



COMUNE DI PADOVA

Settore Lavori Pubblici



Soppressione passaggio a livello in via Gramsci

- LLPP OPI 2019/045 -

Progetto esecutivo

PROGETTAZIONE A CURA DI:



IL PROGETTISTA E DIRETTORE TECNICO:

ing. Enrico Musacchio - Ordine degli Ingegneri della Provincia di Venezia, posizione n° 2385

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

geom. Cristiano Zottino - Albo dei Geometri della Provincia di Venezia, posizione n° 2045

CAPO SETTORE LAVORI PUBBLICI COMUNE DI PADOVA: ing. Emanuele Nichele

IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO: ing. Massimo Benvenuti (Comune di Padova)

05-OPERE COMPLEMENTARI

SCALA

RELAZIONE TECNICA

-

E00133.PE.OC.RE.01.0

19

| rev | data | descrizione | redatto | controllato | approvato |
|-----|-------------|-----------------|---------|-------------|-----------|
| 0 | Luglio 2020 | Prima Emissione | EM | EM | EM |
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |



Sommario

| | | |
|--------|--|----|
| 1 | PREMESSA..... | 3 |
| 2 | NORMATIVA DI RIFERIMENTO..... | 4 |
| 2.1 | Normative barriere di sicurezza..... | 4 |
| 2.2 | Normative segnaletica stradale | 4 |
| 2.3 | Normative Strutture | 5 |
| 2.3.1 | Generali | 5 |
| 2.3.2 | Azioni sulle strutture..... | 5 |
| 2.3.3 | Strutture in cemento armato normale e precompresso e acciaio..... | 5 |
| 2.3.4 | Norme specialistiche sull'acciaio | 5 |
| 2.3.5 | Strutture in zona sismica | 6 |
| 2.3.6 | Eurocodici | 6 |
| 2.3.7 | EUROCODICE – Criteri generali di progettazione strutturale..... | 6 |
| 2.3.8 | EUROCODICE 1 – Azioni sulle strutture | 6 |
| 2.3.9 | EUROCODICE 2 - Progettazione delle strutture in calcestruzzo | 6 |
| 2.3.10 | EUROCODICE 4 - Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo .. | 6 |
| 2.3.11 | EUROCODICE 7 – Progettazione geotecnica..... | 7 |
| 2.3.12 | EUROCODICE 8 Progettazione delle strutture per la resistenza sismica | 7 |
| 3 | DESCRIZIONE DELLE OPERE DI PROGETTO | 8 |
| 3.1 | L'opera stradale..... | 8 |
| 3.2 | La chiusura del P.L. | 8 |
| 4 | CONSIDERAZIONI GENERALI SUI CRITERI DI ADOZIONE DELLE BARRIERE DI SICUREZZA..... | 9 |
| 5 | IL TRAFFICO | 12 |
| 6 | TIPOLOGIE E CARATTERISTICHE DELLE BARRIERE DI SICUREZZA | 12 |
| 7 | IL PROGETTO DELLE BARRIERE DI SICUREZZA | 14 |
| 7.1 | Individuazione delle zone da proteggere | 14 |
| 7.2 | Tipologia di barriere da installare | 14 |
| 7.3 | Caratteristiche prestazionali delle barriere..... | 15 |
| 7.4 | Terminali delle barriere di sicurezza | 16 |
| 7.5 | Considerazioni aggiuntive | 16 |
| 8 | SEGNALETICA ORIZZONTALE..... | 17 |
| 8.1.1 | Segnaletica Verticale | 17 |



| | | |
|-------|---|----|
| 9 | MURO DI SOSTEGNO | 19 |
| 9.1 | NORMATIVA DI RIFERIMENTO | 19 |
| 9.2 | CARATTERISTICHE DEI MATERIALI | 20 |
| 9.2.1 | Calcestruzzo per fondazioni ed elevazioni | 20 |
| 9.2.2 | Acciaio da C.A. per fondazioni ed elevazioni..... | 20 |
| 9.3 | INQUADRAMENTO SISMICO | 21 |
| 9.4 | Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite | 21 |
| 9.5 | VERIFICA MURO | 25 |
| 9.5.1 | Verifiche geotecniche del muro | 25 |
| 9.6 | Verifiche strutturali del muro | 29 |
| 9.6.1 | Verifiche agli Stati Limite Ultimi (SLU) | 29 |
| 9.6.2 | Verifiche agli Stati Limite di Esercizio (SLE) | 31 |



1 PREMESSA

La presente relazione è parte integrante del progetto esecutivo della soppressione del passaggio a livello su via Gramsci in Comune di Padova. Il progetto prevede, oltre alle demolizioni ed alla realizzazione delle recinzioni ferroviarie atte a eliminare l'esistente passaggio a livello, la costruzione di una nuova rampa di accesso alla stessa via Gramsci dallo svincolo di via Friburgo-via Grassi. Quale opera complementare, è previsto l'adeguamento e sistemazione del percorso ciclopedonale esistente su via Friburgo.

La presente relazione descrive le modalità tecniche e le scelte adottate per la progettazione delle barriere di sicurezza, della segnaletica stradale, rappresentate graficamente dagli elaborati specifici (planimetrie e tavole dei particolari), oltre che per le opere accessorie quali muro di sostegno e recinzioni ferroviarie.



2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

2.1 Normative barriere di sicurezza

La Normativa di riferimento per la progettazione delle barriere di sicurezza è la seguente:

- Circolare LL.PP. n. 2337 d.d. 11/07/1987 (istruzioni sulle barriere di sicurezza stradali in acciaio)
- D.M. LL.PP. d.d. 04/05/1990 (Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo dei Ponti stradali)
- D.M. LL.PP. n. 223 d.d. 18/02/1992 (Regolamento istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza)
- D.LGS. n. 285 d.d. 30/04/1992 (Nuovo Codice della Strada)
- D.P.R. n. 246 d.d. 21/04/1993 (Regolamento di attuazione della direttiva 89/106/CEE relativa ai prodotti da costruzione)
- Circolare LL.PP. n. 2595 d.d. 09/06/1995
- Circolare LL.PP. n. 2357 d.d. 16/05/1996
- D.M. LL.PP. d.d. 15/10/1996 (Aggiornamento del D.M. LL.PP. n. 223 d.d. 18/02/1992)
- Circolare LL.PP. n. 4622 d.d. 15/10/1996 (Istituti autorizzati all'esecuzione di prove di impatto su barriere di sicurezza stradali)
- Circolare A.N.A.S. n. 17600 d.d. 05/12/1997
- Circolare A.N.A.S. n. 6477 d.d. 27/05/1998
- D.M. LL.PP. d.d. 03/06/1998 (Ulteriore aggiornamento del D.M. LL.PP. n. 223 d.d. 18/02/1992) Recante le Istruzioni tecniche sulla progettazione, omologazione ed impiego delle barriere di sicurezza stradale (con esclusione delle istruzioni tecniche sostituite dalle istruzioni tecniche allegate al D.M. 21.6.2004 n. 2367);
- D.M. LL.PP. d.d. 11/06/1999 (Integrazioni del D.M. LL.PP. d.d. 03.06.1998)
- Circolare A.N.A.S. n. 7735/99 (Direttive per la sicurezza della circolazione nelle gallerie stradali)
- Circolare LL.PP. n. 7938 d.d. 06/12/1999 (Sicurezza della circolazione nelle gallerie stradali con particolare riferimento ai veicoli che trasportano merci pericolose)
- Circolare LL.PP. d.d. 06/04/2000 (Istituti autorizzati all'esecuzione di prove di impatto su barriere di sicurezza stradali)
- UNI EN 1317 - Barriere di sicurezza stradali: parti 1, 2, 3 e 4;
- UNI CEI EN ISO/IEC 17025 - Requisiti generali per la competenza dei laboratori di prova e di taratura
- D.M. 5.11.2001 - Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade e s.m.i.;
- D.M. II.TT. d.d. 23/12/2002 (Proroga dei termini previsti dall'art. 1 del D.M. 02/08/2001)
- D.M. II.TT. d.d. 21/06/2004 (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)
- Direttiva 25 agosto 2004 (Criteri di progettazione, installazione, verifica e manutenzione dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali - per quanto ancora applicabile)
- Circolare 20.09.2005 n. 3533 - Direttive inerenti le procedure ed i documenti necessari per le domande di omologazione dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali ai sensi del D.M. 21.06.04 (per quanto ancora applicabile)
- Circolare 15.11.2007 n. 104862- Scadenza della validità delle omologazioni delle barriere di sicurezza rilasciate ai sensi delle norme antecedenti il D.M. 21.06.2004 (per quanto ancora applicabile).
- Norma europea armonizzata UNI EN 1317-5:2007+A1:2008 (Barriere di sicurezza stradali - Parte 5: requisiti di prodotto e valutazione di conformità per sistemi di trattenimento veicoli)
- D.M. 19.4.2006 - Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali.
- D.M. II.TT. 28 giugno 2011 (Disposizioni sull'uso e l'installazione dei dispositivi di ritenuta stradale)

2.2 Normative segnaletica stradale

La Normativa di riferimento per la progettazione della segnaletica stradale è la seguente:

- D. Lgl. 30.04.1992 n.285 e s.m.i. "Nuovo Codice della Strada";



- D. P. R. 16.12.1992 n.495 e s.m.i. "Regolamento di esecuzione e di attuazione del Nuovo Codice della Strada";
- Direttiva 24 ottobre 2000 del Ministero dei Lavori Pubblici "Direttiva sulla corretta ed uniforme applicazione delle Norme del Codice della Strada in materia di segnaletica e criteri per l'installazione e la manutenzione", (G.U. 28.12.2000, n.301);
- D. M. 05.11.2001 - Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade (modificato in seguito con il D.M. del 22 aprile 2004);
- D.M. 19 aprile 2006 - Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali.

