

COMMITTENTE:



ALTA Sorveglianza:



GENERAL CONTRACTOR:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA
 LEGGE OBIETTIVO N. 443/01
 LINEA A.V. /A.C. TORINO – VENEZIA Tratta MILANO – VERONA
 Lotto Funzionale Brescia-Verona
 PROGETTO DEFINITIVO**

Svincolo di Sirmione

Relazione generale illustrativa

IL PROGETTISTA INTEGRATORE

saipem spa
Tommaso Taranta

Dottore in Ingegneria Civile iscritto all'Albo degli Ingegneri della Provincia di Milano al n. A23768 - Sez. A Settore a) civile e ambientale b) industriale c) dell'informazione) civile e ambientale d) dell'informazioni
Tel. 02.52028009 CF. e P.IVA 0823709157

IL PROGETTISTA

saipem spa
Tommaso Taranta

Dottore in Ingegneria Civile iscritto all'Albo degli Ingegneri della Provincia di Milano al n. A23768 - Sez. A Settore a) civile e ambientale b) industriale c) dell'informazione) civile e ambientale d) dell'informazioni
Tel. 02.52028009 CF. e P.IVA 0823709157

ALTA Sorveglianza



| Verificato | Data | Approvato | Data |
|------------|------|-----------|------|
| | | | |
| | | | |

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I | N | 0 | 5 | 0 | 0 | D | E | 2 | R | O | N | V | 1 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

| PROGETTAZIONE GENERAL CONTRACTOR | | | | | | | | | Autorizzato/Data |
|----------------------------------|----------|-------------------|---------|----------|------------|----------|-----------|----------|--|
| Rev. | Data | Descrizione | Redatto | Data | Verificato | Data | Approvato | Data | Consorzio Cepav due Project Director (Ing. F. Lombardi) Data: _____ |
| 0 | 31.03.14 | Emissione per CdS | M.T. | 31.03.14 | LAZZARI | 31.03.14 | LAZZARI | 31.03.14 | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |

SAIPEM S.p.a. COMM. 032121

Data: 31.03.14

Doc. N.: 26844_03.doc

Progetto cofinanziato dalla Unione Europea

CUP: F81H91000000008

INDICE

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | PREMESSA | 4 |
| 2 | NORMATIVA DI RIFERIMENTO | 5 |
| 2.1 | PONTI STRADALI..... | 5 |
| 2.2 | BARRIERE STRADALI..... | 5 |
| 2.3 | STRADE..... | 5 |
| 3 | RIFERIMENTI..... | 7 |
| 4 | OPERE D'ARTE PRINCIPALI | 9 |
| 4.1 | OPERE MINORI | 10 |
| 5 | CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA STRADA IN PROGETTO..... | 11 |
| 5.1 | VERIFICHE DEL TRACCIATO | 12 |
| 5.1.1 | <i>VERIFICA CARATTERISTICHE PLANIMETRICHE.....</i> | <i>12</i> |
| 5.2 | VERIFICA DEL PARAMETRO A DELLE CURVE A RAGGIO VARIABILE..... | 15 |
| 5.3 | ANDAMENTO PLANIMETRICO DELL'ASSE | 16 |
| 5.3.1 | <i>ELEMENTI DELL'ASSE A CURVATURA COSTANTE.....</i> | <i>16</i> |
| 5.3.2 | <i>ELEMENTI DELL'ASSE A CURVATURA VARIABILE</i> | <i>16</i> |
| 5.3.3 | <i>VERIFICA DELLE CARATTERISTICHE ALTIMETRICHE</i> | <i>16</i> |
| 5.3.4 | <i>DISTANZA DI VISIBILITÀ.....</i> | <i>17</i> |
| 5.3.5 | <i>STRADE PODERALI.....</i> | <i>19</i> |
| 6 | PAVIMENTAZIONE STRADALE..... | 20 |
| 7 | BARRIERE STRADALI | 21 |
| 8 | RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI SOSTEGNO | 23 |
| 8.1 | NORMATIVA DI RIFERIMENTO | 23 |
| 8.1.1 | <i>NORMATIVA DI CARATTERE GENERALE.....</i> | <i>23</i> |
| 8.1.2 | <i>NORMATIVA SPECIFICA PER LE STRUTTURE</i> | <i>23</i> |
| 8.1.3 | <i>NORMATIVA SPECIFICA PER I PONTI STRADALI.....</i> | <i>24</i> |
| 8.2 | MURO DI SOSTEGNO..... | 24 |

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N. 26844_03

Progetto
IN05

Lotto
00

Codifica Documento
DE2RONV1900001

Rev.
0

Foglio
3 di 34

| | | |
|--------|--|----|
| 8.2.1 | PREMESSA..... | 24 |
| 8.2.2 | MATERIALI..... | 24 |
| 8.2.3 | GEOMETRIA DELLA STRUTTURA..... | 25 |
| 8.2.4 | ANALISI DEI CARICHI..... | 26 |
| 8.2.5 | CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI..... | 27 |
| 8.2.6 | VERIFICA AL RIBALTAMENTO:..... | 28 |
| 8.2.7 | VERIFICA ALLO SCORRIMENTO:..... | 29 |
| 8.2.8 | VERIFICA ALLO SCHIACCIAMENTO..... | 30 |
| 8.2.9 | MURO..... | 31 |
| 8.2.10 | MENSOLA DI VALLE..... | 31 |
| 8.2.11 | MENSOLA DI MONTE..... | 32 |
| 9 | CHIUSURE TEMPORANEE DELLE RAMPE DI SVINCOLO..... | 34 |

NB: TUTTI GLI ELABORATI DI RIFERIMENTO PRESENTI ALL'INTERNO DEL DOCUMENTO SONO DA INTENDERSI CON IL CODICE COMMESSA "IN05" IN LUOGO DI "A202"

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N. 26844_03

Progetto
IN05

Lotto
00

Codifica Documento
DE2RONV1900001

Rev.
0

Foglio
4 di 34

1 PREMESSA

Oggetto della presente relazione è il progetto definitivo relativo allo svincolo autostradale di Sirmione in provincia di Brescia nell'ambito delle sistemazioni che interferiscono con la realizzazione della linea ferroviaria Torino – Venezia, tratta Milano – Verona, lotto funzionale Brescia-Verona.

Tale intervento consiste nell'adeguamento e riprofilatura altimetrica dei rami di svincolo in uscita e in entrata in A4, verso Milano o Venezia.

2 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Si elencano di seguito, a titolo indicativo e non esaustivo, alcune delle disposizioni di legge vigenti:

2.1 **PONTI STRADALI**

- D. M. Min. LL. PP. del 4 maggio 1990 – Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, la esecuzione e il collaudo dei ponti stradali
- Circolare Min. LL. PP. n. 34233 del 25 febbraio 1991 – Istruzioni relative alla normativa tecnica dei ponti stradali

2.2 **BARRIERE STRADALI**

- D.m. 18 febbraio 1992, n. 223 (G.U. n. 139 del 16.6.95) – barriere stradali di sicurezza. Decreto ministeriale 18 febbraio 1992, n. 223
- Circolare 9 giugno 1995, n. 2595 (G.U. n. 139 del 16.6.95) – barriere stradali di sicurezza. Decreto ministeriale 18 febbraio 1992, n. 223.
- D.M. 15 ottobre 1996 (G.U. n. 283 del 3.12.96) – Aggiornamento del decreto ministeriale 18 febbraio 1992, n. 223, recante istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza
- D. M. Min. LL. PP. del 3 giugno 1998 – Ulteriore aggiornamento delle istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza e delle prescrizioni tecniche per le prove ai fini dell'omologazione
- D. M. Min. LL. PP. del 11 giugno 1999 – Integrazioni e modificazioni al decreto ministeriale 3 giugno 1998, recante “Aggiornamenti delle istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza “
- D.M. 2 agosto 2001 (G.U. n. 301 del 29.12.01) – Proroga dei termini previsti dall'art. 3 del D.M. 11 giugno 1999, inerente le barriere stradali di sicurezza
- D.M. 21 giugno 2004 (G.U. n. 182 del 5-8-2004) – Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti. Aggiornamento delle istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza e le prescrizioni tecniche per le prove delle barriere di sicurezza stradale
- D.M. 9 gennaio 1996; Circ. Min. 15 ottobre 1996 n. 4622 – istituti autorizzati all'esecuzione di prove d'impatto in scala reale su barriere stradali di sicurezza.

