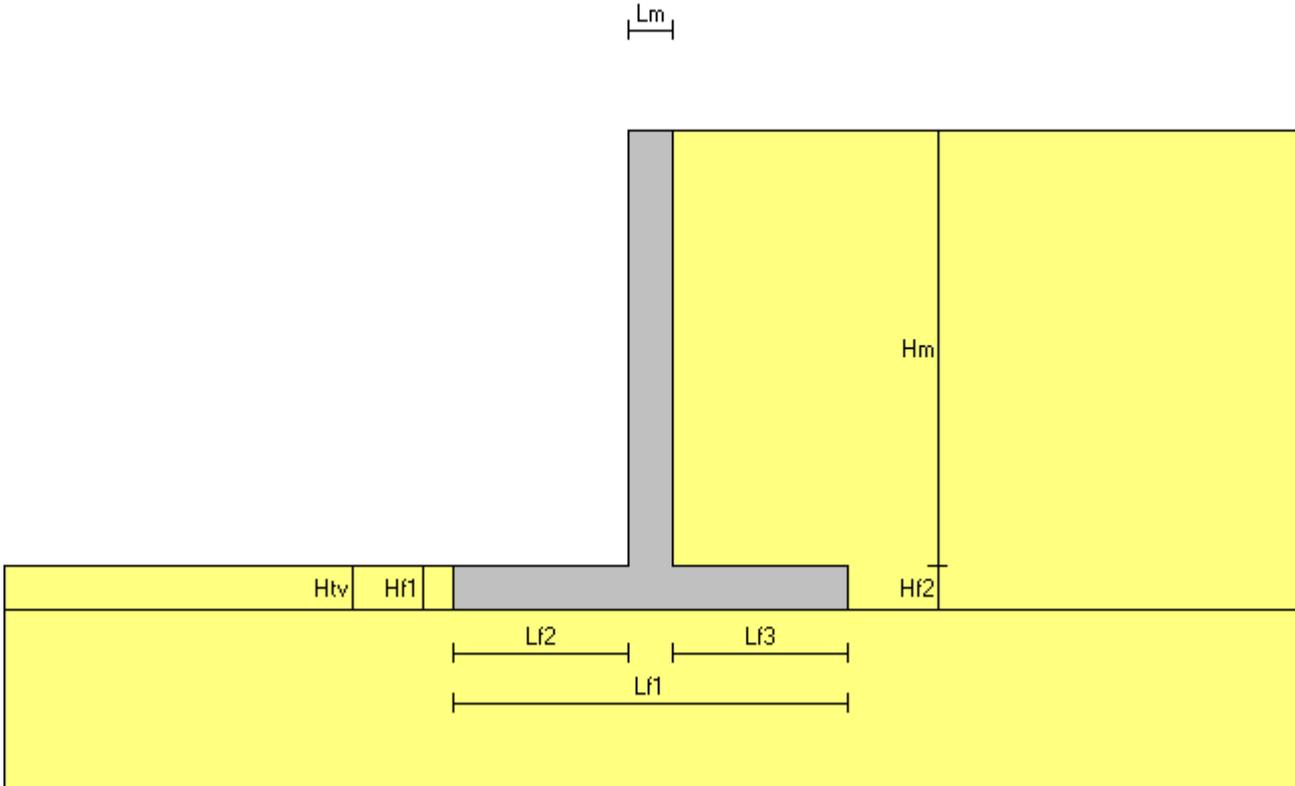
Cedimento massimo = -1.405 cm in Cmb n. 008

Cedimento minimo = -0.318 cm in Cmb n. 00

Il cedimento risulta accettabile

Nuova S.S.125/133bis Olbia-Palau Tratta Arzachena Nord - Palau, Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 - 1° stralcio, fino a Palau. Progetto Definitivo		
CA366	Relazione tecnica e di calcolo	

11.3 Verifiche dei muri di imbocco/sbocco maggiormente sollecitati



Sezione di verifica

Descrizione dell'opera

Tipo di opera:	muro in calcestruzzo armato
Tipo di sovrastruttura:	paramenti piani
Tipo di fondazione:	piana orizzontale

Caratteristiche geometriche

Mensola in elevazione

Altezza paramento	$H_m =$	2.500 m
Spessore in sommità	$L_{m1} =$	0.250 m
Spessore alla base	$L_{mb} =$	0.250 m
Inclinazione paramento esterno	$\beta_e =$	0.00 °
Inclinazione paramento interno	$\beta_i =$	0.00 °

Soletta di fondazione

Nuova S.S.125/133bis Olbia-Palau

Tratta Arzachena Nord - Palau, Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 - 1° stralcio, fino a Palau.