2.3 Normative Strutture

2.3.1 Generali

| | |
|---|--|
| CNR 10024/86 | "Analisi di strutture mediante elaboratore: impostazione e redazione delle relazioni di calcolo" |
| Circ. N°91 del 14/09/61 | "Norme di sicurezza per la protezione contro il fuoco delle strutture in acciaio destinati ad uso civile." |
| UNI 9502:2001 | "Procedimento analitico per valutare la resistenza al fuoco degli elementi costruttivi di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso" |
| UNI 9503:2007 | "Procedimento analitico per valutare la resistenza al fuoco degli elementi costruttivi di acciaio". |
| UNI 9504:1989 | "Procedimento analitico per valutare la resistenza al fuoco degli elementi costruttivi di legno." |
| D.M. 17/01/18 Testo Unico | "Norme tecniche per le costruzioni" |
| Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP | Istruzioni per l'applicazione dell'<Aggiornamento delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni"> di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018. |

2.3.2 Azioni sulle strutture

| | |
|------------------------------|--|
| D.M. 16/01/96 | Norme tecniche relative ai "Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e dei sovraccarichi" |
| Circ. LL.PP. 04/07/96, n.156 | Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e dei sovraccarichi" di cui al D.M.16/01/96. |

2.3.3 Strutture in cemento armato normale e precompresso e acciaio

| | |
|------------------------------|---|
| Legge 05/11/71 n°1086 | "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica" |
| D.M. 14/02/92 | "Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche" |
| D.M. 09/01/96 | "Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione e il collaudo di opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche" |
| Circ. LL.PP. 15/10/96, n.252 | Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione e il collaudo di opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche" |
| UNI-EN 206-1 | Calcestruzzo: Prestazioni produzione e posa in opera e criteri di conformità. |
| UNI 9858 | Calcestruzzo: Prestazioni produzione e posa in opera e criteri di conformità. |
| D.M. 14/09/05 Testo Unico | "Norme tecniche per le costruzioni" |

2.3.4 Norme specialistiche sull'acciaio

| | |
|--------------------|--|
| CNR-UNI 10011 | Costruzioni in acciaio: Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione |
| CNR-UNI 10021 | Strutture di acciaio per apparecchi di sollevamento. Istruzioni per il calcolo, il collaudo e la manutenzione. |
| CNR-UNI 10022 | Profilati formati a freddo: Istruzioni per l'impiego nelle costruzioni. |
| CNR-UNI 10016/2000 | Travi composte di acciaio e calcestruzzo. Istruzioni per l'impiego nelle costruzioni. |



2.3.5 Strutture in zona sismica

| | |
|---|---|
| Legge 02/02/74 n° 64 | "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche" |
| D.M. 16/01/96 | Norme tecniche per le costruzioni in zona sismica |
| Circ. LL.PP. 10/04/97, n.65 | Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche" di cui al D.M.16/01/96. |
| O.P.C.M. n. 3274 del 20/03/2003 | "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zone sismiche" |
| O.P.C.M. n. 3316 del 2/10/2003 e s.m.i. | "Modifiche e integrazioni all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003" |
| O.P.C.M. n. 3431 del 3/5/2005 | "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" |
| D.M. 02/07/81 | Normativa per le riparazioni ed il rafforzamento degli edifici danneggiati dal sisma nelle regioni Basilicata, Campania e Puglia. |
| Circ. Esp. N° 21745 del 30/07/81 | "Istruzioni relative alla normativa tecnica per la riparazione ed il rafforzamento degli edifici in muratura danneggiati dal sisma." |
| Circ. Esp. N° 22120 del 12/12/81 | Istruzioni relative alla normativa tecnica per la riparazione e il rafforzamento degli edifici in cemento armato e a struttura metallica danneggiati dal sisma. |
| Circolare 18/07/1986 n. 1032 - Ministero dei Beni Culturali ed Ambientali | "Interventi sul patrimonio monumentale a tipologia specialistica in zone sismiche: Raccomandazioni" |
| Ministero per i Beni Culturali ed Ambientali - Comitato Nazionale per la prevenzione del patrimonio culturale dal rischio sismico - 29 ottobre 1996 | "Norme tecniche per la redazione di progetti di restauro relativi a beni architettonici di valore storico-artistico in zona sismica" |
| Dipartimento della Protezione Civile e Ministero per i Beni Culturali e Paesaggistici 23 maggio 2005 | "Linee Guida per l'applicazione al patrimonio culturale della normativa tecnica di cui all O.P.C.M. 3274/03" |

2.3.6 Eurocodici

Verranno utilizzati gli eurocodici come supporto per le procedure di calcolo non esplicitamente normate nelle Norme Tecniche 2018.

2.3.7 EUROCODICE – Criteri generali di progettazione strutturale

| | |
|-------------|--|
| UNI EN 1990 | |
|-------------|--|

2.3.8 EUROCODICE 1 – Azioni sulle strutture

| | |
|-----------------|---|
| UNI EN 1991-1-1 | Parte 1-1: Azioni in generale – Pesi per unità di volume, pesi propri e sovraccarichi per gli edifici |
| UNI EN 1991-1-2 | Parte 1-2: Azioni in generale – Azioni sulle strutture esposte al fuoco |
| UNI EN 1991-1-3 | Parte 1-3: Azioni in generale – Carichi da neve |
| UNI EN 1991-1-4 | Parte 1-4: Azioni in generale – Azioni del vento |
| UNI EN 1991-1-5 | Parte 1-5: Azioni in generale – Azioni termiche |
| UNI EN 1991-1-6 | Parte 1-6: Azioni in generale – Azioni durante la costruzione |
| UNI EN 1991-1-7 | Parte 1-7: Azioni in generale – Azioni eccezionali |
| UNI EN 1991-2 | Parte 2: Carichi da traffico sui ponti |
| UNI EN 1991-3 | Parte 3: Azioni indotte da gru e da macchinari |
| UNI EN 1991-4 | Parte 4: Azioni su silos e serbatoi |

2.3.9 EUROCODICE 2 - Progettazione delle strutture in calcestruzzo

| | |
|-----------------|--|
| UNI EN 1992-1-1 | Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici |
| UNI EN 1992-1-2 | Parte 1-2: Regole generali – Progettazione strutturale contro l'incendio |
| UNI EN 1992-2 | Parte 2: Ponti di calcestruzzo – Progettazione e dettagli costruttivi |
| UNI EN 1992-3 | Parte 3: Strutture di contenimento liquidi |

2.3.10 EUROCODICE 4 - Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo

| | |
|-----------------|--|
| UNI EN 1994-1-1 | Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici |
| UNI EN 1994-1-2 | Parte 1-2: Regole generali – Progettazione strutturale contro l'incendio |
| UNI EN 1994-2 | Parte 2: Regole generali e regole per i ponti |



2.3.11 EUROCODICE 7 – Progettazione geotecnica

| | |
|---------------|--|
| UNI EN 1997-1 | Parte 1: Regole generali |
| UNI EN 1997-2 | Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo |

2.3.12 EUROCODICE 8 Progettazione delle strutture per la resistenza sismica

| | |
|---------------|--|
| UNI EN 1998-1 | Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici |
| UNI EN 1998-2 | Parte 2: Ponti |
| UNI EN 1998-3 | Parte 3: Valutazione e adeguamento degli edifici |
| UNI EN 1998-4 | Parte 4: Silos, serbatoi e condotte |
| UNI EN 1998-5 | Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici |
| UNI EN 1998-6 | Parte 6: Torri, pali e camini |



3 DESCRIZIONE DELLE OPERE DI PROGETTO

Il progetto prevede due interventi distinti: la chiusura del P.L. con recinzioni ferroviarie e cancelli, ed il nuovo accesso a via Gramsci da via Friburgo tramite una rampa stradale bidirezionale.

3.1 L'opera stradale

Il tracciato della rampa di progetto origina in corrispondenza dell'allargamento in destra della rampa di via Friburgo e con due curve controverse in successione raggiunge la quota di via Gramsci. La rampa è a doppio senso di circolazione alternata a vista, l'immissione su via Friburgo è regolata con segnale di fermarsi e dare la precedenza (STOP).

Planimetricamente, l'asse della rampa ha uno sviluppo di 110.30m: si allarga in destra su via Gramsci e per circa 20m corre parallelo ad essa, seguono due curve controverse successive di raggio 12.50m aventi sviluppo rispettivamente 30.60m e 19.20m; infine con un breve rettilineo finale (circa 6m) l'asse si raccorda con via Friburgo.

In corrispondenza dell'attestazione su via Friburgo è inoltre prevista la realizzazione, a mezzo di segnaletica orizzontale, di una corsia di svolta dedicata di lunghezza paria a circa 20m in area oggi zebra, al fine di consentire l'accumulo dei veicoli impegnati nella manovra di svolta senza compromettere la fluidità del deflusso sulla rampa di via Friburgo.

Il progetto prevede inoltre una piccola rampa per garantire l'accessibilità all'area al piede della scarpata attuale ove è collocata una valvola a farfalla e uno sfiato della rete gas in corrispondenza dell'attraversamento ferroviario, manufatti non interferenti con le opere ed ai quali è garantita accessibilità per la manutenzione. La differenza di quota tra i due assi stradali che la nuova rampa va a raccordare è di circa 4.80m; il progetto prevede il raccordo con tre livellette: una prima di lunghezza di 23.13m e pendenza pari al 3%, una seconda di 79.17m e pendenza 5%, ed una terza di 8.02m e pendenza 0.2%. I raccordi verticali presentano, nell'ordine, raggi di 250 e 50m.

La rampa presenta una sezione di 7.50m: 5.0m di carreggiata, 1.25m di ciglio su entrambi i lati.

Per attestare il rilevato di progetto, si prevede la posa di un geotessuto, la bonifica del terreno esistente per uno spessore di 30cm, oltre alla gradonatura dell'attuale scarpata lato via Friburgo.

Le scarpate del rilevato avranno pendenza 2:3 e verranno rinverdite.

La rampa di servizio ha invece sviluppo di circa 20m e presenta una larghezza di 3m, oltre a 0.50m di ciglio ambo i lati. Per attestare il rilevato si prevede la posa di geotessuto, la bonifica del terreno esistente per uno spessore di 30cm; le scarpate avranno pendenza 2:3 e verranno rinverdite.

3.2 La chiusura del P.L.

L'esistente passaggio a livello ferroviario viene chiuso: sul lato nord parallelamente alla linea ferroviaria viene prolungata la recinzione ferroviaria per circa 66m dall'esistente accesso carraio alla recinzione ferroviaria lungo la linea. Un ulteriore tratto di recinzione analoga all'esistente verrà realizzata in luogo della sbarra.

A sud analogamente la sbarra verrà sostituita da recinzione ferroviaria, con un cancello pedonale riservato al personale RFI.

Circa 30m a sud, in posizione non interferente con l'isola ecologica e con l'accesso carraio esistenti, le opere di chiusura verranno completate con un cancello carraio a doppio battente per l'intera larghezza della carreggiata stradale.