2.3 **STRADE**

- D.M. 5 novembre 2001 – Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade
- D.M. 22 aprile 2004 – Modifica del decreto 5 novembre 2001, n. 6792, recante “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade”
- Studio prenormativo sulle caratteristiche geometriche, di traffico e di illuminazione delle intersezioni stradali urbane ed extraurbane – Rapporto Finale coordinato del 28 marzo 2001
- Decreto Legislativo 30 aprile 1992 n. 285– Nuovo codice della strada;
- D.P.R. 16 dicembre 1992 n. 495 – Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo codice della strada;

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N. 26844_03

Progetto
IN05

Lotto
00

Codifica Documento
DE2RONV1900001

Rev.
0

Foglio
6 di 34

- D.Lgs. 15 gennaio 2002 n. 9 – disposizioni integrative e correttive del nuovo codice della strada, a norma dell'articolo 1, comma 1, della L. 22 marzo 2001, n. 85.
- D.L. 20 giugno 2002 n. 121 – disposizioni urgenti per garantire la sicurezza nella circolazione stradale
- L. 1 agosto 2002 n. 168 – conversione in legge, con modificazioni, del D.L. 20 giugno 2002, n. 121, recante disposizioni urgenti per garantire la sicurezza nella circolazione stradale
- D.L. 27 giugno 2003 n. 151 – modifiche ed integrazioni al codice della strada
- L. 1 agosto 2003 n. 214 – conversione in legge, con modificazioni, del D.L. 27 giugno 2003, n. 151, recante modifiche ed integrazioni al codice della strada
- D.M. 30 novembre 1999 n. 557 – Regolamento recante norme per la definizione delle caratteristiche tecniche delle piste ciclabili
- Bollettino CNR n. 150 – Norme sull'arredo funzionale delle strade urbane
- D.M. 16 gennaio 1996; Circ. Min. 4 luglio 1996 n. 156 – azioni ambientali
- D.M. 16 gennaio 1996; Circ. Min. 10 aprile 1997 n. 65/AA.GG. – istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche" di cui al decreto ministeriale 16 gennaio 1996.

3 RIFERIMENTI

Per la redazione della presente relazione si è fatto riferimento ai seguenti elaborati:

| | | |
|-------|----|--|
| 26826 | 00 | SVIN SIRMIONE-COROGRAFIA |
| 26827 | 00 | SVIN SIRMIONE-PLANIMETRIA GENERALE |
| 26828 | 00 | SVIN SIRMIONE-Planimetria DI TRACCIAMENTO |
| 26829 | 00 | SVIN SIRMIONE-Planimetria PROFILO LONGITUDINALE E SEZIONI TIPO |
| 26830 | 00 | SVIN SIRMIONE-PROFILI TECNICI LONGITUDINALI |
| 26831 | 00 | SVIN SIRMIONE-PLANIMETRIA BARRIERE DI SICUREZZA |
| 26832 | 00 | SVIN SIRMIONE-SCHEMA FASI COSTRUTTIVE |
| 26834 | 00 | SVIN SIRMIONE-SEZIONI TIPO 1/2 |
| 26835 | 00 | SVIN SIRMIONE-SEZIONI TIPO 2/2 |
| 26836 | 00 | SVIN SIRMIONE-RAMPA 1 SEZIONI TRASVERSALI 1/2 |
| 26837 | 00 | SVIN SIRMIONE-RAMPA 1 SEZIONI TRASVERSALI 2/2 |
| 26838 | 00 | SVIN SIRMIONE-RAMPA 2 SEZIONI TRASVERSALI 1/2 |
| 26839 | 00 | SVIN SIRMIONE-RAMPA 2 SEZIONI TRASVERSALI 2/2 |
| 26840 | 00 | SVIN SIRMIONE-RAMPA 3 SEZIONI TRASVERSALI 1/2 |
| 26841 | 00 | SVIN SIRMIONE-RAMPA 3 SEZIONI TRASVERSALI 2/2 |
| 26842 | 00 | SVIN SIRMIONE-STRADA PODERALE SEZIONI TRASVERSALI |
| 26844 | 00 | SVIN SIRMIONE-Relazione generale illustrativa |
| 26845 | 00 | SVIN SIRMIONE-RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA |
| 26847 | 00 | SVIN SIRMIONE-RAMPA 1 TOMB D600 PROG. 0+052,024 |
| 26848 | 00 | SVIN SIRMIONE-RAMPA 1 TOMB D1000 PROG. 0+240,000 |
| 26849 | 00 | SVIN SIRMIONE-RAMPA 2 TOMB D1000 PROG. 0+244,590 |
| 26850 | 00 | SVIN SIRMIONE-RAMPA 1 MURO DI SOSTEGNO TRA PROG. 0+445,280 E 0+482,560 |
| 26851 | 00 | SVIN SIRMIONE-RAMPA 1 COLLETTORE TRA PROG. 0+380,000 E 0+535,305 |
| 26852 | 00 | SVIN SIRMIONE-RAMPA 3 TOMB D1200 PROG. 0+353,439 |
| 26853 | 00 | SVIN SIRMIONE-STRADA PODERALE TOMB D600 PROG 0+176,904 |
| 26856 | 00 | SVIN SIRMIONE-PLANIMETRIA DI SISTEMAZIONE IDRAULICA |
| 26857 | 00 | SVIN SIRMIONE-PARTICOLARI IDRICI |

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N. 26844_03

Progetto
IN05Lotto
00Codifica Documento
DE2RONV1900001Rev.
0Foglio
8 di 34

Di seguiti si riportano gli elaborati interessati da successive revisioni:

| Unit | Class (2 car.) | Size | Number (5 digits) | REV | Doc. Description (up to 72 characters) | COD ELA | N. | REV |
|------|----------------|------|-------------------|-----|--|---------------------------|----|-----|
| 03 | IP | A | 26829 | 01 | SVIN SIRMIONE-Planimetria PROFILO LONGITUDINALE E SEZIONI TIPO | A20200DE2 PZ NR19 0 0 001 | 1 | 1 |
| 03 | IP | A | 26831 | 01 | SVIN SIRMIONE-PLANIMETRIA BARRIERE DI SICUREZZA | A20200DE2 P7 NR19 0 0 003 | 1 | 1 |
| 03 | IP | A | 26834 | 02 | SVIN SIRMIONE-SEZIONI TIPO 1/2 | A20200DE2 WZ NR19 0 0 001 | 2 | 2 |
| 03 | IP | A | 26835 | 02 | SVIN SIRMIONE-SEZIONI TIPO 2/2 | A20200DE2 WZ NR19 0 0 002 | 2 | 2 |
| 03 | IP | A | 26836 | 01 | SVIN SIRMIONE-RAMPA 1 SEZIONI TRASVERSALI 1/2 | A20200DE2 WZ NR19 0 0 003 | 1 | 1 |
| 03 | IP | A | 26837 | 01 | SVIN SIRMIONE-RAMPA 1 SEZIONI TRASVERSALI 2/2 | A20200DE2 W9 NR19 0 0 001 | 1 | 1 |
| 03 | IP | A | 26838 | 01 | SVIN SIRMIONE-RAMPA 2 SEZIONI TRASVERSALI 1/2 | A20200DE2 W9 NR19 0 0 002 | 1 | 1 |
| 03 | IP | A | 26839 | 01 | SVIN SIRMIONE-RAMPA 2 SEZIONI TRASVERSALI 2/2 | A20200DE2 W9 NR19 0 0 003 | 1 | 1 |
| 03 | IP | A | 26840 | 01 | SVIN SIRMIONE-RAMPA 3 SEZIONI TRASVERSALI 1/2 | A20200DE2 W9 NR19 0 0 004 | 1 | 1 |
| 03 | IP | A | 26841 | 01 | SVIN SIRMIONE-RAMPA 3 SEZIONI TRASVERSALI 2/2 | A20200DE2 W9 NR19 0 0 005 | 1 | 1 |
| 03 | IP | A | 26842 | 01 | SVIN SIRMIONE-STRADA PODERALE SEZIONI TRASVERSALI | A20200DE2 W9 NR19 0 0 006 | 1 | 1 |
| 03 | IR | E | 26844 | 02 | SVIN SIRMIONE-Relazione generale illustrativa | A20200DE2 RO NR19 0 0 001 | 2 | 2 |
| 03 | ID | A | 26847 | 02 | SVIN SIRMIONE-RAMPA 1 TOMB D600 PROG. 0+052,024 | A20200DE2 BZ NR19 0 0 001 | 1 | 1 |
| 03 | ID | A | 26848 | 01 | SVIN SIRMIONE-RAMPA 1 TOMB D1000 PROG. 0+240,000 | A20200DE2 BZ NR19 0 0 002 | 1 | 1 |
| 03 | ID | A | 26849 | 01 | SVIN SIRMIONE-RAMPA 2 TOMB D1000 PROG. 0+244,590 | A20200DE2 BZ NR19 0 0 003 | 1 | 1 |
| 03 | ID | A | 26850 | 02 | SVIN SIRMIONE-RAMPA 1 MURO DI SOSTEGNO TRA PROG. 0+445,280 E 0+482,560 | A20200DE2 BZ NR19 0 0 004 | 1 | 1 |
| 03 | ID | A | 26851 | 02 | SVIN SIRMIONE-RAMPA 1 COLLETTORE TRA PROG. 0+380,000 E 0+535,305 | A20200DE2 BZ NR19 0 0 005 | 1 | 1 |
| 03 | ID | A | 26852 | 02 | SVIN SIRMIONE-RAMPA 3 TOMB D1200 PROG. 0+353,439 | A20200DE2 BZ NR19 0 0 006 | 1 | 1 |
| 03 | ID | A | 26853 | 01 | SVIN SIRMIONE-STRADA PODERALE TOMB D600 PROG 0+176,904 | A20200DE2 BZ NR19 0 0 007 | 1 | 1 |
| 03 | IP | A | 26856 | 02 | SVIN SIRMIONE-PLANIMETRIA DI SISTEMAZIONE IDRAULICA | A20200DE2 P7 NR19 0 0 004 | 2 | 2 |
| 03 | ID | A | 26857 | 01 | SVIN SIRMIONE-PARTICOLARI IDRICI | A20200DE2 BZ NR19 0 0 008 | 1 | 1 |

4 OPERE D'ARTE PRINCIPALI

Le opere d'arte principali previste nel progetto relativo allo svincolo autostradale Sirmione, in provincia di Brescia, sono:

- Muro di sostegno a mensola, su fondazione diretta per il contenimento della sede viaria;

Si è reso indispensabile la presenza del muro di sostegno al fine di aumentare la larghezza della sede autostradale e prevedere quindi una corsia di immissione per la Rampa 1 (vedi fig. 1 e fig.2)

La presenza del viadotto sovrastante richiede, al fine di non interferirne con le fondazioni, un consolidamento di jet grouting sub-orizzontale prima della costruzione del muro.