Progetto Definitivo



CA366

Relazione tecnica e di calcolo

Estensione	$E_f =$	5.000 m
Lunghezza totale	$L_{f1} =$	2.250 m
Lunghezza mensola a valle	$L_{f2} =$	1.000 m
Altezza bordo libero mensola a valle	$H_{f1} =$	0.250 m
Lunghezza mensola a monte	$L_{f3} =$	1.000 m
Altezza bordo libero mensola a monte	$H_{f2} =$	0.250 m
Altezza rinterro mensola a valle	$H_{tv} =$	0.250 m
Inclinazione piano di fondazione	$\psi_f =$	0.00 °
<u>Angolo di inclinazione terrapieno</u>	$\alpha =$	0.00 °

Materiali utilizzati

Peso specifico del muro $\gamma_m = 2500 \text{ kg/m}^3$

Caratteristiche calcestruzzo

Classe di resistenza C20/25

Resistenza caratteristica $R_{ck} = 250 \text{ Kg/cm}^2$

Resistenza di calcolo a compressione $f_{cd} = 118 \text{ Kg/cm}^2$

Caratteristiche armature

Tipo acciaio B 450 C

Resistenza di calcolo $f_{yd} = 3913 \text{ Kg/cm}^2$

Caratteristiche geotecniche dei terreniTerreno a valle del muro

Peso specifico $\gamma_{tv} = 1850 \text{ kg/m}^3$

Angolo di attrito $\varphi_v = 36.50^\circ$

Angolo di attrito terra-muro $\delta_v = 24.33^\circ$

Coesione $c'_v = 0 \text{ kg/m}^2$

Terreno di fondazione del muro

Peso specifico $\gamma_{tf} = 1850 \text{ kg/m}^3$

Angolo di attrito $\varphi_f = 36.50^\circ$

Coesione $c'_f = 0 \text{ kg/m}^2$

Terreno a monte del muro

Peso specifico $\gamma_{tm} = 2100 \text{ kg/m}^3$

Angolo di attrito $\varphi_m = 31.00^\circ$

Nuova S.S.125/133bis Olbia-Palau Tratta Arzachena Nord - Palau, Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 - 1° stralcio, fino a Palau. Progetto Definitivo		
CA366	Relazione tecnica e di calcolo	

Angolo di attrito terra-muro	$\delta_m =$	20.67 °
Coesione	$c'_m =$	0 kg/m ²

Carichi applicati

Carichi distribuiti sul terreno di tipo permanente strutturale

Uniforme a valle del muro	$G_{1uv} =$	0 kg/m ²
Uniforme a monte del muro	$G_{1um} =$	0 kg/m ²
Nastriforme a monte del muro	$G_{1nm} =$	0 kg/m ²
Distanza nastriforme dal paramento interno	$d_{G1n} =$	0.000 m
Larghezza del nastro	$l_{G1n} =$	0.000 m

Carichi distribuiti sul terreno di tipo permanente non strutturale

Uniforme a valle del muro	$G_{2uv} =$	0 kg/m ²
Uniforme a monte del muro	$G_{2um} =$	0 kg/m ²
Nastriforme a monte del muro	$G_{2nm} =$	0 kg/m ²
Distanza nastriforme dal paramento interno	$d_{G2n} =$	0.000 m
Larghezza del nastro	$l_{G2n} =$	0.000 m

Carichi distribuiti sul terreno di tipo variabile

Uniforme a valle del muro	$Q_{uv} =$	0 kg/m ²
Uniforme a monte del muro	$Q_{um} =$	0 kg/m ²
Nastriforme a monte del muro	$Q_{nm} =$	0 kg/m ²
Distanza nastriforme dal paramento interno	$d_{Qn} =$	0.000 m
Larghezza del nastro	$l_{Qn} =$	0.000 m

Normativa

Le verifiche geotecniche e di resistenza vengono eseguite secondo i dettami del D.M. 17 gennaio 2018: la verifica di stabilità globale viene effettuata secondo l'approccio DA1-C2 (A2+M2+R2) mentre le rimanenti verifiche (scorrimento, carico limite, ribaltamento e di resistenza) vengono effettuate secondo l'approccio DA2 (A1+M1+R3). Le verifiche per azioni sismiche vengono effettuate ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici: l'analisi in condizioni sismiche viene eseguita utilizzando il metodo pseudo-statico.