4 CONSIDERAZIONI GENERALI SUI CRITERI DI ADOZIONE DELLE BARRIERE DI SICUREZZA

L'esigenza di garantire le migliori condizioni di sicurezza sulle strade ha portato il Ministero dei LL. PP., a partire dal 1987, ad emanare una serie di decreti e circolari allo scopo di introdurre prima ed aggiornare poi le regole di progettazione ed impiego delle barriere di sicurezza stradali. L'introduzione delle prime disposizioni risale alla Circolare LL.PP. n. 2337 del 1987, ma è con D.M. LL.PP. n. 223 del 1992 che la materia riceve l'impostazione valida ancora oggi. Infatti tale D.M. fornisce i criteri di identificazione delle zone da proteggere, introduce un indice di severità degli impatti con il quale classificare le barriere, indica i criteri di scelta della classe di barriera in funzione delle caratteristiche della strada e di traffico, ma soprattutto limita l'utilizzo alle sole barriere che abbiano ricevuto il riconoscimento "dell'idoneità tecnica", ovvero l'omologazione, da parte dell'Ispettorato Circolazione e Traffico in seguito ai risultati di prove di impatto al vero (crash-tests) conformi all'indice di severità di impiego previsto. Il D.M. riporta le prescrizioni tecniche per l'esecuzione di queste prove mentre rimanda ad una successiva Circolare dell'Ispettorato per l'elenco degli istituti autorizzati ad effettuarle. Poiché tale Circolare non segue l'emanazione del D.M. impedendo di fatto la sua applicazione, il Ministero LL. PP. emana la Circolare n. 2595 del 1995 in cui prescrive, pur sottolineando che in tale situazione la Circolare LL.PP. n. 2337 del 1987 è ancora l'unica norma applicabile alle barriere di sicurezza, di assumere quali indicazioni di riferimento le istruzioni tecniche allegate al D.M. n. 223.

Nel 1996 è emanato il D.M. LL.PP. d.d. 15/10/1996 che contiene gli aggiornamenti delle istruzioni tecniche sulla progettazione, omologazione ed impiego delle barriere di sicurezza e delle prescrizioni tecniche per le prove delle barriere di sicurezza ai fini dell'omologazione contenute nel D.M. n. 223. Contestualmente il Ministero LL.PP. emana anche la Circolare n. 4622 d.d. 15/10/1996 nella quale sono finalmente elencati i primi istituti autorizzati all'effettuazione delle prove di crash test.

Tuttavia negli anni successivi l'Ispettorato Generale per la Circolazione e la Sicurezza Strada-le non pubblica alcuna circolare di avvenuta omologazione per cui, nel tentativo di chiarire la situazione creatasi (D.M. n. 223 del 1992 che impone l'utilizzo di sole barriere omologate, mentre di fatto non esiste alcuna barriera omologata), l'ANAS pubblica le due circolari n. 17600 d.d. 05/12/1997 e n. 6477 d.d. 27/05/1998 nelle quali chiarisce che possono essere utilizzate barriere non omologate solo se non esistono barriere omologate dello stesso tipo e siano già state presentate sia la certificazione completa delle prove di impatto eseguita presso uno degli istituti autorizzati, che la richiesta di omologazione inoltrata all'Ispettorato Generale.

Le circolari sottolineano comunque che condizione essenziale per l'utilizzo di queste barriere è l'esame critico e la verifica della certificazione di prova da parte del Direttore dei Lavori, poiché questa di per se non costituisce un presupposto di omologazione, ma solamente una condizione per poterla ottenere.

Nel 1998 viene emanato D.M. LL.PP. d.d. 03/06/1998 che contiene importanti modifiche (in-dice ASI) delle istruzioni tecniche sulla progettazione, omologazione ed impiego delle barriere e delle prescrizioni tecniche per le prove delle barriere ai fini dell'omologazione contenute nel D.M. LL.PP. d.d. 15/10/1996. Il D.M., per risolvere la situazione transitoria e dare un indirizzo in attesa delle Circolari di omologazione, all'art.4 afferma che gli enti appaltanti possono richiedere determinate



specifiche delle barriere, assumendo quale riferimento le istruzioni tecniche allegate allo stesso D.M. e richiedendo l'idonea certificazione delle stesse (quest'ultima parte in particolare deve essere intesa come la certificazione completa delle prove di impatto eseguita presso uno degli istituti autorizzati, come chiarito anche nel successivo D.M. LL.PP. d.d. 11/06/1999). Il Ministero LL.PP. con il D.M. LL.PP. d.d. 11/06/1999 proroga per due anni, sempre che le disposizioni del D.M. n. 223 del 1992 non abbiano acquisito efficacia operativa (ovvero siano state omologate delle barriere), l'equiparazione dei certificati delle prove di impatto condotte secondo le prescrizioni tecniche del D.M. LL.PP. d.d. 15/10/1996 con quelli delle prove di impatto condotte secondo le prescrizioni tecniche del D.M. LL.PP. d.d. 03/06/1998, secondo una tabella di corrispondenza tra le classi, purché corredate da una dichiarazione rilasciata dall'Ispettorato Generale che attesti che la relativa domanda di omologazione è stata presentata entro i termini previsti dall'art. 3 del D.M. LL.PP. d.d. 03/06/1998. Il D.M. introduce inoltre delle modifiche alle istruzioni tecniche ed alle prescrizioni tecniche del D.M. LL.PP. d.d. 03/06/1998. Il D.M. II.TT. d.d. 02/08/2001 pro-roga per un ulteriore anno l'equiparazione, ponendo la scadenza al 29/12/2002 (un anno dalla pubblicazione, avvenuta sulla G.U. n. 301 del 29/12/2001). Infine il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti emana la circolare n. 296, 28 maggio 2002 con la quale omologa le prime due barriere di sicurezza del tipo "bordo laterale". In data 24/03/2003 viene pubblicato il D.M. II.TT. dd. 23/12/2002 che proroga la scadenza di cui al precedente D.M. 02/08/2002 di un ulteriore anno rispetto alla data di pubblicazione del D.M. in questione, ovvero alla data del 24/03/2004, rimanendo invariata ogni altra disposizione precedente emanata.

In data 05/08/2004 viene pubblicato il D.M. 21/06/2004 con l'aggiornamento delle istruzioni tecniche per la progettazione l'omologazione e l'impiego delle barriere di sicurezza stradali. In particolare, il D.M. recepisce le norme UNI EN 1317 parti 1, 2, 3 e 4 che individuano la classificazione prestazionale dei dispositivi di sicurezza nelle costruzioni stradali, le modalità di esecuzione delle prove d'urto ed i relativi criteri di accettazione.

Dal punto di vista progettuale, le Istruzioni Tecniche allegate al D.M. 21/06/2004 prevedono che il progettista definisca le caratteristiche prestazionali dei dispositivi da adottare ed in particolare la tipologia, la classe, il livello di contenimento, l'indice di severità, i materiali, la larghezza di lavoro, tenendo conto della loro congruenza con il tipo di supporto, il tipo di strada, il traffico prevedibile e le condizioni geometriche esistenti. L'allegato al D.M. interviene nel caso specifico di interventi su strade esistenti, permettendo di utilizzare barriere di classe inferiore a quella prevista se le strade hanno dimensioni trasversali insufficienti, per motivi di riduzione di visibilità, per punti singolari come pile di ponte senza spazio laterale e simili. Negli interventi su strade esistenti sarà anche possibile collocare i dispositivi di ritenuta con uno spazio di lavoro necessario per la deformazione più probabile negli incidenti abituali della strada da proteggere, indicato come una frazione del valore della massima de-formazione dinamica rilevata nei crash test.

A decorrere dal 1° gennaio 2011 i dispositivi di ritenuta stradale utilizzati ed installati sono muniti di marcatura CE in conformità alla norma europea armonizzata UNI EN 1317-5:2007+A1:2008 (secondo quanto stabilito dall'art. 2, comma 1, del decreto 28.06.2011), apposta a seguito dell'emissione di certificato CE di conformità, rilasciato da un organismo notificato, e di dichiarazione CE di conformità, rilasciata dal fabbricante o produttore, ovvero dal suo mandatario stabilito nell'Unione europea. Il fabbricante di dispositivi di ritenuta stradale, o il suo mandatario



stabilito nell'Unione europea, è tenuto a dichiarare le caratteristiche tecniche del prodotto elencate al punto ZA.1 dell'allegato ZA alla citata norma europea armonizzata, nelle forme previste al punto ZA.3 dell'allegato ZA stesso, apponendole nella marcatura ed etichettatura.

L'installazione, la manutenzione, i controlli e le riparazioni dei dispositivi di ritenuta stradale devono essere eseguiti conformemente alle prescrizioni, alle indicazioni e alle informazioni fornite dal fabbricante o produttore, ovvero dal suo mandatario stabilito nell'Unione europea, e descritte, nel rispetto delle pertinenti istruzioni tecniche di installazione vigenti, nel manuale per l'utilizzo e l'installazione, i cui contenuti minimi sono riportati nell'allegato 1, parte integrante del decreto 28.06.2011.

Entro dodici mesi dalla entrata in vigore del decreto 28.06.2011 (ovvero entro il 05-10-2012), la direzione generale per la sicurezza stradale, sentito il Consiglio superiore dei lavori pubblici, provvede all'emanazione dell'aggiornamento delle istruzioni tecniche per l'uso e l'installazione dei dispositivi di ritenuta stradale, concernente anche i controlli in fase di accettazione e di installazione dei dispositivi medesimi. Nelle more dell'attuazione di quanto disposto, restano in vigore le istruzioni tecniche di installazione di cui all'allegato al citato decreto ministeriale 21 giugno 2004 non in contrasto con le disposizioni del decreto 28 giugno 2011.

Al momento in cui viene redatta la presente progettazione definitiva tale aggiornamento non è ancora stato emesso. Pertanto, la progettazione definitiva si colloca nelle more dell'emanazione del nuovo Decreto contenente le istruzioni tecniche per l'uso e l'installazione dei dispositivi di ritenuta stradale, tuttavia con la normativa riguardante la marcatura CE già vigente. Di conseguenza, essa rispetta i dettami di norma: vengono pertanto indicate le posizioni planimetriche con le diverse tipologie e classi di appartenenza delle barriere, mentre le caratteristiche strutturali delle barriere illustrate, secondo quanto previsto dalla Circolare ANAS n. 6477 d.d 27/05/1998, saranno poi integrate dalla documentazione con marcatura CE del fornitore/installatore prima della posa e dopo l'autorizzazione del subappalto da parte dell'Ente appaltante.

In ogni caso le barriere installate sulla sede stradale devono, come da normativa su citata, essere provviste di certificato di omologazione riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

L'Impresa appaltatrice dei lavori fornirà esclusivamente barriere di sicurezza con marcatura CE oppure con omologazione per le classi e destinazioni d'uso per le quali è stata pubblicata la Circolare con cui è resa nota l'avvenuta omologazione prevista dall'art. 9 del D.M. 18.02.1992 e s.m.i.. Se non è stata pubblicata la suddetta Circolare, l'impresa fornirà barriere di sicurezza non omologate ma comunque rispondenti alle disposizioni contenute nell'art. 3 del D.M. 21.06.2004.