Rimandiamo al capitolo 8 per lo specifico delle caratteristiche geometriche e di calcolo del manufatto.

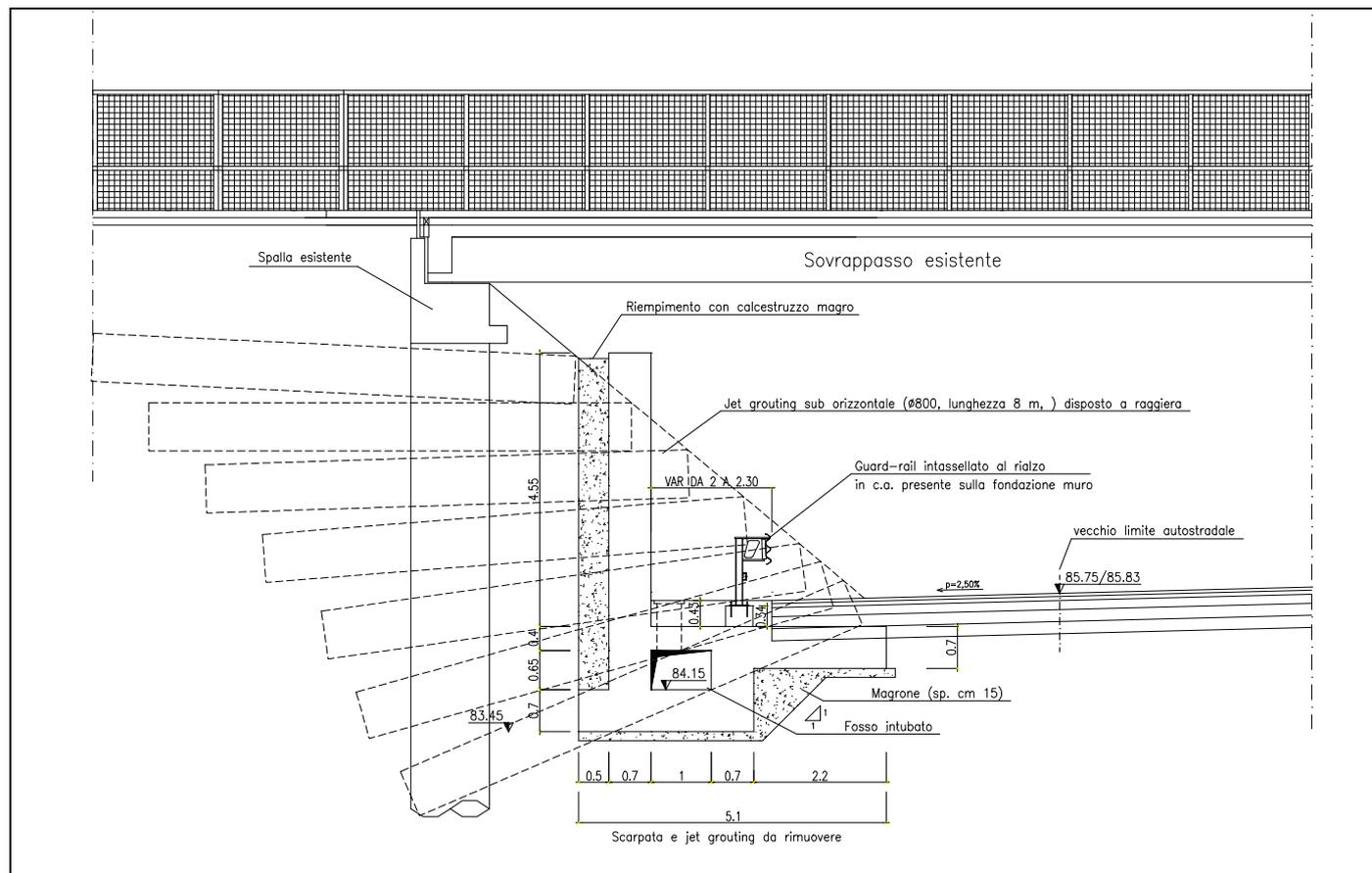


Figura 1. sezione trasversale muro di sostegno

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N. 26844_03

Progetto
IN05

Lotto
00

Codifica Documento
DE2RONV1900001

Rev.
0

Foglio
10 di 34

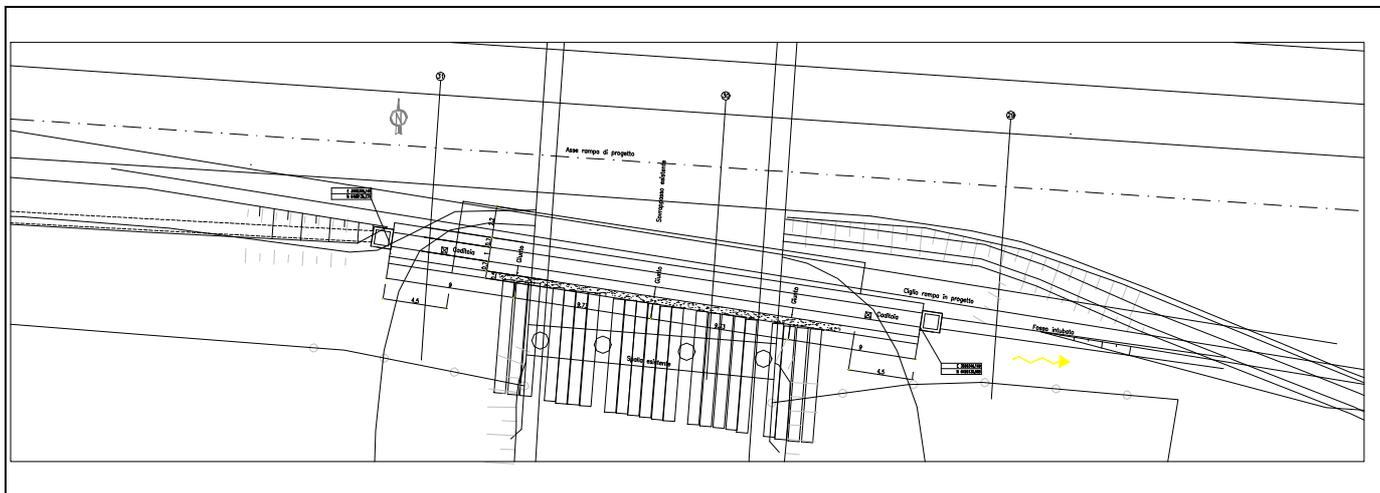


Figura 2. stralcio planimetrico

4.1 OPERE MINORI

Per la completa realizzazione dell'infrastruttura sono previste opere minori quali tombini di attraversamento stradali, collettori di deflusso acque e cavidotti impiantistici.

I tombini di deflusso idrico sono stati progettati e verificati secondo i parametri idrologici dettati da ITALFERR.

Per i fossi di guardi a è garantita la continuità dei sistemi di irrigazione oltre che la raccolta e l'allontanamento delle acque meteoritiche dalla piattaforma.

Si rimanda alla relazione idraulica ed idrologica per le specifiche sulla geometria del manufatto e i dati di calcolo.

5 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA STRADA IN PROGETTO

La strada in progetto presenta caratteristiche geometriche delle rampe di intersezioni a livelli sfalsati secondo quanto previsto dalle "Norme sulle caratteristiche geometriche e di traffico delle intersezioni stradale urbane" del C.N.R. (n°90 Aprile 1983).

Sembra opportuno tener conto dello studio prenormativo sulle intersezioni stradali che recepisce le indicazioni del D.M. 5/11/2001 e che costituirà la base per la redazione di una Norma specifica di prossima emanazione.

L'intervento in oggetto prevede la costruzione di due rampe monodirezionali e una bidirezionale; la rampa '1' è costituita da una corsia da 4,75 metri e con una banchina sinistra di 1,50 metri e una banchina destra di 1,00 metro, la sezione trasversale della rampa '2' presenta due carreggiate composte da due corsie da 4,25 metri e due banchine laterali di 1,50 metri con uno spartitraffico centrale di 2,50 metri; infine la rampa '3' è costituita da una corsia di 4,75 metri, una banchina sinistra di 1,00 metro e una banchina destra di 1,50 metri.