Parametri per la determinazione dei carichi derivanti da sisma

Località:	PALAU (SS)ANIA (SS)	
Vita nominale	$V_N =$	50 anni
Tipo di costruzione	tipo =	2

Nuova S.S.125/133bis Olbia-Palau Tratta Arzachena Nord - Palau, Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 - 1° stralcio, fino a Palau. Progetto Definitivo		
CA366	Relazione tecnica e di calcolo	

Classe d'uso	$Cl_U =$	IV
Coefficiente d'uso	$C_U =$	2.0
Periodo di riferimento	$V_R =$	100 anni
Probabilità di superamento	$P_{Vr} =$	10%
Periodo di ritorno	$T_R =$	949 anni
Accelerazione orizzontale massima	$a_g =$	0.0599 g
Lo spettro di risposta utilizzato è quello definito dalla normativa		
Accelerazione orizzontale massima	$a_g =$	0.0599 g
Categoria di sottosuolo	suolo =	D
Coefficiente di amplificazione stratigrafica	$S_S =$	1.80000
Categoria topografica	$C_T =$	T1
Coefficiente di amplificazione topografica	$S_T =$	1.00000
Coefficienti di riduzione dell'accelerazione orizzontale massima		
verifiche locali	$\beta_m^* =$	1.00000
verifica di stabilità globale	$\beta_s =$	0.20000
Coefficienti sismici per le verifiche locali		
orizzontale	$k_h =$	0.10782
verticale	$k_v =$	0.05391
Coefficienti sismici per le verifiche di stabilità globale		
orizzontale	$k_h =$	0.02156
verticale	$k_v =$	0.01078

* Il muro non è in grado di subire spostamenti relativi rispetto al terreno.

Coefficienti parziali per le azioni

Tipo CMB	γ_{G1max}	γ_{G1min}	γ_{G2max}	γ_{G2min}	γ_Q/ψ_{2i}
DA2 (A1)	1.30	1.00	1.50	0.80	1.50
DA1-C2 (A2)	1.00	1.00	1.30	0.80	1.30
SIS	1.00	-	1.00	-	0.60

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tipo CMB	γ_ϕ	γ_c	γ_γ
DA2 (M1)	1.00	1.00	1.00
DA1-C2 (M2)	1.25	1.25	1.00
SIS	1.00	1.00	1.00

Coefficienti per la determinazione delle masse sismiche

Carichi permanenti strutturali G1	$\gamma_{G1} = 1.00$
Carichi permanenti non strutturali G2	$\gamma_{G2} = 1.00$

Nuova S.S.125/133bis Olbia-Palau Tratta Arzachena Nord - Palau, Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 - 1° stralcio, fino a Palau. Progetto Definitivo		
CA366	Relazione tecnica e di calcolo	

Carichi variabili Q

$$\psi_{Ei} = 0.60$$

Coefficienti parziali per le verifiche

Verifica	DA2 (R3)	DA1-C2 (R2)	SIS
Capacità portante fondazione	1.40	-	(R3) 1.20
Scorrimento	1.10	-	(R3) 1.00
Ribaltamento	1.15	-	(R3) 1.00
Stabilità globale	-	1.10	(R2) 1.20

Combinazioni per le verifiche locali e di resistenza

CMB	Tipo	γ_{G1}	γ_{G2}	γ_Q	γ_E^1
1	DA2	1.30	1.50	1.50	0.00
2	DA2	1.00	1.50	1.50	0.00
3	SIS	1.00	1.00	0.60	+1.00
4	SIS	1.00	1.00	0.60	-1.00

¹ Il segno di γ_E indica la direzione della componente verticale dell'azione sismica: positivo ↓ e negativo ↑.

Armature di progetto

Nella figura seguente si riporta il layout delle armature di progetto.