La verifica della rispondenza del materiale, che verrà fornito dall'Impresa appaltatrice dei lavori alle prescrizioni normative vigenti o future, in accordo con la citata Circolare A.N.A.S, è demandata, in fase di realizzazione dell'opera, al Direttore dei Lavori.

L'attrezzatura posta in opera inoltre dovrà essere identificabile con il nome del produttore e la sigla di omologazione (tipo e numero progressivo). Dovrà inoltre essere resa dall'Impresa una dichiarazione di conformità d'installazione nella quale il Direttore Tecnico dell'Impresa installatrice



garantirà la rispondenza dell'eseguito alle prescrizioni tecniche descritte nel "Certificato di marcatura CE (o di omologazione)".

Tutte queste dichiarazioni, unitamente a tutte le altre previste dalla normativa vigente in termini di controllo di qualità ed altro, dovranno essere fornite al Direttore dei Lavori.

5 IL TRAFFICO

La viabilità di progetto è fruibile ai soli frontisti, riconducibili a circa una decina di civici. Si osserva inoltre come le vigenti ordinanze, e la relativa segnaletica, impongano il divieto di transito ai veicoli oltre le 3.5t.

Il traffico circolante è pertanto rappresentato da soli veicoli leggeri e agricoli, di carattere locale e di solo accesso per i frontisti.

Ai fini del dimensionamento delle barriere stradali si ipotizza pertanto un TGM<1000 ed una percentuale di veicoli pesanti dello 0%.

6 TIPOLOGIE E CARATTERISTICHE DELLE BARRIERE DI SICUREZZA

Con riferimento alla Normativa vigente, di seguito si riprendono le principali note tecniche e tabelle del D.M. 21/06/2004, sulla base delle quali sono state effettuate le scelte delle barriere di sicurezza.

Le classi di barriere in relazione al Livello di contenimento (UNI EN 1317) sono riportate nella tabella seguente:

| CLASSE DEL DISPOSITIVO | TIPO DI CONTENIMENTO | LIVELLO DI CONTENIMENTO L_c (kJ) |
|------------------------|---------------------------------|------------------------------------|
| N ₁ | Minimo | 44 |
| N ₂ | Medio | 82 |
| H ₁ | Normale | 127 |
| H ₂ | Elevato | 288 |
| H ₃ | Elevatissimo | 463 |
| H _{4a} | Per tratti ad altissimo rischio | 572 |
| H _{4b} | Per tratti ad altissimo rischio | 725 |

La classificazione del traffico, in relazione al volume e alla prevalenza di mezzi che lo compongono (Art.5 D.M. 2004) è riportata nella tabella seguente:

| Tipo di Traffico | TGM bidirezionale | % V _p |
|------------------|-------------------------|-----------------------|
| I | ≤ 1000 > 1000 | qualunque ≤ 5 |
| II | > 1000 | $5 < \% V_p \leq 15$ |
| III | > 1000 | > 15 |

Dove si intende per:

TGM = traffico giornaliero medio annuale nei due sensi

V_p = veicoli di massa superiore a 3.500 kg.

Le classi minime delle barriere di sicurezza da impiegare in funzione del tipo di strada, del tipo di traffico e della destinazione della barriera (Art 5 D.M. 2004) sono riepilogate nella seguente tabella.



| Tipo di strada | Trafico | Destinazione barriere | | |
|--|---------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| | | Barriere spartitraffico | Barriere bordo laterale | Barriere bordo ponte (1) |
| Autostrade (A) e strade extraurbane principali (B) | I | H ₂ | H ₁ | H ₂ |
| | II | H ₃ | H ₂ | H ₃ |
| | III | H ₃ - H ₄ (2) | H ₂ - H ₃ (2) | H ₃ - H ₄ (2) |
| Strade extraurbane secondarie (C) e strade urbane di scorrimento (D) | I | H ₁ | N ₂ | H ₂ |
| | II | H ₂ | H ₁ | H ₂ |
| | III | H ₂ | H ₂ | H ₃ |
| Strade urbane di quartiere (E) e strade locali (F) | I | N ₂ | N ₁ | H ₂ |
| | II | H ₁ | N ₂ | H ₂ |
| | III | H ₁ | H ₁ | H ₂ |

(1) = Per ponti o viadotti si intendono opere di luce superiore a 10 m; per luci minori sono equiparate al bordo laterale.

(2) = La scelta tra le due classi sarà determinata dal progettista.

Le Classi di livelli di larghezza operativa e relative larghezze di funzionamento (UNI EN 1317) sono, invece, riportate nella tabella che segue.

| CLASSI DI LIVELLI DI LARGHEZZA OPERATIVA | LIVELLI DI LARGHEZZA OPERATIVA m |
|--|-------------------------------------|
| W1 | $W \leq 0.6$ |
| W2 | $W \leq 0.8$ |
| W3 | $W \leq 1.0$ |
| W4 | $W \leq 1.3$ |
| W5 | $W \leq 1.7$ |
| W6 | $W \leq 2.1$ |
| W7 | $W \leq 2.5$ |
| W8 | $W \leq 3.5$ |

Infine, le classi degli attenuatori d'urto frontali e velocità imposta nel sito da proteggere (Art. 5 D.M. 2004).

| VELOCITA' IMPOSTA NEL SITO DA PROTEGGERE | CLASSE DEGLI ATTENUATORI D'URTO |
|---|---------------------------------|
| Con velocità V maggiore o uguale a 130 km/h | 100 |
| Con velocità V maggiore o uguale a 90 km/h e minore di 130 km/h | 80 |
| Con velocità V minore di 90 km/h | 50 |



7 IL PROGETTO DELLE BARRIERE DI SICUREZZA

7.1 Individuazione delle zone da proteggere

Le zone da proteggere sono quelle previste dal art. 3 dell'allegato "Istruzioni Tecniche per la Progettazione, l'omologazione e l'impiego dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali" al D.M. 21.06.2004.

Nel dettaglio sono le seguenti:

- 1) **Rampa asse Principale:** il margine stradale in rilevato in tutti i tratti dove l'altezza del rilevato sul piano campagna è superiore al metro e tutti gli ostacoli fissi in generale, ovvero l'intero sviluppo della rampa.

7.2 Tipologia di barriere da installare

Una volta individuate le zone da proteggere, la scelta delle barriere di sicurezza è avvenuta sulla base delle indicazioni contenute nell'art. 6 dell'allegato al D.M. 21.06.2004.

In particolare, la scelta della classe dei dispositivi di sicurezza è stata fatta sulla base della categoria di strada, del tipo di traffico (ipotizzato come da capitolo 5 in termini di TGM e percentuale di veicoli pesanti) e della destinazione d'uso della barriera, utilizzando la sopra citata tabella 1 dell'art. 6. che definisce la classe minima da utilizzare nelle diverse configurazioni.

Per quanto riguarda la definizione del tipo di strada, l'asse principale nel tratto oggetto di intervento ha le caratteristiche di una strada di categoria F – locale urbana, con larghezza ridotta (a 5m) rispetto alla classificazione prevista dal D.M. 05.11.2001.

Per quanto concerne, invece, la determinazione del tipo di traffico, si è fatto riferimento a quanto riportato nel capitolo 5 dove già il traffico giornaliero medio si stima possa essere, ad adeguamento stradale ultimato, inferiore ai 1'000 veicoli per entrambe le direzioni di marcia con una percentuale di mezzi pesanti nulla (VP).

Di conseguenza:

- Asse principale (sezione di categoria F)
- veicoli con massa > 3,5 t (VP) : VP < 5 %
- **Tipo di traffico I**

In base al tipo di strada, al tipo di traffico e alla destinazione d'uso è stato quindi deciso il tipo di barriera da utilizzare:

Barriere bordo laterale:

classe N2 (livello di contenimento Lc = 82 kJ)

Nelle planimetrie delle barriere di sicurezza sono evidenziate le specifiche zone da proteggere, le relative estensioni delle installazioni, accompagnate dalla classe della barriera e relativa classe di larghezza operativa. A completamento di quanto rappresentato si rende necessario precisare quanto segue:

Estensione dell'installazione: con riferimento a quanto prescritto dall'art.3 la protezione dovrà estendersi opportunamente oltre lo sviluppo longitudinale strettamente corrispondente all'opera sino a raggiungere punti (prima e dopo l'opera) per i quali possa essere ragionevolmente ritenuto che il comportamento delle barriere in opera, sia paragonabile a quello delle barriere sottoposte a prova d'urto e comunque fino a dove cessi la sussistenza delle condizioni che richiedono la protezione. Le protezioni dovranno in ogni caso essere effettuate per una estensione almeno pari a quella indicata nel certificato di omologazione, ponendone circa due terzi prima dell'ostacolo, integrando lo stesso dispositivo con eventuali ancoraggi e con i terminali semplici indicati nel certificato di omologazione. Pertanto, con riferimento alle classi di barriere adottate e, come



previsto dall'art. 3 del D.M. 21.06.2004, l'estensione della posa in opera delle barriere deve essere almeno pari a quella indicata nel certificato di marcatura CE o di omologazione, e pari, mediamente a **circa 90 m**. Tale lunghezza è stata prevista ovunque possibile. Nel caso però della barriera lato sud della rampa, questa è interrotta in corrispondenza del varco di accesso all'area di manutenzione sottoservizi, in particolare alla valvola del gas. Di conseguenza, le lunghezze dei due tratti risultano inferiori a 90m, non essendo possibile trovare una soluzione alternativa.

7.3 Caratteristiche prestazionali delle barriere

Come previsto dall'articolo 6 del D.M. 21.06.2004 nella successiva tabella sono indicati per ciascun tipo di barriera le principali caratteristiche prestazionali dei dispositivi da adottare ed in particolare la classe, l'indice di severità A.S.I. (art. 4 e 6 allegato al D.M. 03.06.1998), i materiali, la larghezza utile e le dimensioni. Il peso non è stato ritenuto elemento vincolante al fine della posa in opera, del funzionamento e dell'efficacia dei dispositivi di ritenuta e non è stato quindi indicato.

| Destinazione | Classe | Materiale | Indice di severità | H max | L. max | Largh. Utile W |
|-------------------------|--------|-----------|--------------------|-------|--------|----------------|
| Laterale bordo rilevato | N2 | acciaio | ≤1.00 | 0.850 | 0.655 | W3 |

Negli elaborati grafici di progetto sono riportate le caratteristiche dimensionali della tipologia di barriera da impiegare nel progetto; si fa presente che gli elementi e le dimensioni riportate nei disegni di progetto sono indicativi e non vincolanti (ad eccezione dei requisiti di cui alla sopracitata tabella), le dimensioni esatte saranno quelle indicate negli elaborati grafici allegati alla documentazione di conformità delle barriere. La fornitura dell'Impresa Appaltatrice dovrà comunque ottemperare i disposti del D.M.18.02.1992 e s.m.i. ed il D.M. 21.06.2004 indipendentemente dal produttore, ferma restando l'obbligatorietà per la Ditta produttrice e per l'Impresa installatrice della presentazione della documentazione – obbligatoria per legge - già richiamata ai punti precedenti della presente relazione tecnica.