I tracciati studiati per le tre rampe presentano un andamento plano-altimetrico regolare; la rampa '1' ha pendenza trasversale massima di progetto pari al 6%, planimetricamente, il percorso inizia con rettilineo di lunghezza pari 46,767 metri, prosegue con un raccordo circolare di raggio 77,50 metri, una clotoide di parametro A pari a 77,50 e termina con un rettilineo di lunghezza pari a 110,187 metri.

La rampa '2' ha una pendenza trasversale massima pari a 4,50% e dal punto di vista planimetrico presenta due rettilineo di lunghezza pari rispettivamente a 45,388 e 28,099 metri raccordati da una curva di raggio pari a 150 metri.

Infine, gli elementi planimetrici di cui è composta la rampa '3' sono: un rettilineo di lunghezza pari a 48,308 metri, un raccordo circolare di raggio pari a 200 metri, due raccordi a curvatura variabile aventi parametro A rispettivamente pari a 106,080 e 132,600, un raccordo circolare di raggio 250 metri, una clotoide caratterizzata da parametro 200 ed infine un rettilineo di sviluppo pari a 114,929.

Altimetricamente la rampa '3' presenta una pendenza trasversale massima pari a 4,50%.

La Rampa 1, quella in uscita nella direzione Verona dell'autostrada A4, è caratterizzata da una tipologia di uscita ad ago.

Non essendoci normative che regolamentino le intersezioni, sono state prese in considerazione le note di indirizzo sulle intersezioni derivanti da studi pre-normativi sull'oggetto, dalle quali si evince quanto segue:

applicando la formula $L = \frac{V_1^2 - V_2^2}{2a}$, generalmente accettata come valida per determinare la lunghezza L,

ove L rappresenta lo spazio nel quale è possibile variare la velocità da V_1 a V_2 con una decelerazione pari ad $a = 3 \frac{m}{sec^2}$, viene considerata una V_1 (velocità di progetto dell'asse autostradale) pari a $130 \frac{Km}{h}$ ridotta del

15% in base alle considerazioni dello studio pre-normativo, pari quindi a $110,5 \frac{Km}{h}$, ed una V_2 (velocità di

progetto della rampa di uscita, chiamata Rampa 1) pari a $40 \frac{Km}{h}$; esprimendo le velocità in $\frac{m}{s}$ ed

applicando al formula sopra citata, otteniamo una lunghezza pari a 136,53 m.

Tale lunghezza è considerata quella minima necessaria per ottenere la variazione di velocità da V_1 a V_2 . La Rampa 1 garantisce una lunghezza in rettilineo (dopo che la sede della rampa ha assunto la sua larghezza per intero) di 110 m, più un'ulteriore lunghezza della curva di raggio variabile di 77,5 m (in asse di



tracciamento), garantendo quindi una lunghezza totale pari a 187.5 m per la decelerazione, in accordo con quanto calcolato precedentemente.

Per quanto concerne la Rampa 3, quella di immissione nell'autostrada A4 in direzione Verona, gli studi pre-normativi suggeriscono un tronco di accelerazione minimo di 128 m, utilizzando un raggio di curvatura di 45 m precedente la curva a raggio variabile.

Questa è la situazione più restrittiva presa in considerazione ed ampiamente soddisfatta dalle caratteristiche geometriche della Rampa 3, la quale presenta un raggio di 250 m ed uno sviluppo della curva a raggio variabile (tronco di accelerazione) pari a 160 m. Infine, per quanto riguarda il tronco di immissione, si è considerato un rapporto tra i flussi di traffico dell'autostrada A4 e della rampa pari a 10 a 1 per il quale una lunghezza di 75 m è ritenuto un valore congruo con le considerazioni sopra esposte.

5.1 VERIFICHE DEL TRACCIATO

Le verifiche del tracciato sono state svolte, per l'analisi di congruenza delle caratteristiche di composizione planimetrica ed altimetrica dell'asse e dell'organizzazione delle sezioni trasversali tipo, secondo le indicazioni dello "Studio prenormativo sulle caratteristiche geometriche, di traffico e di illuminazione delle intersezioni stradali urbane ed extraurbane" – Rapporto Finale coordinato del 28 marzo 2001.

5.1.1 VERIFICA CARATTERISTICHE PLANIMETRICHE

La verifica delle caratteristiche planimetriche è stata eseguita controllando le seguenti condizioni:

Raggio minimo delle curve planimetriche.

Il valore del raggio minimo è stato calcolato facendo riferimento alle tabelle presenti nel D.M. 5.11.2001; la relazione tra raggio di curvatura e velocità della curva stessa è riportata in un abaco all'interno della normativa (Fig. 5.2.4.a) e riassunto nella tabella seguente:

| | | | | |
|-----------------------------|----|-----|-----|-----|
| Raggio di curvatura (m) | 45 | 118 | 178 | 252 |
| Velocità di progetto (km/h) | 40 | 60 | 70 | 80 |

$$R_{\min} = 45 \text{ (m)}$$

$$R^* = 437 \text{ (m)}$$

$$R_{2.5} = 2187 \text{ (m)}$$

Nel nostro progetto il raggio minimo da considerare è quello del raccordo circolare della rampa'1' pari a 77,5m.



Rettilinei.

Per evitare il superamento delle velocità consentite, la monotonia, la difficile valutazione delle distanze e per ridurre l'abbagliamento nella guida notturna è opportuno che la lunghezza dei rettilinei sia contenuta entro:

$$L_r = 22 \times V_{pMax} = 1760m$$

Un rettilineo inoltre, per essere correttamente percepito come tale dall'utente, deve avere una lunghezza non inferiore ai valori riportati nella tabella seguente.

| | | | | | | | | | | | |
|-------------------|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Velocità (km/h) | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 |
| Lunghezza min (m) | 30 | 40 | 50 | 65 | 90 | 115 | 150 | 190 | 250 | 300 | 360 |

Nel nostro progetto i rettilinei finali della rampa '1' e '3' costituiscono rispettivamente la corsia di decelerazione ed accelerazione in A4 e volendoli proporzionare alla velocità, in genere modesta, consentita dalle rampe, assumono considerevole lunghezza, superiore ai limiti consentiti dalla tabella soprascritta, mentre per tutti gli altri rettilinei risultano soddisfatti i criteri precedentemente esposti.

Curve circolari:

La Norma prevede che una curva circolare, per essere percepita dagli utenti deve essere percorsa per almeno 2.5 secondi e quindi deve avere uno sviluppo minimo, valutato con riferimento alla velocità di progetto della curva, pari a:

$$L_{C,min} = 2.5 \times V_p (m/s)$$

A tal fine possono essere di aiuto i valori riportati nella tabella seguente:

| | | | | |
|------------------|------|------|------|------|
| Velocità (km/h) | 40 | 60 | 70 | 80 |
| Sviluppo min (m) | 27.8 | 41.7 | 48.6 | 55.6 |

Nel nostro progetto, nelle curve da prendere in esame, la norma viene rispettata per tutte e tre le rampe, in particolare nella rampa '1' la curva '1' ha raggio pari a 77,50 m, sviluppo pari a 180,850, velocità di progetto pari a 80km/h e tempo di percorrenza pari a 3,25 s.

La pendenza trasversale della curva '1' è del 6%

Nella rampa '2' la curva '1' ha raggio pari a 150 m, sviluppo pari a 202,743, velocità di progetto pari a 80km/h e tempo di percorrenza pari a 3,65 s.

La pendenza trasversale della curva '1' è del 4,5%.

Nella rampa '3' la curva '1' ha raggio pari a 200 m, sviluppo pari a 94,938, velocità di progetto pari a 40km/h e tempo di percorrenza pari a 3,42 s; dal punto di vista altimetrico la pendenza trasversale della curva è pari al 4,5%.

La curva '2' ha raggio pari a 250 m, sviluppo pari a 92,548, velocità di progetto pari a 40km/h e tempo di percorrenza pari a 3,33 s; per la curva '2' si è progettata una pendenza trasversale del 4%.

Inoltre sono state eseguite le verifiche dinamiche del veicolo per le suddette curve con i dati indicati precedentemente, che ne verificano la corretta percorrenza.

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N. 26844_03

Progetto
IN05

Lotto
00

Codifica Documento
DE2RONV1900001

Rev.
0

Foglio
14 di 34

Tra un rettilineo L_r ed il raggio più piccolo fra quelli delle due curve collegate al rettilineo stesso, deve essere rispettata la relazione:

$$\text{per } L < 300 \text{ m} \quad R \geq L$$

$$\text{per } L \geq 300 \text{ m} \quad R \geq 400 \text{ m}$$



5.2 VERIFICA DEL PARAMETRO A DELLE CURVE A RAGGIO VARIABILE

In tutti i casi in cui sono state inserite curve a raggio variabile sono state eseguite le seguenti verifiche:

Criterio 1 (Limitazione del contraccolpo)

Affinché lungo un arco di clotoide si abbia una graduale variazione dell'accelerazione trasversale non compensata nel tempo (contraccolpo), fra il parametro A e la massima velocità, V (km/h), per l'elemento di clotoide deve essere verificata la relazione:

$$A \geq 0,021 \times V^2$$

Criterio 2 (Sovrapendenza longitudinale delle linee di estremità della carreggiata)

Nelle sezioni di estremità di un arco di clotoide la carreggiata stradale presenta differenti assetti trasversali, che vanno raccordati longitudinalmente, introducendo una sovrappendenza nelle linee di estremità della carreggiata rispetto alla pendenza dell'asse di rotazione.