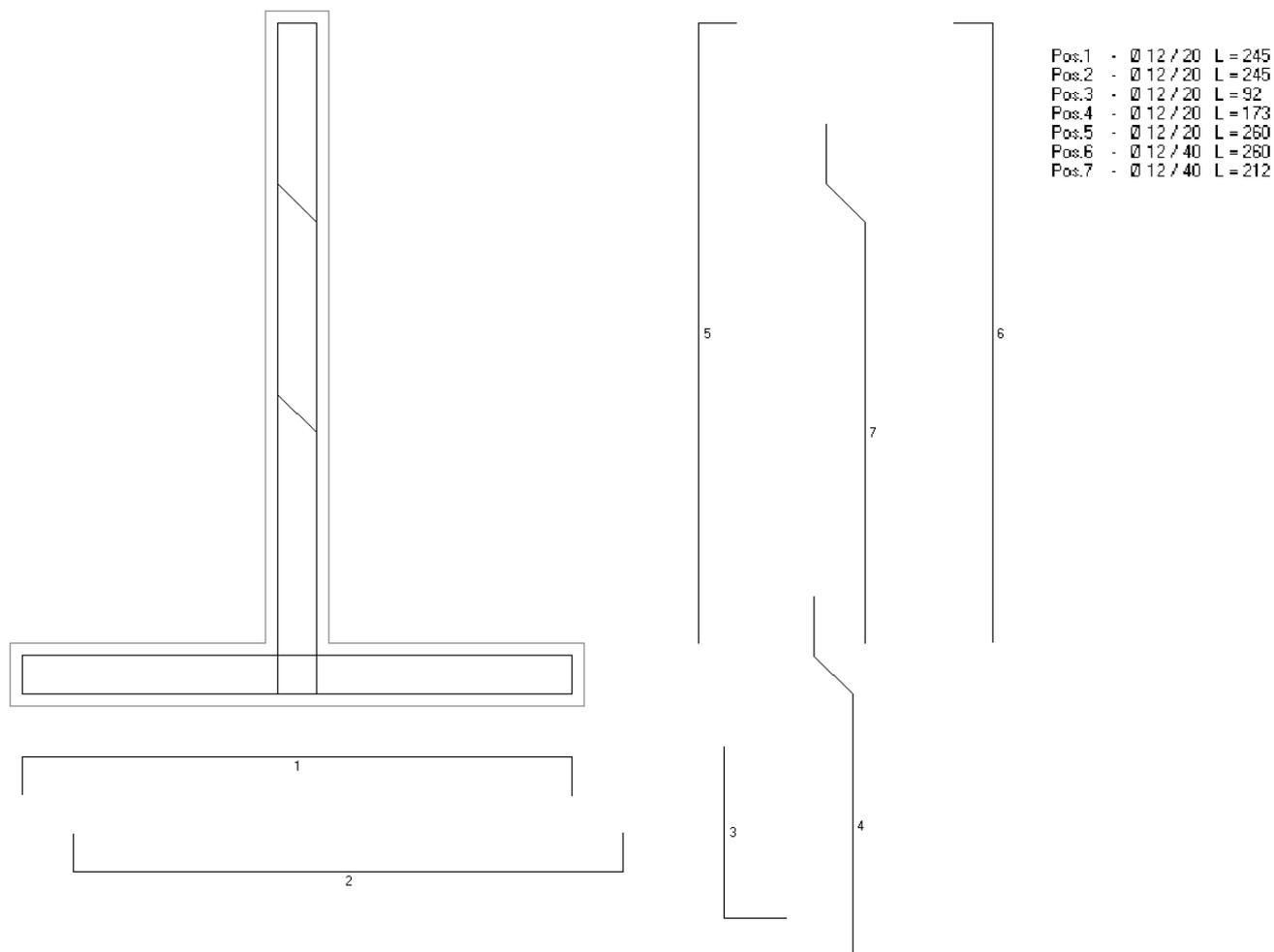
Nuova S.S.125/133bis Olbia-Palau

Tratta Arzachena Nord - Palau, Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 - 1° stralcio, fino a Palau.

Progetto Definitivo



CA366

Relazione tecnica e di calcolo**VERIFICHE STRUTTURALI**

Verifiche condotte secondo D.M. 17-01-18 (N.T.C.). In seguito vengono riportati i risultati in termini grafici delle seguenti grandezze. Verifiche riportate per un metro di profondità.

La verifica viene effettuata considerando lo stato limite ultimo, pertanto, si eseguono i seguenti controlli:

- Verifica N/M: si visualizza il valore del rapporto S_d/S_u ottenuto con incremento proporzionale delle sollecitazioni (S_d = sollecitazione di progetto derivante da N e M, S_u = sollecitazione ultima);
- Verifica (25): si visualizza il valore del rapporto N_d/N_u , dove N_u viene ottenuto con riduzione del 25% di f_{cd} (N_d = sollecitazione normale di progetto, N_u = sollecitazione normale ultima).

Entrambi i valori dei rapporti devono essere minori o uguali a 1 affinché la verifica sia superata.

Si riporta inoltre il valore del rapporto tra posizione dell'asse neutro e altezza utile della sezione (rapporto x/d) alla rottura della sezione (per sola flessione).

Le sollecitazioni riportate si riferiscono ad un tratto di muro di estensione 1 m.

Nuova S.S.125/133bis Olbia-Palau Tratta Arzachena Nord - Palau, Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 - 1° stralcio, fino a Palau. Progetto Definitivo		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA366	Relazione tecnica e di calcolo	

Mensola in elevazione

Le quote delle sezioni sono riferite allo spiccatto di fondazione.