Riassumendo, è prevista l'installazione:

- Barriera di classe N2 W4 in acciaio a protezione della rampa;
- Barriera di classe N2 W4 in acciaio a sostituzione dell'esistente per un tratto a monte e a valle della rampa di progetto su via Friburgo.



7.4 Terminali delle barriere di sicurezza

Le barriere di sicurezza fornite dall'Impresa Appaltatrice dovranno essere poste in opera complete dei terminali semplici indicati nel certificato di omologazione o, nei casi in cui la normativa consente l'installazione di dispositivi non omologati (assenza della Circolare di cui all'art. 9 del D.M. 18.02.1992 e s.m.i.; rispetto delle disposizioni di cui all'art. 3 D.M. 21.06.2004), dei terminali semplici indicati nei rapporti dei crash test rilasciati da campi prova certificati. Potranno essere adottate soluzioni diverse in ragione dello specifico prodotto commerciale impiegato e del relativo terminale semplice a condizione che la soluzione proposta non costituisca un rischio potenziale per un veicolo che dovesse fuoriuscire dalla sede stradale in corrispondenza di esso, e fatto comunque salvo il rispetto delle norme vigenti.

7.5 Considerazioni aggiuntive

Infine si ritiene opportuno richiamare l'attenzione su alcune considerazioni di carattere generale che però possono avere una rilevante influenza sulla sicurezza della circolazione e quindi devono essere tenute in considerazione all'atto della scelta e della posa in opera delle barriere:

- 1) Elementi di collegamento tra barriere ed adattamenti localizzati: L'Impresa Appaltatrice dovrà curare con specifici disegni esecutivi e relazioni di calcolo gli elementi di transizione tra le barriere di classe diversa e/o diversa destinazione in relazione agli specifici prodotti commerciali forniti dalla stessa. L'Impresa appaltatrice ha comunque l'onere di fornire tutta la documentazione di calcolo o di prova degli elementi di collegamento o di fissaggio che verranno utilizzati per l'adattamento delle barriere commerciali fornite a particolari situazioni di montaggio (tipico esempio il fissaggio di barriere di tipo laterale su cordoli di opere d'arte in tratti brevi).
- 2) Nel montaggio delle barriere di sicurezza deve essere prestata la massima cura affinché non rimangano spigoli vivi e/o profilati metallici non opportunamente sagomati, perlomeno dalla parte esposta al traffico, in particolare in corrispondenza di terminali e raccordi tra diversi tipi di barriera. Questi elementi costituiscono infatti un grande pericolo, in particolare per gli utenti di mezzi a due ruote.
- 3) Tutti i terminali delle barriere devono avere una collocazione opportuna, evitando di posizionarli sulla traiettoria di una possibile uscita di strada come ad esempio sul lato esterno della parte iniziale di una curva.
- 4) Tutti gli ostacoli posti nelle adiacenze della sede stradale che costituiscono un possibile pericolo ai fini della sicurezza alla circolazione e che dovessero identificati solo in sede di esecuzione dei lavori, verranno protetti con barriera metallica per un tratto della lunghezza non minore a 100 m.
- 5) Si è attentamente verificato che la forma (in particolare l'altezza) delle barriere di sicurezza non limitino la visibilità disponibile, in particolare in corrispondenza delle curve, delle intersezioni e degli accessi. L'altezza di tali barriere nei punti critici citati è sempre inferiore all'altezza alla quale posizionare l'occhio del guidatore per le verifiche di visibilità secondo il D.M. 05/11/2001 pari a 1,10 m.
- 6) Nella scelta tipologica delle barriere è richiesto di adottare un criterio generale di omogeneità dei tipi impiegati: un tanto, sia ai fini della sicurezza (assuefazione dell'utente) che dell'economicità di gestione durante l'esercizio dell'opera. Il criterio di uniformità è stato tuttavia considerato, sin dalla precedente fase di progettazione definitiva, per tratti omogenei: viadotti, sottopassi, tratti in rilevato, curve pericolose, avvicinamento a viadotti e non per l'intera tratta stradale e viabilità contermini. In linea di massima sono state adottate ovunque classi di contenimento simili.
- 7) La fornitura dovrà riguardare un solo prodotto per ogni classe e destinazione d'uso prevista in progetto.
- 8) Tutti gli ostacoli che costituiscono pericolo per gli occupanti di un veicolo che collida con essi, sia esistenti che futuri (posti in opera durante la realizzazione dell'opera o in seguito), anche se non previsti nella redazione di questo progetto, distanti meno di 5 m dal ciglio bitumato della viabilità ordinaria, devono essere adeguatamente protetti da una barriera di sicurezza della stessa classe prevista per la strada a cui si affiancano, anche se non indicata negli elaborati progettuali. La posa in opera di questa barriera deve comunque rispettare i principi sopra enunciati in questa relazione.

8 SEGNALETICA ORIZZONTALE

La segnaletica orizzontale viene prevista come da Normativa vigente: striscia continua di margine da 12 cm (continua o tipo f in corrispondenza di accessi) e striscia di separazione dei sensi di marcia da 12 cm (continua o tipo b), tali da garantire elevata visibilità sia di giorno che di notte anche in presenza di pioggia.

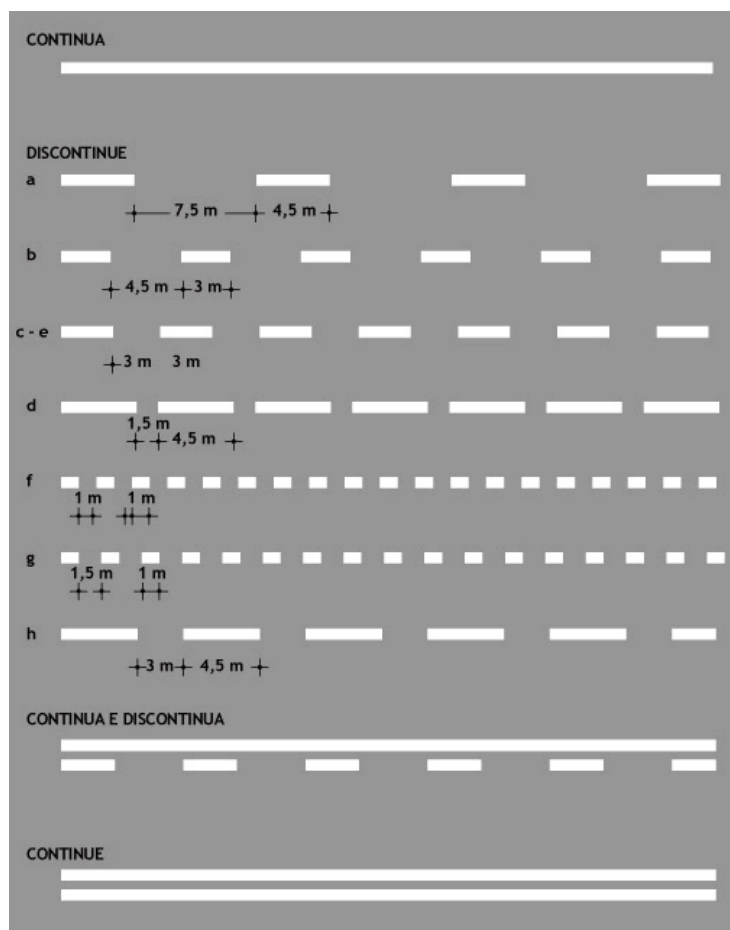


Figura 1- Tipologia di linee della Segnaletica orizzontale

Iscrizioni e simboli sono previsti come da Normativa per strade di tipo F locali, con utilizzo dell'iscrizione di STOP e frecce direzionali, in supporto alla segnaletica verticale, in corrispondenza delle svolte da e per via Friburgo.

8.1.1 Segnaletica Verticale

Di seguito si riporta una breve descrizione della segnaletica verticale prevista, progettata come da Normativa di riferimento e comunque rispettando criteri che, in relazione alla condizione locale, garantiscano la chiarezza di percettibilità.

Per una maggiore comprensione di quanto esposto, si rimanda alla tavola grafica relativa a segnaletica e Elementi Tipo.

Il comma 10 dell'art.79 prescrive che le pellicole rifrangenti da applicare sui segnali siano di classe 1 (normale) o 2 (ad alta efficienza). In sede di progettazione definitiva è stato stabilito che tutti i segnali dovranno essere posti in sede con pellicola in classe 2.





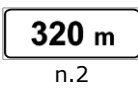




La cartellonistica di progetto è la seguente:



- Segnali di pericolo: ai piedi ed in testa alla rampa, segnale di serie di curve pericolose;
- Segnali di divieto: divieto di transito per i mezzi che superano le 3,5t in testa alla rampa di progetto;
- Segnali di precedenza: segnale di "intersezione a T con diritto di precedenza" con relativo pannello integrativo da apporre 100m a monte della nuova intersezione sulla rampa di via Friburgo, immediatamente prima del sottopasso. Quest'ultimo segnale sarà luminoso.
- Segnale di fermarsi e dare la precedenza (Stop) e relativo preavviso
- Segnali di indicazione: cartello di strada senza uscita in testa alla rampa di progetto;
- Segnali di obbligo di svolta destra in corrispondenza della linea di arresto;
- Infine, verrà apposto il cartello con la toponomastica.

Per quanto riguarda la chiusura del passaggio a livello, verranno rimossi tutti i segnali ad esso relativi, ed integrato l'esistente segnale di strada senza uscita all'intersezione con via Goldoni con un pannello integrativo indicante "a 50m".