Nel caso in cui il raggio iniziale sia di valore infinito (rettilineo o punto di flesso), il parametro deve verificare la seguente disuguaglianza:

$$A \geq A_{\min} = \sqrt{\frac{R}{\Delta i_{\max}} \times 100 \times B_i (q_i + q_f)}$$

dove:

B_i = distanza fra l'asse di rotazione ed il ciglio della carreggiata nella sezione iniziale della curva a raggio variabile;

Δi_{\max} (%) = sovrappendenza longitudinale massima della linea costituita dai punti che distano B_i dall'asse di rotazione; in assenza di allargamento tale linea coincide con l'estremità della carreggiata;

$$q_i = \frac{i_{ci}}{100}$$

dove i_{ci} = pendenza trasversale iniziale, in valore assoluto

$$q_f = \frac{i_{cf}}{100}$$

con i_{cf} = pendenza trasversale finale, in valore assoluto

Criterio 3 (Ottico)

Per garantire la percezione ottica del raccordo deve essere verificata la relazione :

$$A \geq R/3$$

Inoltre, per garantire la percezione dell'arco di cerchio alla fine della clotoide, deve essere:

$$A \leq R$$



Si riportano nella seguente tabella i dati relativi alle quantità adottate e quelle richieste per soddisfare le richieste della normativa; come si evince i criteri di progettazione rispondono ai requisiti richiesti:

RAMPA '1':

| Curva | A | R | B | V | Δ imax | ici | icf | qi | qf | A | A | A | A | Amin |
|-------|------|----|----|------|---------------|-----|-----|------|-------|--------------|---------------|--------|--------|------|
| | | m | m | km/h | % | % | % | | | Contraccolpo | Sovrapendenza | Ottico | Ottico | |
| 1 | 77,5 | 78 | 11 | 60 | 3,3 | 6 | 2,5 | 0,06 | 0,025 | 75,6 | 46,9 | 25,8 | 77,5 | 75,6 |

RAMPA '2':

| Curva | A | R | B | V | Δ imax | ici | icf | qi | qf | A | A | A | A | Amin |
|-------|-----|-----|------|------|---------------|-----|-----|-------|-------|--------------|---------------|--------|--------|------|
| | | m | m | km/h | % | % | % | | | Contraccolpo | Sovrapendenza | Ottico | Ottico | |
| 1 | 106 | 200 | 6,25 | 60 | 1,875 | 4,5 | 0 | 0,045 | 0 | 75,6 | 54,8 | 66,7 | 200,0 | 75,6 |
| 2 | 133 | 125 | 6,25 | 60 | 1,875 | 0 | 4 | 0 | 0,04 | 75,6 | 40,8 | 41,7 | 125,0 | 75,6 |
| 2 | 200 | 125 | 6,25 | 60 | 1,875 | 4 | 2,5 | 0,04 | 0,025 | 75,6 | 52,0 | 41,7 | 125,0 | 75,6 |

5.3 ANDAMENTO PLANIMETRICO DELL'ASSE

L'andamento planimetrico dell'asse, costruito secondo i criteri esposti nel paragrafo precedente, è riportato sulle planimetrie di progetto ove in corrispondenza dei punti notevoli sono riportati, oltre alla progressiva, i dati relativi agli elementi geometrici (raggi, clotoidi, rettilinei).

5.3.1 ELEMENTI DELL'ASSE A CURVATURA COSTANTE

Questi elementi sono costituiti da rettilinei e archi circolari; il loro dimensionamento è stato dettato dai criteri esposti nei punti precedenti in accordo alle norme di riferimento citate.

5.3.2 ELEMENTI DELL'ASSE A CURVATURA VARIABILE

Questi elementi sono costituiti dalle clotoidi, rappresentabili da un'espressione parametrica del tipo: $rs = A^2$ (caso particolare di una famiglia di curve parametriche di espressione $rs^n = A^{(n+1)}$ dove $n =$ parametro di forma e $A =$ parametro geometrico).

Il loro dimensionamento avviene imponendo al parametro geometrico dei valori che non siano inferiori ai valori limiti indicati precedentemente.

Questi valori, come già detto, sono la conseguenza del rispetto di vincoli dinamici e geometrici tradotti in termini di parametro geometrico.

5.3.3 VERIFICA DELLE CARATTERISTICHE ALTIMETRICHE

Pendenze longitudinali massime

La pendenza massima delle rampe di svincolo, consentita dal D.M. 05.11.2001

La pendenza massima adottata nel nostro caso è stata del 4.5%

Raccordi verticali convessi (dossi)

Con riferimento alle distanze di visibilità, il raggio minimo viene determinato come di seguito:

Siano:

R_v = raggio del raccordo verticale convesso [m]

D = distanza di visibilità da realizzare [m]

Δ_i = variazione di pendenza delle due livellette, espressa in percento [%]

h_1 = altezza sul piano stradale dell'occhio del conducente [m]

h_2 = altezza dell'ostacolo [m]

se D è inferiore allo sviluppo L del raccordo si ha

$$R_v = \frac{D^2}{2x(h_1 + h_2 + 2x\sqrt{h_1 + h_2})}$$

se invece $D > L$

$$R_v = \frac{2x100}{\Delta_i} x \left(D - 100x \frac{h_1 + h_2 + 2x\sqrt{h_1 x h_2}}{\Delta_i} \right)$$

Si pone di norma $h_1 = 1,10$ m.

In caso di visibilità per l'arresto di un veicolo di fronte ad un ostacolo fisso, si pone $h_2 = 0,10$ m.

In caso di visibilità necessaria per il cambiamento di corsia si pone $h_2 = 1,10$ m.

Raccordi verticali concavi (sacche)

In base a quanto indicato dalla norma il raggio minimo dei raccordi verticali concavi (sacche) viene determinato come di seguito:

siano:

R_v = raggio del raccordo verticale concavo [m]

D = distanza di visibilità da realizzare per l'arresto di un veicolo di fronte ad un ostacolo fisso [m].

Δ_i = variazione di pendenza delle due livellette espressa in percento

h = altezza del centro dei fari del veicolo sul piano stradale

θ = massima divergenza verso l'alto del fascio luminoso rispetto l'asse del veicolo.

se D è inferiore allo sviluppo del raccordo si ha

$$R_v = \frac{D^2}{2 \cdot (h + D \sin \vartheta)}$$

se invece $D > L$

$$R_v = \frac{2 \cdot 100}{\Delta_i} \cdot \left[D - \frac{100}{\Delta_i} \cdot (h + D \sin \vartheta) \right]$$

e ponendo $h = 0,5$ m e $\theta = 1^\circ$ si hanno i valori riportati nella fig. 5.3.4.a del D.M. 05.11.2001.

5.3.4 DISTANZA DI VISIBILITÀ

La distanza di visibilità per l'arresto è stata calcolata in base al grafico riportato nella figura 5.1.2.c del D.M. 05.11.2001, rispettando gli allargamenti in curva richiesti dalla normativa, sia il franco di visibilità, soprattutto per quanto riguarda il posizionamento delle barriere di sicurezza laterali.

Il franco F di visibilità necessario si ricava dalla relazione seguente:

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N. 26844_03

Progetto
IN05

Lotto
00

Codifica Documento
DE2RONV1900001

Rev.
0

Foglio
18 di 34

$$F = R \left(1 - \cos \frac{D}{2R} \right)$$



5.3.5 STRADE PODERALI

Dal momento che la costruzione della rampa '3' interferiva con una strada poderale si è proceduto allo spostamento della stessa.

Il tracciato studiato presenta un andamento planimetrico sinuoso mentre altimetricamente la pendenza trasversale massima in progetto è del 2,50%.

Gli elementi planimetrici presenti sono rettifili, raccordi circolari e clotoidi progettati per soddisfare i requisiti richiesti dalla normativa.