Sezione 1 (verificata)

Caratteristiche

Quota [m]	B [cm]	H [cm]	A_f [cm ²]	A_f' [cm ²]
1.667	100.0	25.0	(1 Ø 12 / 40 cm) 2.83	(1 Ø 12 / 20 cm) 5.65

Condizioni più gravose (Combinazione 3)

Sforzo normale (N) [kg]	Sforzo di taglio (T) [kg]	Momento flettente (M) [kg•m]
549	500	181.225

Rapporto $x/d = 0.16663$

Verifica N/M **$S_d/S_u = 0.05269$**

Verifica (25) **$N_d/N_u = 0.00249$**

Sezione 2 (verificata)

Caratteristiche

Quota [m]	B [cm]	H [cm]	A_f [cm ²]	A_f' [cm ²]
0.833	100.0	25.0	[(1 Ø 12 + 1 Ø 12) / 40 cm] 5.65	(1 Ø 12 / 20 cm) 5.65

Condizioni più gravose (Combinazione 3)

Sforzo normale (N) [kg]	Sforzo di taglio (T) [kg]	Momento flettente (M) [kg•m]
1098	1510	1041.735

Rapporto $x/d = 0.19958$

Verifica N/M **$S_d/S_u = 0.21925$**

Verifica (25) **$N_d/N_u = 0.00474$**

Sezione 3 (verificata)

Caratteristiche

Quota [m]	B [cm]	H [cm]	A_f [cm ²]	A_f' [cm ²]
0.000	100.0	25.0	(1 Ø 12 / 20 cm) 5.65	(1 Ø 12 / 20 cm) 5.65

Condizioni più gravose (Combinazione 3)

Sforzo normale (N) [kg]	Sforzo di taglio (T) [kg]	Momento flettente (M) [kg•m]
1647	3031	3056.777

Rapporto $x/d = 0.19958$

Verifica N/M **$S_d/S_u = 0.67344$**

Verifica (25) **$N_d/N_u = 0.00711$**

Nuova S.S.125/133bis Olbia-Palau Tratta Arzachena Nord - Palau, Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 - 1° stralcio, fino a Palau. Progetto Definitivo		
CA366	Relazione tecnica e di calcolo	

Sezione d'incastro mensola di fondazione a valle (verificata)

Caratteristiche

L_{mensola} [m]	B [cm]	H [cm]	A_r [cm ²]	A_r' [cm ²]
1.125	100.0	25.0	(1 Ø 12 / 20 cm) 5.65	(1 Ø 12 / 20 cm) 5.65

Condizioni più gravose (Combinazione 3)

Compressione terreno estremo di valle $\sigma_v = 4764 \text{ kg/m}^2$

Compressione terreno all'incastro $\sigma_i = 4316 \text{ kg/m}^2$

Lunghezza zona compressa $L_c = 1.125 \text{ m}$

Descrizione carico	Forza [kg]	Braccio [m]	Momento [kg·m]
Forza di compressione terreno	-5107	0.572	-2919.984
Peso della mensola	625	0.625	390.625
Inerzia verticale (terreno e cls)	34	0.625	21.059

Sforzo di taglio [kg]	Momento flettente [kg·m]
4448	2508.300

Rapporto $x/d = 0.19958$

Verifica N/M

$S_d/S_u = 0.58006$

Sezione d'incastro mensola di fondazione a monte (verificata)

Caratteristiche

L_{mensola} [m]	B [cm]	H [cm]	A_r [cm ²]	A_r' [cm ²]
1.125	100.0	25.0	(1 Ø 12 / 20 cm) 5.65	(1 Ø 12 / 20 cm) 5.65

Condizioni più gravose (Combinazione 3)

Compressione terreno estremo di monte $\sigma_m = 3867 \text{ kg/m}^2$

Compressione terreno all'incastro $\sigma_i = 4316 \text{ kg/m}^2$

Lunghezza zona compressa $L_c = 1.125 \text{ m}$

Descrizione carico	Forza [kg]	Braccio [m]	Momento [kg·m]
Forza di compressione terreno	-4603	0.552	-2541.904
Peso della mensola	625	0.625	390.625
Peso del terreno	5250	0.625	3281.250
Inerzia verticale (terreno e cls)	317	0.625	197.951

Sforzo di taglio [kg]	Momento flettente [kg·m]
-1589	-1327.922

Rapporto $x/d = 0.19958$

Verifica N/M

$S_d/S_u = 0.30709$

VERIFICHE GEOTECNICHE

Nuova S.S.125/133bis Olbia-Palau Tratta Arzachena Nord - Palau, Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 - 1° stralcio, fino a Palau. Progetto Definitivo		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA366	Relazione tecnica e di calcolo	

Verifiche di stabilità dell'opera

Coefficienti di spinta del terreno di monte

Terreno in condizioni statiche (Coulomb)

Spinta attiva $K_{AS} = 0.2860$

Terreno in condizioni dinamiche (Mononobe-Okabe)

Componente verticale dell'azione sismica agente verso l'alto

Spinta attiva $K_{AD} = 0.3638$

Componente verticale dell'azione sismica agente verso il basso

Spinta attiva $K_{AD} = 0.3548$

Valori della spinta attiva del terreno di monte per metro di estensione del muro

Altezza di calcolo $H_t = 2.750$ m

Le spinte sono espresse in chilogrammi e le coordinate in metri.