Per chiarezza, si riporta, nella sottostante tabella, un riassunto di tutti i segnali da installare:

| Segnale | Descrizione | Figura | Articolo Regolamento | Posizione | Note |
|--|--|------------------|----------------------|---|----------------------------|
|  | fermarsi e dare precedenza | Fig. II.37 | Articolo 107 | Lato destro della carreggiata, all'intersezione con via Friburgo | |
|  | Preavviso di fermarsi e dare precedenza | Fig. II.39 | Articolo 108 | Alla base della rampa | |
|  n.2 | Direzione obbligatoria a destra | Fig. II.80/c | Articolo 122 | In corrispondenza della linea di arresto e ripetuta sul margine opposto della carreggiata | |
|  | Intersezione a "T" con diritto di precedenza | Fig. 43/b | Articolo 112 | A monte dell'intersezione, in ingresso al sottopasso | Segnale luminoso |
|  n.2 | Pannello integrativo Distanza | Modello II.1 | Articolo 83 | Integrativo del segnale di Intersezione a "T" con diritto di precedenza Integrativo del segnale di strada chiusa su via Goldoni | Testo - 100m - a 50m |
|  | doppia curva, la prima a destra/sinistra | Fig. II.6 e II.7 | Articolo 86 | Alla base e in testa alla rampa | |
|  | Transito vietato ai veicoli di massa a pieno carico superiore a 3,5t | Fig. II.60 | Articolo 117 | Lato destro della carreggiata sulla rampa di via Friburgo, all'inizio della rampa di progetto | |
|  | strada senza uscita | Fig. II.309 | Articolo 135 | Su isola spartitraffico | |
|  | Segnale nome-strada | Fig. II 292 | Articolo 133 | Su isola spartitraffico | |



9 MURO DI SOSTEGNO

9.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La normativa utilizzata per l'espletamento del presente documento è la seguente:

- [1] Decreto Ministeriale Infrastrutture 17 gennaio 2018: "Norme Tecniche per le Costruzioni".
- [2] Circolare esplicativa NTC2018 del 11 febbraio 2019.
- [3] UNI EN 1992-1-1:2015 - Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici
- [4] UNI EN 1997-1:2013 - Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 1: Regole generali



9.2 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

9.2.1 Calcestruzzo per fondazioni ed elevazioni

| CALCESTRUZZO – Rif. DM 17/01/2018 | | | |
|---|---------------------------|--------------------|------------------|
| Classe di resistenza | | C30/37 | |
| Resistenza cubica caratteristica a compressione | R _{ck} | 37.00 | MPa |
| Peso specifico | ρ | 25.00 | kN/mc |
| Classe di esposizione | | XC2+XC4 | |
| Coefficiente espansione termica lineare | α | 1x10 ⁻⁵ | °C ⁻¹ |
| Coefficiente di Poisson | ν _{fless} | 0.00 | |
| | ν _{non fless} | 0.20 | |
| Modulo elastico secante | E _{cm} | 32837 | MPa |
| Resistenza cilindrica caratteristica a compressione | f _{ck} | 30.71 | MPa |
| Resistenza cilindrica media a compressione | f _{cm} | 38 | MPa |
| Coefficiente parziale per resistenze SLU | γ _c | 1.50 | |
| Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata | α _{cc} | 0.85 | |
| Resistenza media a trazione assiale | f _{ctm} | 2.90 | MPa |
| Resistenza media a trazione per flessione | f _{ctm} | 3.48 | MPa |
| Resistenza caratteristica a trazione frattile 5% | f _{ctk,0.05} | 2.0 | MPa |
| Resistenza caratteristica a trazione frattile 95% | f _{ctk,0.95} | 3.8 | MPa |
| Resistenza di calcolo a compressione | f_{cd} | 17.00 | MPa |
| Resistenza di calcolo a trazione | f_{ctd} | 1.35 | MPa |
| Tensione ammissibile per combinazione caratteristica (rara) | σ_{c,rara} | 18.00 | MPa |
| Tensione ammissibile per combinazione quasi permanente | σ_{c,q.p.} | 13.5 | MPa |
| Resistenza tangenziale caratteristica di aderenza per barre Ø ≤ 32 | f _{bk} | 4.50 | MPa |
| Resistenza tangenziale di calcolo di aderenza per barre Ø ≤ 32 | f_{bd} | 3.00 | MPa |

9.2.2 Acciaio da C.A. per fondazioni ed elevazioni

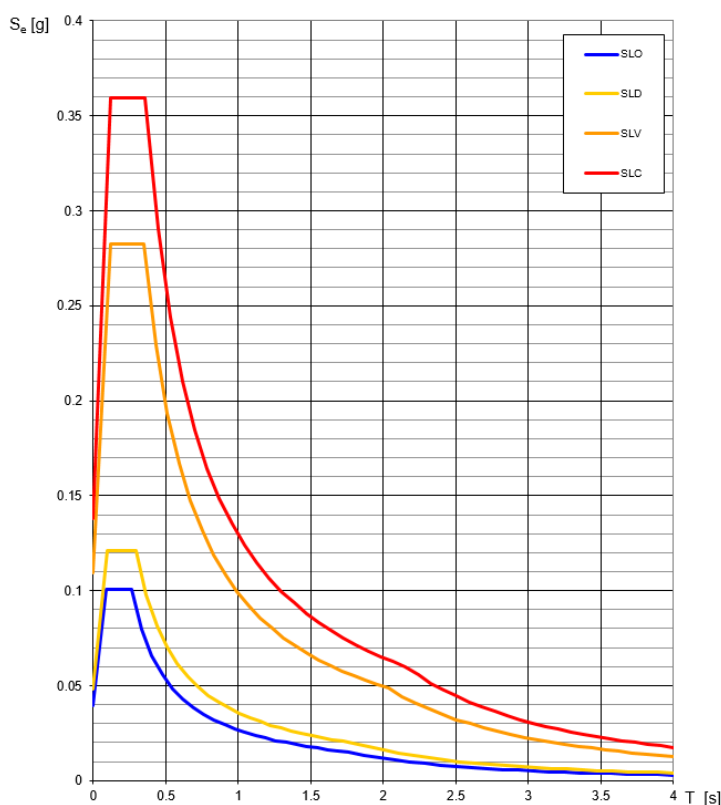
| ACCIAIO da c.a. – Rif. DM 17/01/2018 | | | |
|--|--------------------------------|------------------------------------|------------|
| Tipo | | B450C | |
| Coefficiente parziale per le resistenze SLU | γ _M | 1.15 | |
| Resistenza caratteristica a snervamento | f _{yk} | 450 | MPa |
| Resistenza caratteristica a snervamento | f _{tk} | 540 | MPa |
| Rapporto (f _t / f _y) _k | 1.15 ≤ | (f _t / | ≤ 1.35 |
| Rapporto (f _t / f _y) _k | | (f _y /f _{y,no} | ≤ 1.25 |
| Resistenza caratteristica a trazione frattile 95% | f _{ctk,0.9} | 3.33 | MPa |
| Allungamento (A _g) _k | (A _g) _k | ≥ | |
| Resistenza di calcolo | f_{yd} | 391.30 | MPa |
| Tensione ammissibile per combinazione caratteristica (rara) | σ_{s,rar} | 360.00 | MPa |

9.3 INQUADRAMENTO SISMICO

I coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica, oltre all'accelerazione a_g , sono stati ottenuti attraverso il programma sperimentale "Spettri di risposta ver.1.0.3", messo a disposizione dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, che fornisce gli spettri di risposta rappresentativi delle componenti (orizzontali e verticale) delle azioni sismiche di progetto per il generico sito del territorio nazionale.

9.4 Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



In questo caso il sottosuolo appartiene alla tale categoria B. Per quanto riguarda la categoria topografica del sito, è stata scelta la prima categoria (T1), cioè "superficie pianeggianti, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ ".

La vita nominale dell'opera, facente parte al gruppo delle "costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti", è pari o superiore ai 50 anni, e precisamente fissata a 50 anni. In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso diverse; nel nostro caso si fa riferimento alla Classe II.

Valori dei parametri a_g , F_0 , T_C^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL

| SLATO LIMITE | T_R [anni] | a_g [g] | F_0 [-] | T_C^* [s] |
|--------------|--------------|-----------|-----------|-------------|
| SLO | 60 | 0.040 | 2.547 | 0.263 |
| SLD | 101 | 0.048 | 2.509 | 0.295 |
| SLV | 949 | 0.110 | 2.575 | 0.350 |
| SLC | 1950 | 0.138 | 2.602 | 0.360 |

Gli spettri di risposta per uno stato limite ultimo SLV (Stato Limite di Vita), con relativi punti e parametri, ottenuti col programma "Spettri di risposta ver.1.0.3" sono riportati di seguito.



Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV

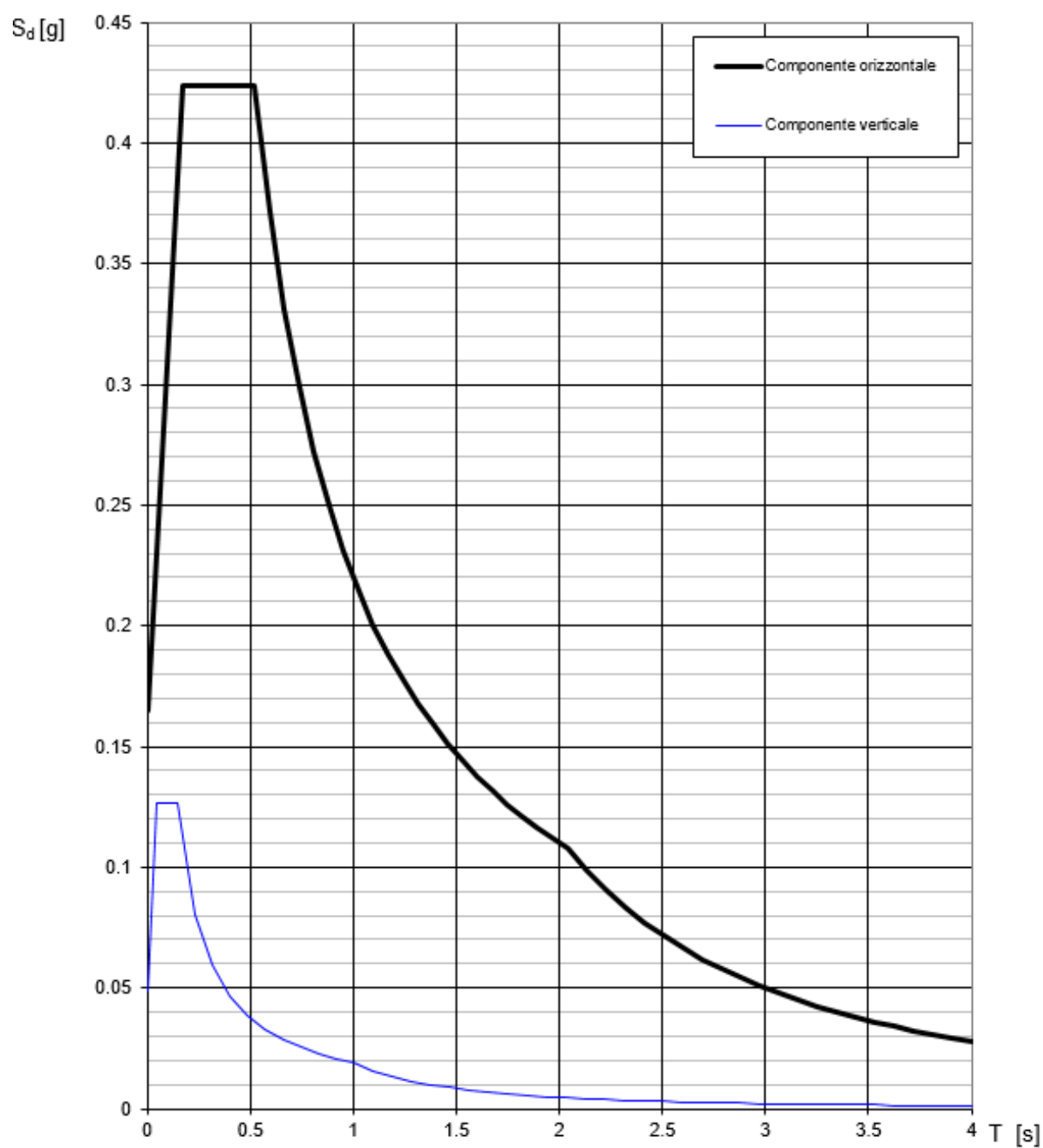


Figura 2 - Grafico Spettri sismici per stato limite SLV



Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLV

Parametri indipendenti

| STATO LIMITE | SLV |
|--------------|---------|
| a_g | 0.110 g |
| F_o | 2.575 |
| T_C^* | 0.350 s |
| S_S | 1.500 |
| C_C | 1.484 |
| S_T | 1.000 |
| q | 1.000 |