La sezione stradale comprende una carreggiata di 6 m La composizione del pacchetto stradale, secondo quanto riportato anche nelle sezioni tipo allegate al presente progetto, è conforme a quanto riportato nella tabella seguente.

| Strato | Spessore |
|--|----------|
| Manto di usura in conglomerato bituminoso chiuso | cm 4 |
| Strato di binder in conglomerato bituminoso semiaperto | cm 4 |
| Strato di base in misto bitumato in conglomerato bituminoso aperto | cm 8 |
| Strato di fondazione con inerti stabilizzati e compattati | cm 20 |

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N. 26844_03

Progetto
IN05

Lotto
00

Codifica Documento
DE2RONV1900001

Rev.
0

Foglio
20 di 34

6 PAVIMENTAZIONE STRADALE

La composizione del pacchetto stradale delle rampe, secondo quanto riportato anche nelle sezioni tipo allegate al presente progetto, è conforme a quanto riportato nella tabella seguente.

| Strato | Spessore |
|--|-----------------|
| Manto di usura in conglomerato bituminoso chiuso | cm 5 |
| Strato di binder in conglomerato bituminoso semiaperto | cm 7 |
| Strato di base in misto bitumato in conglomerato bituminoso aperto | cm 15 |
| Strato in misto cementato | cm 20 |

7 BARRIERE STRADALI

La scelta delle barriere avviene tenendo conto della loro destinazione ed ubicazione, del tipo e delle caratteristiche della strada, nonché di quelle del traffico che interesserà l'arteria, classificato in ragione dei suoi volumi, della presenza dei mezzi che lo compongono e distinto nei tre tipi seguenti:

Traffico tipo I: quando $TGM \leq 1000$ con qualsiasi percentuale di veicoli merci o quando $TGM \geq 1000$ con la presenza di veicoli di peso superiore a 30 kN in quantità non superiore al 5% del totale;

Traffico tipo II: quando, con $TGM \geq 1000$, la presenza di veicoli di peso superiore a 30 kN sia compresa tra il 5% ed il 15% del totale.

Traffico tipo III: quando, con $TGM \geq 1000$, la presenza di veicoli di peso superiore a 30 kN sia maggiore del 15% del totale.

Per TGM si intende il Traffico Giornaliero Medio annuale nei due sensi di marcia.

La seguente tabella A riporta, in funzione del tipo di strada, del tipo di traffico e della destinazione della barriera, le classi minime da impiegare. Si fa riferimento alla classificazione prevista dal DL 30/04/1992, n. 285 (Nuovo Codice della Strada) e successive modificazioni, per definire la tipologia di strada di progetto.

All'art. 2 del nuovo Codice della Strada è indicato:

Strada Extraurbana Secondaria: "strada ad unica carreggiata con almeno una corsia per senso di marcia e banchine".

| TIPO DI STRADE | TRAFFICO | DESTINAZIONE | | |
|-----------------------------------|----------|--------------------|----------------|-------------|
| | | a | b | c |
| | | spartitraffico (*) | bordo laterale | bordo ponte |
| Autostrade (A) | I | H2 | H1 | H2 |
| Strade extraurbane principali (B) | II | H3 | H2 | H3 |
| | III | H3-H4 | H2-H3 | H4 |
| Strade extraurbane secondarie (C) | I | H1 | N2 | H2 |
| | II | H2 | H1 | H2 |
| Strade urbane di scorrimento (D) | III | H2 | H2 | H3 |
| | I | N2 | N1 | H2 |
| Strade urbane di quartiere (E) | II | H1 | N2 | H2 |
| | III | H1 | H1 | H2 |
| Strade locali (F) | III | H1 | H1 | H2 |

(*) ove esistente

Tabella A: Relazioni "traffico – classe della barriera"

In definitiva, per l'intervento in progetto sono state previste delle barriere di sicurezza di sicurezza di tipo H3-H4 (bordo laterale e spartitraffico per strade extraurbane secondarie, in presenza di traffico di tipo I), secondo lo schema riportato nelle sezioni tipo facenti parte del presente progetto.

Per quanto concerne l'estensione, abbiamo per ciascuna rampa:

- RAMPA 1 : 498 m di barriere di sicurezza tipo "H3" e 259 m di barriere di sicurezza tipo "H4"
- RAMPA 2 : 932 m di barriere di sicurezza tipo "H3" e 0 m di barriere di sicurezza tipo "H4"

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N. 26844_03

Progetto
IN05

Lotto
00

Codifica Documento
DE2RONV1900001

Rev.
0

Foglio
22 di 34

□ RAMPA 3 : 570 m di barriere di sicurezza tipo “H3” e 321 m di barriere di sicurezza tipo “H4”
Si rimanda agli elaborati grafici per i dettagli sull’ubicazione delle barriere di sicurezza.

8 RELAZIONE DI CALCOLO MURO DI SOSTEGNO

8.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il progetto delle strutture e le disposizioni esecutive sono conformi alle norme attualmente in vigore ed in particolare:

8.1.1 NORMATIVA DI CARATTERE GENERALE

Legge n°1086 del 5 novembre 1971

Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica.

8.1.2 NORMATIVA SPECIFICA PER LE STRUTTURE

D.Min.LL.PP. 11 marzo 1988

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

Circ. Min.LL.PP. 24 settembre 1988 n°30483 AA.GG./STC.

Istruzioni riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione, di cui al decreto ministeriale 11 marzo 1988.

D.Min.LL.PP. 14 febbraio 1992

Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

Circ. Min.LL.PP. 24 giugno 1993 n°37406 AA.GG./STC.

Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche" di cui al decreto ministeriale 14 febbraio 1992.

D.Min.LL.PP. 9 gennaio 1996

Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche.

Circ. Min.LL.PP. 4 luglio 1996 n°156 AA.GG./STC.

Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi" di cui al decreto ministeriale 16 gennaio 1996.

D.Min.LL.PP. 16 gennaio 1996

Norme tecniche relative ai "Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi".

Circ. Min.LL.PP. 15 ottobre 1996 n°252 AA.GG./STC.

Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche" di cui al decreto ministeriale 9 gennaio 1996.

8.1.3 NORMATIVA SPECIFICA PER I PONTI STRADALI

D.Min.LL.PP. 4 maggio 1990

Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, la esecuzione e il collaudo dei ponti stradali.

Circ. Min.LL.PP. 25 febbraio 1991 n°34233

Istruzioni relative alla normativa tecnica dei ponti stradali.

8.2 MURO DI SOSTEGNO

8.2.1 PREMESSA

L'opera in oggetto è costituita da un muro di sostegno di altezza 5,60 m avente spessore 0,70 m. Nella fondazione di larghezza 5,10 m è stato ricavato un cavedio per il passaggio del canale. Lo spessore della fondazione del muro è 0,70 m.

Prima degli scavi per la realizzazione del muro, sarà realizzato nel rilevato a monte del manufatto un consolidamento mediante colonne di Jet grouting sub-orizzontale al fine di non interferire con le fondazioni del viadotto sovrastante.

A favore di sicurezza, nel calcolo della spinta delle terre sul muro, non si è considerata la presenza del consolidamento.

La struttura sarà realizzata in c.a. gettato in opera e le elevazioni avranno giunti intermedi di dilatazione in corrispondenza delle variazioni di altezza del muro.

Le azioni considerate nel calcolo sono quelle tipiche dei muri di sostegno. L'azione sismica viene valutata considerando un situ di terza categoria, caratterizzato da $S = 6$.

Il dimensionamento è il risultato dello studio effettuato su una struttura piana che descrive una striscia di muro di larghezza unitaria.

8.2.2 MATERIALI

8.2.2.1 CALCESTRUZZO

Per le fondazioni ed elevazioni si adotta un calcestruzzo di classe:

- $R_{ck} = 37 \text{ N/mm}^2$.

Di conseguenza i valori ammissibili per le tensioni risultano:

$\sigma_b = 11.5 \text{ N/mm}^2$

$\tau_{c0} = 0.693 \text{ N/mm}^2$

$\tau_{c1} = 2.029 \text{ N/mm}^2$

8.2.2.2 ACCIAIO IN TONDI AD ADERENZA MIGLIORATA

Si adotta acciaio FeB44 K (controllato in stabilimento) per tondi di diametro $\leq 26 \text{ mm}$, avente caratteristiche:

- $f_{yk} \geq 430 \text{ N/mm}^2$; soglia di snervamento,

Si adotta acciaio FeB38 (controllato in stabilimento) per tondi di diametro $\geq 28 \text{ mm}$ avente caratteristiche:

- $f_{yk} \geq 375 \text{ N/mm}^2$; soglia di snervamento.

Si adottano ricoprimenti minimi " c_{min} " pari a 4.0 cm.

Le verifiche a fessurazione sono state condotte considerando:

strutture poste a permanente contatto con il terreno (ambiente aggressivo)

$w_k = w_1 = 0.1 \text{ mm}$ per condizioni di carico non sismiche.

Il valore w_1 corrisponde al caso in cui il ricoprimento è uguale al valore minimo (2.5 cm). Per ricoprimenti "c" maggiori, le massime aperture ammissibili w_1 sopraindicate possono essere aumentate secondo il rapporto $c/c_{min} \leq 1.5$.

8.2.3 GEOMETRIA DELLA STRUTTURA

La geometria è quella riportata nella Fig. 1.