CMB	$S_{S,X}$	$S_{S,Y}$	Y_S	X_S	$S_{D,X}$	$S_{D,Y}$	Y_D	X_D	$S_{T,X}$	$S_{T,Y}$	Y_T	X_T
1	2762	1042	0.917	1.250	-	-	-	-	2762	1042	0.917	1.250
2	2125	802	0.917	1.250	-	-	-	-	2125	802	0.917	1.250
3	2125	802	0.917	1.250	654	247	1.375	1.250	2778	1048	1.025	1.250
4	2125	802	0.917	1.250	433	163	1.375	1.250	2557	965	0.994	1.250

Legenda

$S_{S,X}$, $S_{D,X}$, $S_{T,X}$ componente orizzontale della spinta statica, dinamica, totale del terreno

$S_{S,Y}$, $S_{D,Y}$, $S_{T,Y}$ componente verticale della spinta statica, dinamica, totale del terreno

Y_S , Y_D , Y_T ordinata del punto di applicazione della spinta statica, dinamica, totale

X_S , X_D , X_T ascissa del punto di applicazione della spinta statica, dinamica, totale

(le coordinate del punto di applicazione sono riferite al piede di valle della fondazione)

Forze d'inerzia per metro di estensione del muro

Componente orizzontale forza d'inerzia $F_{I,X} = 886$ kg

Ordinata del punto di applicazione della forza $Y_I = 1.265$ m

Componente verticale forza d'inerzia $F_{I,Y} = \pm 443$ kg

Ascissa del punto di applicazione della forza $X_I = 1.524$ m

Verifica a ribaltamento (superata con successo)

Nell'eseguire la verifica si considerano positive le forze verticali dirette verso il basso, le forze orizzontali dirette verso monte e i momenti aventi senso orario: se il momento ribaltante risulta positivo (quindi stabilizzante) viene posto pari a zero. Vengono prese in considerazione le combinazioni di carico dalla 1 alla 4.

Dettaglio condizioni più gravose (Combinazione 4)

Il centro di rotazione coincide con il piede di valle della soletta di fondazione.

Nuova S.S.125/133bis Olbia-Palau Tratta Arzachena Nord - Palau, Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 - 1° stralcio, fino a Palau. Progetto Definitivo		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA366	Relazione tecnica e di calcolo	

Descrizione carico	Forza [kg]	Braccio [m]	Momento [kg•m]
Peso del muro (P_M)	2969	1.125	3339.843
Peso del terreno a monte (P_{TM})	5250	1.750	9187.500
Componente verticale forza d'inerzia ($F_{I,Y}$)	-443	1.524	-675.349
Momento stabilizzante (M_{STAB})			11851.995
Componente orizzontale spinta totale terreno ($S_{T,X}$)	-2557	0.994	-2542.324
Componente verticale spinta totale terreno ($S_{T,Y}$)	965	1.250	1205.924
Componente orizzontale forza d'inerzia ($F_{I,X}$)	-886	1.265	-1120.738
Momento ribaltante (M_{RIB})			-2457.139

Coefficiente di sicurezza al ribaltamento

$$C_{RIB} = (M_{STAB} / R) / |M_{RIB}| = 4.82349$$

Verifica a schiacciamento (superata con successo)

Nell'eseguire la verifica vengono prese in considerazione le combinazioni di carico dalla 1 alla 4.

Dettaglio condizioni più gravose (Combinazione 1)

Descrizione carico (componente ortogonale al piano di fondazione)	Forza [kg]
Peso del muro (P_M)	3859
Peso del terreno a monte (P_{TM})	6825
Componente orizzontale spinta totale terreno ($S_{T,X}$)	0
Componente verticale spinta totale terreno ($S_{T,Y}$)	1042
Carico totale ortogonale al piano di fondazione (N_{TOT})	11726

Momento rispetto al piede di valle ($M_{TOT} = M_{STAB} + M_{RIB}$) 15056.258 kg•m

Distanza carico dal piede di valle ($d_N = M_{TOT} / N_{TOT}$) 1.284 m

Eccentricità del carico ($e_N = |L_{f1} / 2 - d_N|$) 0.159 m

(Il punto di applicazione del carico è **interno** al terzo medio)

Compressione all'estremo di valle (σ_v) 3002 kg/m²

Compressione all'estremo di monte (σ_m) 7421 kg/m²

Ampiezza della zona compressa (B_{comp}) 2.250 m

Compressione limite (σ_L) 59947 kg/m²

Coefficiente di sicurezza allo schiacciamento

$$C_{SCH} = (\sigma_L / R) / \sigma_{max} = 5.77002$$

Verifica a scorrimento (superata con successo)

Nuova S.S.125/133bis Olbia-Palau Tratta Arzachena Nord - Palau, Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 - 1° stralcio, fino a Palau. Progetto Definitivo		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA366	Relazione tecnica e di calcolo	

Nell'eseguire la verifica vengono prese in considerazione le combinazioni di carico dalla 1 alla 4. Il coefficiente di attrito per il terreno di fondazione è $f_t = \tan(\varphi_f) / \gamma_\varphi = 0.73996$.