Parametri dipendenti

| | |
|--------|---------|
| S | 1.500 |
| η | 1.000 |
| T_B | 0.173 s |
| T_C | 0.520 s |
| T_D | 2.039 s |

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

| | T [s] | Se [g] |
|------------------|-------|--------|
| | 0.000 | 0.164 |
| $T_B \leftarrow$ | 0.173 | 0.424 |
| $T_C \leftarrow$ | 0.520 | 0.424 |
| | 0.592 | 0.372 |
| | 0.665 | 0.331 |
| | 0.737 | 0.299 |
| | 0.809 | 0.272 |
| | 0.882 | 0.250 |
| | 0.954 | 0.231 |
| | 1.026 | 0.215 |
| | 1.099 | 0.200 |
| | 1.171 | 0.188 |
| | 1.243 | 0.177 |
| | 1.315 | 0.167 |
| | 1.388 | 0.159 |
| | 1.460 | 0.151 |
| | 1.532 | 0.144 |
| | 1.605 | 0.137 |
| | 1.677 | 0.131 |
| | 1.749 | 0.126 |
| | 1.822 | 0.121 |
| | 1.894 | 0.116 |
| | 1.966 | 0.112 |
| $T_D \leftarrow$ | 2.039 | 0.108 |
| | 2.132 | 0.099 |
| | 2.225 | 0.091 |
| | 2.319 | 0.084 |
| | 2.412 | 0.077 |
| | 2.506 | 0.072 |
| | 2.599 | 0.066 |
| | 2.692 | 0.062 |
| | 2.786 | 0.058 |
| | 2.879 | 0.054 |
| | 2.973 | 0.051 |
| | 3.066 | 0.048 |
| | 3.159 | 0.045 |
| | 3.253 | 0.042 |
| | 3.346 | 0.040 |
| | 3.440 | 0.038 |
| | 3.533 | 0.036 |
| | 3.626 | 0.034 |
| | 3.720 | 0.032 |
| | 3.813 | 0.031 |
| | 3.907 | 0.029 |
| | 4.000 | 0.028 |



Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite: SLV

Parametri indipendenti

| STATO LIMITE | SLV |
|--------------|---------|
| a_{gv} | 0.049 g |
| S_S | 1.000 |
| S_T | 1.000 |
| q | 1.000 |
| T_B | 0.050 s |
| T_C | 0.150 s |
| T_D | 1.000 s |

Parametri dipendenti

| | |
|--------|-------|
| F_v | 1.151 |
| S | 1.000 |
| η | 1.000 |

Punti dello spettro di risposta

| | T [s] | Se [g] |
|------------------|-------|--------|
| | 0.000 | 0.049 |
| $T_B \leftarrow$ | 0.050 | 0.126 |
| $T_C \leftarrow$ | 0.150 | 0.126 |
| | 0.235 | 0.081 |
| | 0.320 | 0.059 |
| | 0.405 | 0.047 |
| | 0.490 | 0.039 |
| | 0.575 | 0.033 |
| | 0.660 | 0.029 |
| | 0.745 | 0.025 |
| | 0.830 | 0.023 |
| | 0.915 | 0.021 |
| $T_D \leftarrow$ | 1.000 | 0.019 |
| | 1.094 | 0.016 |
| | 1.188 | 0.013 |
| | 1.281 | 0.012 |
| | 1.375 | 0.010 |
| | 1.469 | 0.009 |
| | 1.563 | 0.008 |
| | 1.656 | 0.007 |
| | 1.750 | 0.006 |
| | 1.844 | 0.006 |
| | 1.938 | 0.005 |
| | 2.031 | 0.005 |
| | 2.125 | 0.004 |
| | 2.219 | 0.004 |
| | 2.313 | 0.004 |
| | 2.406 | 0.003 |
| | 2.500 | 0.003 |
| | 2.594 | 0.003 |
| | 2.688 | 0.003 |
| | 2.781 | 0.002 |
| | 2.875 | 0.002 |
| | 2.969 | 0.002 |
| | 3.063 | 0.002 |
| | 3.156 | 0.002 |
| | 3.250 | 0.002 |
| | 3.344 | 0.002 |
| | 3.438 | 0.002 |
| | 3.531 | 0.002 |
| | 3.625 | 0.001 |
| | 3.719 | 0.001 |
| | 3.813 | 0.001 |
| | 3.906 | 0.001 |
| | 4.000 | 0.001 |

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_o \cdot \left(\frac{a_g}{g} \right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

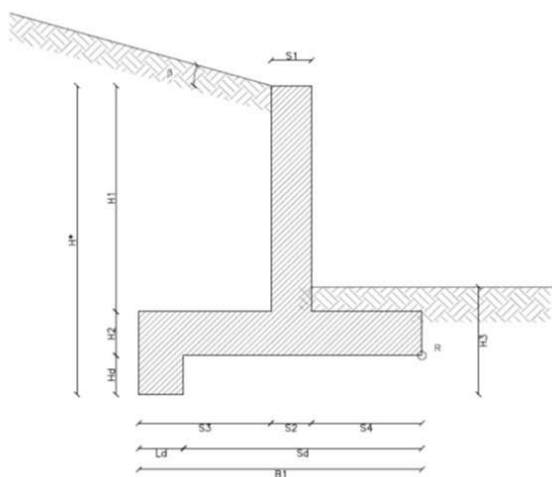
$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

9.5 VERIFICA MURO

9.5.1 Verifiche geotecniche del muro

Vengono di seguito riportate le verifiche geotecniche del muro di sostegno sia in condizione statica che in condizione sismica, come previsto dalle NTC2018, ovvero verifica allo scorrimento, verifica al ribaltamento e verifica alla capacità portante del manufatto. Per quanto riguarda le verifiche in condizioni sismiche, queste vengono eseguite in accordo con quanto previsto dalla normativa vigente. Di seguito, nella figura sottostante, viene riportato uno schema rappresentativo del muro di sostegno, utile per la definizione della geometria del muro e dei parametri che rientrano nelle verifiche (la figura di seguito è solo indicativa per l'inserimento dei parametri nel foglio di elaborazione interno, non rappresenta la geometria reale del muro).



Le sezioni di muro analizzate nel presente paragrafo sono sottoposte a tre combinazioni di sollecitazione:

- Combinazione SLU;
- Combinazione sismica.

Le combinazioni SLU (Stato Limite Ultimo) e sismica verranno analizzate come segue.



CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

| | | | |
|------------------------------------|-----------|-------------|----------|
| Altezza muro in elevazione | H1 | 1.85 | m |
| Spessore muro | S1 | 0.60 | m |
| Lunghezza sbalzo fondazione monte | S3 | 2.50 | m |
| Lunghezza sbalzo fondazione valle | S4 | 0.10 | m |
| Spessore fondazione | H2 | 0.60 | m |
| Altezza ricoprimento valle | H3 | 0.40 | m |
| Lunghezza totale fondazione | B1 | 3.20 | m |
| Altezza totale di spinta | H* | 2.45 | m |

PESI DEI MATERIALI

| | | | |
|---------------------------------|----------------|-------|-------------------|
| Peso di volume acqua | γ_w | 9.81 | kN/m ³ |
| Peso specifico cls | γ_{cls} | 25.00 | kN/m ³ |
| Peso di volume terreno | γ_t | 20.00 | kN/m ³ |
| Peso di volume terreno saturo | γ_{sat} | 20.00 | kN/m ³ |
| Peso di volume terreno asciutto | γ' | 10.19 | kN/m ³ |

TERRENO DI MONTE

M1

| | | | |
|---|----------|-------|------|
| Inclinazione terrapieno - piano orizzontale | β | 33.00 | 0.58 |
| Angolo di resistenza al taglio (M1) | $\phi'd$ | 35.00 | 0.61 |
| Coesione terreno di monte | c' | 0.00 | |
| Inclinazione paramento sulla verticale | δ | 0.00 | 0.00 |
| Inclinazione paramento sull'orizzontale | α | 90.00 | 1.57 |

TERRENO DI FONDAZIONE

M1

| | | | |
|-------------------------------------|----------|-------|------|
| Angolo di resistenza al taglio (M1) | $\phi'd$ | 30.00 | 0.52 |
| Coesione terreno di fondazione | c' | 10.00 | kPa |
| Attrito c.a. terreno fondazione | v | 20.00 | 0.35 |

SOLLECITAZIONI ESTERNE

Sovraccarico a monte (al netto dei coefficienti parziali sulle azioni γQ)

| | | | |
|-----------------------|-------|-------|-----|
| Sovraccarico stradale | q_s | 20.00 | kPa |
|-----------------------|-------|-------|-----|

CALCOLO CARATTERISTICHE DEL MURO

| | | | |
|--------------------------------------|----------------|---------|------|
| Pesi propri c.a. | Pp c.a. | 75.750 | kN/m |
| Pesi propri terreno zattera + muro | Pp muro (Wtot) | 169.050 | kN/m |
| Baricentro pesi propri muro - dir. X | X_g | 1.587 | m |
| Baricentro pesi propri muro - dir. Y | Y_g | 1.174 | m |