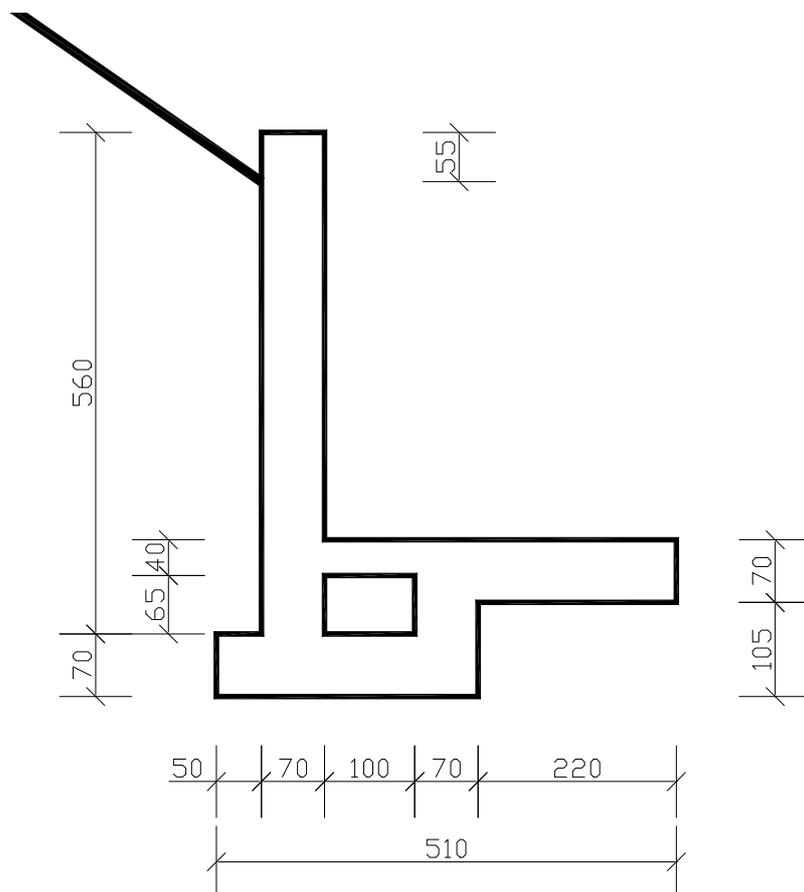


Fig. 1- Sezione trasversale muro di sostegno

8.2.4 ANALISI DEI CARICHI

Nel presente paragrafo si descrivono i carichi elementari da assumere per le verifiche di resistenza in esercizio ed in presenza dell'evento sismico (situ sismico di 3^a categoria, $S = 6$). La tipologia dell'opera, muro a mensola su fondazione diretta, consente di valutare la spinta del terreno mediante il coefficiente di spinta attiva.

Trattandosi di rilevato stradale si assumono i seguenti parametri geotecnici:

$$\gamma = 20,00 \text{ kN/m}^3$$

$$\phi = 35^\circ$$

$$c' = 0$$

Falda Assente

Per i materiali si assumono i seguenti pesi specifici:

- calcestruzzo armato:

25 kN/m³

- calcestruzzo a basso dosaggio:

22 kN/m³

Parametri sismici:

S=6

C=0.04

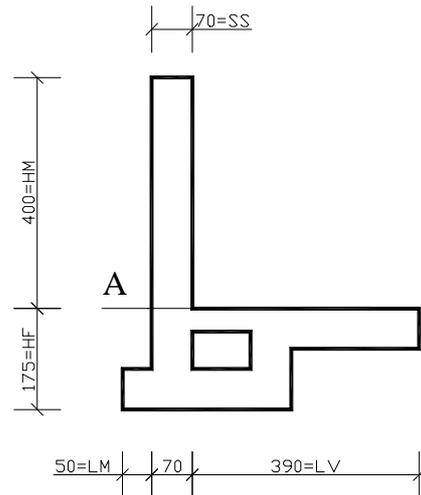
A=0.9992 (vedi Parte D , DM16/01/1996)

8.2.5 CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI

In riferimento alla formulazione di Mononobe Okabe, considerando un'inclinazione del terrapieno di monte pari a 35° ed un paramento interno verticale si ottengono le seguenti sollecitazioni.

Parametri geometrici e meccanici utilizzati nel calcolo delle sollecitazioni:

| | | | |
|-------|---------|-------------------|--|
| HS= | 1,75 | m | Altezza della fondazione |
| HM= | 4 | m | Altezza del muro |
| LM= | 0,5 | m | Sbalzo a monte |
| LV= | 4 | m | Sbalzo muro a valle |
| SS= | 0,7 | m | Spessore muro in sommità |
| SI= | 0,7 | m | Spessore muro alla base |
| L= | 5,2 | m | Larghezza fondazione |
| gt= | 20 | kN/m ³ | peso specifico terreno |
| gcls= | 25 | kN/m ³ | peso specifico cls |
| Q= | 0 | kN/m ² | sovraccarico a monte |
| b= | 35 | gradi | Angolo di inclinazione della superficie del terrapieno |
| y= | 90 | gradi | Angolo rispetto all'orizzontale paramento di monte |
| f= | 35 | gradi | Resistenza a taglio del terreno in condizioni di sforzo efficace |
| d= | 0 | gradi | Valore di calcolo angolo di resistenza al taglio terreno-muro |
| S= | 6 | | Grado di sismicità |
| C= | 0,04 | | Frazione dell'accelerazione di gravità |
| I= | 1 | | coefficiente di protezione sismica |
| falda | 0 | | =0 se al si sotto dell'opera di sostegno altrimenti =1 |
| γ= | 20,00 | kN/m ³ | peso specifico terreno saturo |
| γw= | 10,00 | kN/m ³ | peso specifico dell'acqua |
| θ= | 2,29 | gradi | angolo funzione dei parametri sismici |
| k= | 0,7085 | | Coefficiente di spinta del terreno statico + dinamico |
| k*= | 0,6710 | | Coefficiente di spinta del terreno statico |
| kp= | 18,7008 | | Coefficiente di spinta passiva del terreno statico + dinamico |
| A= | 0,9992 | | |



Sollecitazioni N, M, T in corr. Sez. A (massima sollecitazione sul muro controterra)



| | | | |
|--------|--------|-------------------|--|
| Fs= | 113,27 | kN | Spinta totale di progetto |
| F= | 107,36 | kN | Spinta statica di progetto |
| Ps= | 53,68 | kN/m ² | Pressione massima statica alla base del muro per terreno |
| Edd= | 59,2 | kN | Spinta dinamica massima di progetto |
| Eqs= | 0 | kN | Spinta sovraccarico statica |
| Eqd= | 0 | kN | Spinta sovraccarico dinamica |
| Gkmur | 70,00 | kN | Peso muro |
| hgmur | 2,00 | m | Baricentro muro rispetto all base |
| Ms= | 143,14 | kNm | Momento alla base del muro per carichi statici |
| Min= | 5,60 | kNm | Momento dovuto alla forza d'inerzia del muro |
| Msis= | 15,78 | kNm | Momento alla base del muro per carichi dinamici |
| Mterr= | 4,04 | kNm | Momento dovuto alla forza d'inerzia del terreno |
| Md= | 168,56 | kNm | Momento alla base del muro |
| Nd= | 70,00 | kN | Forza assiale alla base del muro |
| Vd= | 118,09 | kN | Taglio alla base del muro |

Sollecitazioni M, T alla base della fondazione

| | | | |
|--------|--------|-------------------|--|
| Ed+= | 234,07 | kN | Spinta totale di progetto |
| Ed=- | - | kN | Spinta totale di progetto |
| Es= | 221,84 | kN | Spinta statica di progetto |
| Ps= | 77,16 | kN/m ² | Pressione massima statica alla base del muro per terreno |
| Edd= | 12,23 | kN | Spinta dinamica massima di progetto |
| Eqs= | 0 | kN | Spinta sovraccarico statica |
| Eqd= | 0 | kN | Spinta sovraccarico dinamica |
| Gkmur | 215,63 | kN | Peso muro +fondazione |
| hgmur | 2,10 | m | Baricentro muro rispetto alla base |
| xgmur | 3,36 | m | Baricentro muro rispetto alla estremità della soletta di valle |
| Min= | 18,11 | kNm | Momento dovuto alla forza d'inerzia del muro+fondazione |
| Msis= | 46,87 | kNm | Momento alla base del muro per incremento spinta dinamica |
| Mterr= | 5,56 | kNm | Momento alla base del muro per carichi inerzia del terreno |
| Ms= | 425,19 | kNm | Momento totale alla base del muro per spinte statiche |
| Msis= | 70,54 | kNm | Momento totale alla base del muro per spinte dinamiche |
| Mq= | 0 | kNm | Momento totale dovuto ai sovraccarichi |
| Md= | 495,73 | kNm | Momento alla base della fondazione |
| Sp= | 0 | kN | Spinta passiva |
| Vd= | 244,71 | kN | Taglio alla base della fondazione |
| HVd= | 2.02 | m | Punto di applicazione spinta totale rispetto alla base |

8.2.6 VERIFICA AL RIBALTAMENTO:

Momento ribaltante:

$$M_{rib.} = 244.71 \times 2.02 = 495.73 \text{ kNm}$$

Momento stabilizzante:

Momento causato dal peso proprio del muro:

$$M_{pp}=215.63 \times 3.36=724.51 \text{ kNm}$$

Momento causato dal riempimento a tergo del muro:

$$M_{pr}=(4+1.75-0.7) \times 0.5 \times 22 \times (5.2-0.5/2)=55.55 \times 4.95=274.97 \text{ kNm}$$

$$M_{stab}=724.51+274.97=999.48 \text{ kNm}$$

Coefficiente di sicurezza al ribaltamento:

$$F_s = M_{stab} / M_{rib.} = 2.01 > 1$$

Sollecitazioni N, M, T alla base della fondazione

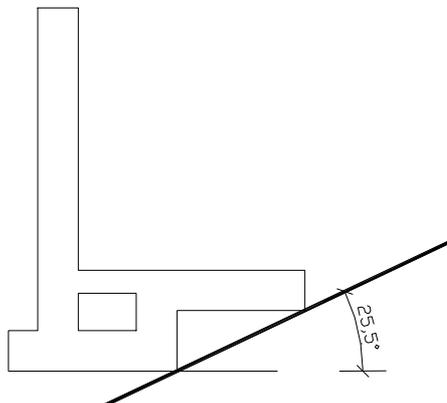
$$N=215.63+55.55=271.18 \text{ kN}$$

$$M=495.73+271.18 \times 5.2/2-999.48=201.32 \text{ kNm}$$

$$T=244.71 \text{ kN}$$

8.2.7 VERIFICA ALLO SCORRIMENTO:

In riferimento alla superficie di scorrimento indicata in figura si ottiene:



$$N_{ort.} = 244.71 \times \sin 25.5 + 271.18 \times \cos 25.5 = 105.35 + 244.76 = 350.11 \text{ kN}$$

$$T_{par.} = 244.71 \times \cos 25.5 - 271.18 \times \sin 25.5 = 220.87 - 116.75 = 104.12 \text{ kN}$$

Considerando cautelativamente un coefficiente di attrito pari a 0.49 (0.85 tang 30°) si ottiene:

coefficiente di sicurezza allo scorrimento

$$F_s = 350.11 \times 0.49 / 104.12 = 1.65 > 1.3$$

8.2.8 VERIFICA ALLO SCHIACCIAMENTO

Considerando la formulazione di Brinch-Hansen per ricavare la q_{ultima} e considerando cautelativamente un angolo del terreno sottostante il muro pari a 30° si ottiene:

| | | | |
|--|----------------|---------|-------------------|
| sforzio orizzontale | H.su B | 1041,20 | kN |
| sforzio verticale | N. | 3501,10 | kN |
| momento | M.su B | 2013,20 | kNm |
| momento | M.su L | 0 | kNm |
| profondità | D. | 0,70 | m |
| larghezza reale | B.r | 5,20 | m |
| lunghezza reale | L.r | 10,00 | m |
| peso specifico | γ . | 20,00 | kN/m ³ |
| angolo di attrito | Φ . | 30 | gradi |
| coesione | c. | 0 | kPa |
| coesione non drenata | Cu. | 0 | kPa |
| sovraccarico dalle parti | q' | 0 | kN/m ² |
| inclinazione piano fondazione | α | 25,5 | gradi |
| inclinazione base terrapieno | ω | 0 | gradi |
| larghezza efficace | B. | 4,05 | m |
| lunghezza efficace | L. | 1000 | cm |
| pressione terreno alla quota di fondazione | q. | 14,00 | kN/m ² |
| Condizioni | drenate | | |
| | Nq. | 18,40 | |
| | N γ . | 22,40 | |
| | Nc. | 30,14 | |
| | sq. | 1,12 | |
| | s γ . | 1,12 | |
| | sc. | 1,24 | |
| | dq. | 1,05 | |
| | dc. | 1,06 | |
| | iq. | 0,38 | |
| | ic. | 0,52 | |
| | iq | 0,55 | |
| | m | 1,71 | |
| | bq./b γ | 0,55 | |
| | bc. | 0,53 | |
| | gq./g γ | 1,00 | |
| | gc. | 1,00 | |
| | Fs | 3,00 | |
| | qu. | 0,307 | MPa |
| | qamm. | 0,102 | MPa |
| | qes. | 0,086 | MPa |

Essendo $q_{es} < q_{amm}$. La verifica è soddisfatta.

8.2.9 MURO

Sollecitazione massima sul muro:

$$N=70,00 \text{ kN}$$

$$M=168,59 \text{ kNm}$$

$$T=118,09 \text{ kN}$$

Verifica sezione:

Armando la sezione 70x100 cm con:

$$A_s=A'_s=5\phi 18 =12,7 \text{ cm}^2 (> A_{s\min})$$

$$c=c'=5,9 \text{ cm}$$

si ottiene:

$$\sigma_c= 3,8 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_s= 195,4 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_c= 0,20 \text{ N/mm}^2$$

Verifica a fessurazione:

| | | |
|--------------------|------|-------------------|
| Rck | 37 | N/mm ² |
| Base | 100 | cm |
| Altezza | 70 | cm |
| A _s = | 12,7 | cm ² |
| A' _s = | 12,7 | cm ² |
| c= | 5,6 | cm |
| c'= | 5,6 | cm |
| f _{ctm} = | 3.00 | N/mm ² |
| f _{ctk} = | 2,52 | N/mm ² |

Momento di prima sollecitazione M_f=229,36 kNm

Momento sollecitante M_s=168,59 kNm

Essendo il momento sollecitante inferiore al momento di prima fessurazione non si procede al calcolo dell'apertura delle fessure.

8.2.10 MENSOLA DI VALLE

Per il calcolo delle sollecitazioni sulla mensola di valle si utilizza il seguente carico distribuito trapezoidale e si considera una luce di calcolo pari a 2,2 metri.

Sollecitazioni N, M alla base della fondazione

$$N=271.18 \text{ kN}$$

$$M=201.32 \text{ kNm}$$

$$e=M/N=201.32/271.18 = 0.74 \text{ m} < B/6=0.87\text{m}$$

Pressioni sull'intera fondazione:

$$\sigma_{\max}=N/A+M/W=0.052+0.045=0.096 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{\min}=N/A-M/W=0.052-0.045=0.007 \text{ N/mm}^2$$

Carico distribuito variabile sulla mensola:

$$q_{\max}=96,00-17,5=78,50 \text{ KN/m}$$

$$q_{\min}=(96-7)/5,2 \times (5,2-2,2)+7-1,75=40,50 \text{ KN/m}$$

$$M=40,50 \times 2,2^2/2+(78,5-40,5) \times 2,2^2/3=159,32 \text{ kNm}$$

$$T=40,50 \times 2,2+(78,5-40,5) \times 2,2/2=130,90 \text{ kN}$$

Verifica sezione:

Armando la sezione 70x100 cm con:

$$A_s=A's=5\phi 18 =12,7 \text{ cm}^2 (> A_{s\min})$$

$$c=c'=5,9 \text{ cm}$$

si ottiene:

$$\sigma_c= 3,6 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\sigma_s= 210,6 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\tau_c= 0,22 \quad \text{N/mm}^2$$

Verifica a fessurazione:

$$R_{ck} \quad 37 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\text{Base} \quad 100 \quad \text{cm}$$

$$\text{Altezza} \quad 70 \quad \text{cm}$$

$$A_s= \quad 12,7 \quad \text{cm}^2$$

$$A's= \quad 12,7 \quad \text{cm}^2$$

$$c= \quad 5,6 \quad \text{cm}$$

$$c'= \quad 5,6 \quad \text{cm}$$

$$f_{ctm}= \quad 3,00 \quad \text{N/mm}^2$$

$$f_{ctk}= \quad 2,52 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\text{Momento di prima sollecitazione} \quad M_f=229,36 \text{ kNm}$$

$$\text{Momento sollecitante} \quad M_s=159,32 \text{ kNm}$$

Essendo il momento sollecitante inferiore al momento di prima fessurazione non si procede al calcolo dell'apertura delle fessure.

8.2.11 MENSOLA DI MONTE

Si procede al calcolo del tirante secondo lo schema di mensola tozza limitando la tensione dell'acciaio a 160 N/mm².

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N. 26844_03

Progetto
IN05

Lotto
00

Codifica Documento
DE2RONV1900001

Rev.
0

Foglio
33 di 34

$$A_s = 55000 \times 0,25 / 0,55 / 160 = 156 \text{ mm}^2$$

A favore di sicurezza si arma la sezione 70x100 della mensola di monte con la stessa armatura della mensola di valle:

$$A_s = A'_s = 5\phi 18 = 12,7 \text{ cm}^2 (> A_{smin}).$$

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N. 26844_03

Progetto
IN05

Lotto
00

Codifica Documento
DE2RONV1900001

Rev.
0

Foglio
34 di 34

9 CHIUSURE TEMPORANEE DELLE RAMPE DI SVINCOLO

Con riferimento al documento A20200DE2P6NR1900001 “Svincolo di Sirmione - Schema fasi costruttive” l’esecuzione dei lavori si rende necessario la chiusura delle rampe esistenti limitatamente alle seguenti fasi :

- fase 2:chiusura al traffico del ramo di uscita A4 da Milano
- fase 3 :chiusura al traffico del ramo di entrata A4 per Milano e di uscita A4 da Venezia
- fase 4 :chiusura al traffico del ramo di entrata A4 per Venezia.