Dettaglio condizioni più gravose (Combinazione 4)

Descrizione carico	Forza ortogonale [kg]	Forza tangenziale [kg]
Peso del muro (P_M)	2969	0
Peso del terreno a monte (P_{TM})	5250	0
Componente orizzontale forza d'inerzia ($F_{I,X}$)	0	886
Componente verticale forza d'inerzia ($F_{I,Y}$)	-443	0
Componente orizzontale spinta totale terreno ($S_{T,X}$)	0	2557
Componente verticale spinta totale terreno ($S_{T,Y}$)	965	0
Carico totale ($\Sigma_{\perp}, \Sigma_{\parallel}$)	8740	3443

Coefficiente di sicurezza allo scorrimento

$$C_{SCO} = (\Sigma_{\perp} \cdot f_t / R) / \Sigma_{\parallel} = 1.87830$$

Verifica di stabilità globale (superata con successo)

Parametri di ricerca della superficie di rottura circolare

Metodo di ricerca	Janbu	
Numero di punti di generazione delle superfici	$N_{pg} =$	20
Numero delle superfici generate per punto	$N_{sp} =$	100
Lunghezza dei segmenti generati	$L_s =$	1.000 m
Distanza della zona di generazione delle superfici	$D_{zg} =$	2.000 m
Lunghezza della zona di generazione delle superfici	$L_{zg} =$	8.000 m
Distanza della zona di arrivo della superfici	$D_{za} =$	3.000 m
Lunghezza della zona di arrivo della superfici	$L_{za} =$	17.000 m

Combinazioni

CMB	Tipo	γ_{G1}	γ_{G2}	γ_Q	γ_{E^*}	γ_φ	$\gamma_{c'}$	γ_γ	R2
1	DA1-C2	1.00	1.30	1.30	0.00	1.25	1.25	1.00	1.10
2	DA1-C2	1.00	1.30	0.00	0.00	1.25	1.25	1.00	1.10
3	DA1-C2	1.00	0.80	1.30	0.00	1.25	1.25	1.00	1.10
4	DA1-C2	1.00	0.80	0.00	0.00	1.25	1.25	1.00	1.10
5	SIS	1.00	1.00	0.60	+1.00	1.00	1.00	1.00	1.20
6	SIS	1.00	1.00	0.60	-1.00	1.00	1.00	1.00	1.20

* Il segno di γ_E indica la direzione della componente verticale dell'azione sismica: positivo \Downarrow e negativo \Uparrow .

Caratteristiche geometriche superficie di rottura (Combinazione 1)

Nuova S.S.125/133bis Olbia-Palau

Tratta Arzachena Nord - Palau, Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 - 1° stralcio, fino a Palau.
Progetto Definitivo

**CA366****Relazione tecnica e di calcolo**

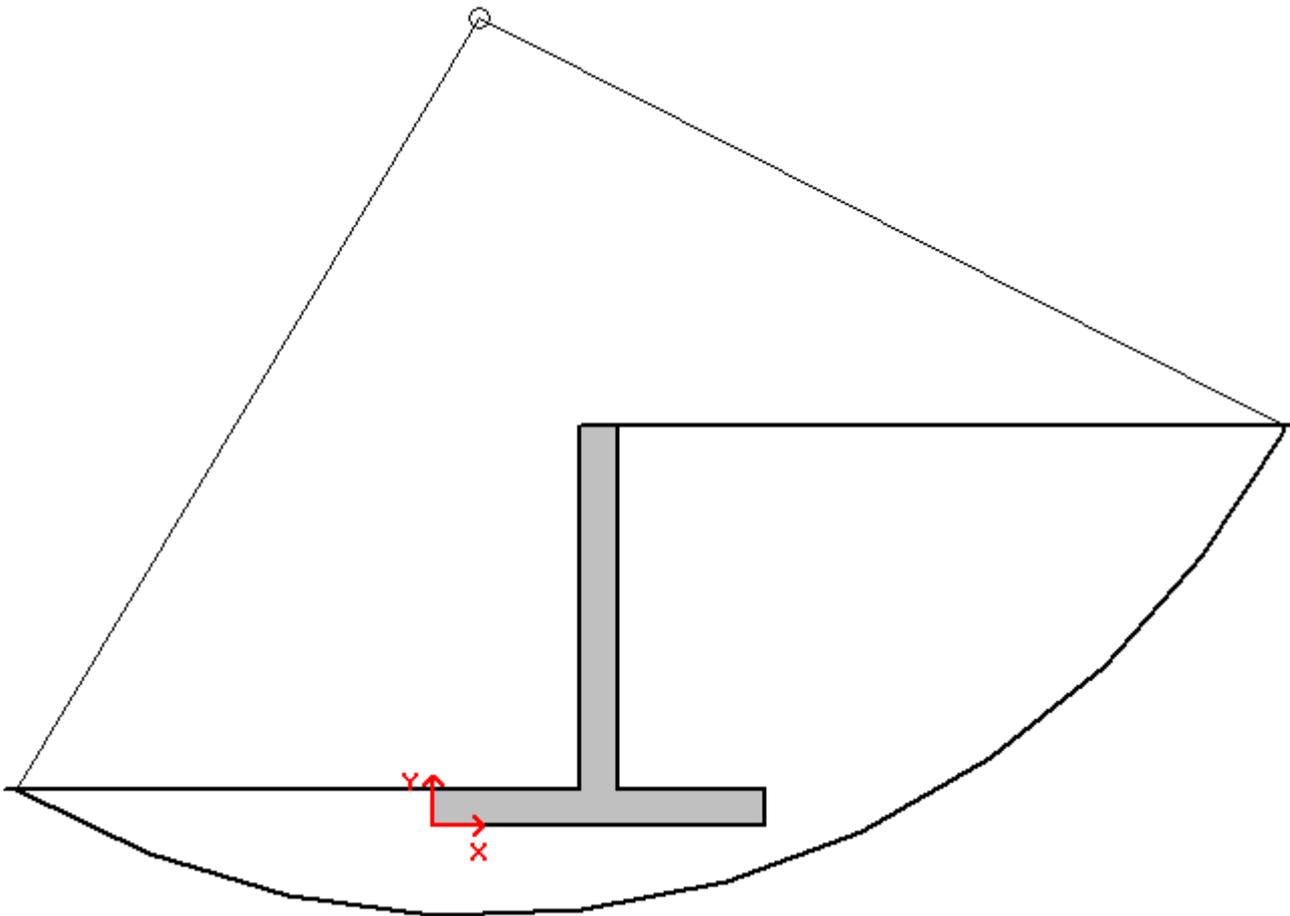
Il sistema di riferimento coincide con il piede di valle della fondazione: l'asse delle ascisse è orizzontale diretto verso monte e l'asse delle ordinate è verticale diretto verso l'alto.

Ascissa centro $X_{cs} = 0.306$ m

Ordinata centro $Y_{cs} = 5.537$ m

Raggio $R_s = 6.152$ m

Coefficiente di sicurezza alla stabilità globale $C_{SG} = 1.41636$



Nuova S.S.125/133bis Olbia-Palau Tratta Arzachena Nord - Palau, Stralcio 2 da Arzachena Sud allo svincolo di Arzachena Nord e stralcio 3 dal km 351 dell'attuale S.S.125 - 1° stralcio, fino a Palau. Progetto Definitivo		
CA366	Relazione tecnica e di calcolo	

12 CONCLUSIONI

Nella presente relazione di calcolo sono stati riportati e commentati i dati ed i risultati relativi alle analisi strutturali dei Sottovia da realizzarsi nell'ambito dei lavori di “CA151 - SS 125 Nuova S.S. 125/133 bis “Olbia-Palau” Tratta Arzachena Nord - Palau, dallo svincolo di Arzachena Nord al km 351 dell'attuale - S.S. 125 - 1° stralcio”.

La procedura adottata per l'analisi dei carichi e la definizione delle combinazioni di carico seguente normativa tecnica è stata descritta e applicata per ciascuna delle opere in oggetto.

Dai risultati ottenuti è possibile affermare che le prescrizioni progettuali contenute nella presente relazione garantiscono un livello di sicurezza adeguato per la funzione strutturale considerata e risultano essere adeguate per rispettare le prescrizioni delle normative tecniche vigenti.

Particolare accorgimento dovranno essere adottati in fase realizzativa di cantiere al fine di applicare e adattare al contesto i risultati ottenuti dai modelli equivalenti di calcolo che sono oggetto della presente relazione. Per una più diretta indicazione sull'applicazione pratica dei risultati ottenuti si rimanda agli elaborati grafici di carpenterie e delle fasi realizzative allegate al presente progetto esecutivo.

Si riporta nella tabella seguente l'entità dell'incidenza del peso delle armature rapportate al volume di calcestruzzo.

TIPO DI OPERA	SOTTO-STRUTTURA	INCIDENZA ARMATURE
TOMBINO		168 kg/mc
MURI LATERALI	Soletta in elevazione	69.87 kg/mc
	Soletta di fondazione	50.32 kg/mc
POZZETTI	Piedritti	168 kg/mc
	Platea	168 kg/mc