SPINTA STATICA SUL MURO

| | | | |
|-------------------------------|-------|-------|-----------|
| Coefficiente di spinta attiva | K_A | 0.503 | M1 |
| Coefficiente spinta passiva | K_p | 3.690 | |
| Coefficiente spinta a riposo | K_0 | 0.426 | |

FATTORI CAPACITA' PORTANTE

| | | | |
|----------------------|------------|--------|-----------|
| Fattore peso proprio | N_q | 18.401 | M1 |
| Fattore coesione | N_c | 30.140 | |
| Fattore sovraccarico | N_γ | 20.093 | |
| Imposta fondazione | D | 1.000 | |

SPINTA SISMICA SUL MURO

| | | | |
|-------------------------------|-------|-------|--|
| Coefficiente di spinta attiva | k_h | 0.063 | |
|-------------------------------|-------|-------|--|



| | | | |
|-----------------------------|-------|-------|------|
| Coefficiente spinta passiva | kv | 0.031 | |
| Spinta sismica | Ssism | 1.11 | kN/m |

| APPROCCIO | | | |
|-----------|----------|------|----|
| A1+M1 | $\phi'd$ | 1.00 | M1 |
| A1+M2 | $\phi'd$ | 1.25 | M2 |

| COEFFICIENTI SULLE AZIONI PER LE COMBINAZIONI | | | |
|---|----------|----------|-----|
| | statiche | sismiche | |
| Permanenti Sfavorevoli | 1.30 | 1.00 | A1 |
| Permanenti non strutt. Sfavorevoli | 1.50 | 1.00 | A1 |
| Variabili Sfavorevoli | 1.50 | 1.00 | A1 |
| Equilibrio stabilizzanti | 0.90 | 1.00 | EQU |
| Scorrimento | 1.10 | 1.00 | R3 |

| CALCOLO SPINTE IN COMBINAZIONE STATICA | | | |
|---|--|--|--|
| A1+M1 | | | |
| FORZE INSTABILIZZANTI | | | |

| | | | |
|------------------------------------|------------------|--------------|-------------|
| St - spinta statica attiva terreno | St | 39.28 | kN/m |
| Sw - spinta dell'acqua | Sw | 0.00 | kN |
| Sq - spinta sovraccarico | Sq | 31.34 | kN/m |
| H risultante azioni stab | H,TOT-SLU | 70.63 | kN/m |

| FORZE STABILIZZANTI | | | |
|----------------------------------|------------------|--------------|-------------|
| S spinta passiva statica | Sp,s | 36.90 | kN/m |
| S statica $\sin \delta \tan \nu$ | S,s | 0.00 | |
| Forza peso muro in elevazione | Fv,e | 61.53 | kN/m |
| Sottospinta idraulica | S | 0.00 | kN/m |
| Spinta da coesione | Sc | 26.62 | kN/m |
| T risultante azioni stab | T,TOT-SLU | 88.15 | kN/m |

| MOMENTI INSTABILIZZANTI | | | |
|--------------------------------------|-------------------|--------------|-------------|
| MSt - spinta statica attiva terreno | MSt | 32.08 | kN/m |
| MSw - spinta dell'acqua | MSw | 0.00 | kN |
| MSq - spinta sovraccarico | MSq | 38.39 | kN/m |
| MH - Momento totale SLU inst. | MH,TOT-SLU | 70.48 | kN/m |

| MOMENTI STABILIZZANTI | | | |
|--------------------------------------|-------------------|---------------|-------------|
| MSt - spinta statica passiva terreno | St | 12.30 | kN/m |
| MS statica $\sin \delta \tan \nu b1$ | Mwtot | 0.00 | kN |
| Mwtot Forza peso muro in elevazione | Sq | 268.32 | kN/m |
| MT - Momento totale SLU stab. | MT,TOT-SLU | 280.62 | kN/m |

| AZIONI IN FONDAZIONE (Rispetto riferimento posto al baricentro zattera) | | | |
|---|----|--------|---|
| M fondazione | Mf | -59.10 | |
| N fondazione | Nf | 219.77 | |
| S fondazione | Sf | 17.52 | |
| Eccentricità rispetto R | e | 0.27 | |
| Base parzializzata | B' | 2.66 | m |
| Lunghezza parzializzata | L' | 1.00 | m |

| COEFFICIENTI CORRETTIVI FORMA DELLA FONDAZIONE | | | |
|--|----|-------|--|
| | Sc | 2.63 | |
| | Sq | 2.54 | |
| | Sy | -0.06 | |

| COEFFICIENTI CORRETTIVI INCLINAZIONE DEL CARICO | | | |
|---|----|------|--|
| | ic | 1.00 | |
| | iq | 1.00 | |
| | iy | 1.00 | |



| CAPACITA' PORTANTE | | | |
|---------------------------------------|------|---------|------|
| Carico limite unitario | qlim | 1723.20 | kPa |
| Capacità portante fondazione al metro | Qlim | 4587.39 | kN/m |

| VERIFICHE STATICHE SLU - "NUOVE NORME PER LE COSTRUZIONI" - D.M. 17-01-2018 | | | | | |
|--|-------|---|----|------|----|
| Ribaltamento: | | | | | |
| Combinazione: A1+M1+R3 | | | | | |
| R/Ed | 3.58 | > | γR | 1.15 | OK |
| Scorrimento: | | | | | |
| Approccio 2: A1+M1+R3 | | | | | |
| R/Ed | 1.25 | > | γR | 1.1 | OK |
| Capacità portante: | | | | | |
| Approccio 2: A1+M1+R3 | | | | | |
| R/Ed | 18.96 | > | γR | 1.4 | OK |

| CALCOLO SPINTE IN COMBINAZIONE SISMICA A1+M1 | | | |
|---|-------------------|---------------|--------------|
| FORZE INSTABILIZZANTI | | | |
| St - spinta statica attiva terreno | St | 30.22 | kN/m |
| Sw - spinta dell'acqua | Sw | 0.00 | kN/m |
| Sq - spinta sovraccarico | Sq | 20.89 | kN/m |
| S sismica (H1+H2) γF | Ss | 3.89 | kN/m |
| H risultante azioni stab | H,TOT-SLU | 55.00 | kN/m |
| FORZE STABILIZZANTI | | | |
| S spinta passiva statica | Sp,s | 36.90 | kN/m |
| S statica sinδ tanv | S,s | 0.00 | kN/m |
| Forza peso muro in elevazione | Fv,e | 61.53 | kN/m |
| Sottospinta idraulica | S | 0.00 | kN/m |
| Spinta da coesione | Sc | 26.62 | kN/m |
| T risultante azioni stab | T,TOT-SLU | 88.15 | kN/m |
| MOMENTI INSTABILIZZANTI | | | |
| MSt - spinta statica attiva terreno | MSt | 24.68 | kNm/m |
| MSw - spinta dell'acqua | MSw | 0.00 | kNm/m |
| MSq - spinta sovraccarico | MSq | 25.60 | kNm/m |
| MSs - Ssism Hsism | MSs | 4.76 | kNm/m |
| MH - Momento totale SLU inst. | MH,TOT-SLU | 55.04 | kNm/m |
| MOMENTI STABILIZZANTI | | | |
| MSt - spinta statica passiva terreno | St | 12.30 | kNm/m |
| MS statica sinδ tanv b1 | Mwtot | 0.00 | kNm/m |
| Mwtot Forza peso muro in elevazione | Sq | 268.32 | kNm/m |
| MT - Momento totale SLU stab. | MT,TOT-SLU | 280.62 | kNm/m |
| AZIONI IN FONDAZIONE (Rispetto riferimento posto al baricentro zattera) | | | |
| M fondazione | Mf | -43.66 | kNm/m |
| N fondazione | Nf | 169.05 | kN/m |
| S fondazione | Sf | 33.15 | kN/m |
| Eccentricità rispetto R | e | 0.26 | m |
| Base parzializzata | B' | 2.68 | m |
| Lunghezza parzializzata | L' | 1.00 | m |



| COEFFICIENTI CORRETTIVI FORMA DELLA FONDAZIONE | | | |
|---|------|---------|------|
| | Sc | 2.64 | |
| | Sq | 2.55 | |
| | Sy | -0.07 | |
| COEFFICIENTI CORRETTIVI INCLINAZIONE DEL CARICO | | | |
| | ic | 1.00 | |
| | iq | 1.00 | |
| | iy | 1.00 | |
| CAPACITA' PORTANTE | | | |
| Carico limite unitario | qlim | 1731.40 | kPa |
| Capacità portante fondazione al metro | Qlim | 4646.17 | kN/m |

| VERIFICHE SISMICHE SLU - "NUOVE NORME PER LE COSTRUZIONI" - D.M. 17-01-2018 | | | | | |
|--|-------|---|----|-----|----|
| Ribaltamento: | | | | | |
| Combinazione: A1+M1+R3 | | | | | |
| R/Ed | 4.59 | > | γR | 1 | OK |
| Scorrimento: | | | | | |
| Approccio 2: A1+M1+R3 | | | | | |
| R/Ed | 1.60 | > | γR | 1 | OK |
| Capacità portante: | | | | | |
| Approccio 2: A1+M1+R3 | | | | | |
| R/Ed | 25.07 | > | γR | 1.2 | OK |

9.6 Verifiche strutturali del muro

9.6.1 Verifiche agli Stati Limite Ultimi (SLU)

Viene di seguito riportata la verifica strutturale del muro. Si calcolano, attraverso un foglio di elaborazione interna, le sollecitazioni alla base del paramento verticale del muro, derivanti dalla spinta del terreno, dall'azione del sovraccarico e dalla azione del sisma. Le sollecitazioni agenti alla base del paramento sono trasmesse anche alla piattabanda di fondazione per effetto della continuità del nodo. Si può in questo modo adottare una unica armatura valida sia per la mensola verticale che per la piattabanda di fondazione.

Le sollecitazioni alla base del muro sono definite di seguito. I coefficienti applicati alle sollecitazioni sono quelli definiti da normativa vigente. Come previsto da NTC2018, le azioni variabili dovute al carico stradale allo SLU vengono moltiplicate per un coefficiente $\psi=0.75$.

Si ipotizza, a favore di sicurezza, che la quota del terreno coincida con la quota sommitale del muro.

Dati di input

| | | |
|---------------------|-------|---|
| Quota testa muro QM | 12.14 | m |
| Quota platea QP | 9.68 | m |
| Quota terreno QT | 10.68 | m |
| Quota falda QW | 0.00 | m |
| Sp. Muro | 0.60 | m |

| | | |
|-------|------|---|
| Hmuro | 2.46 | m |
| ht1 | 0.82 | m |
| ht2 | 0.00 | m |
| hw | 0.00 | m |
| hq | 1.23 | m |
| hsism | 0.82 | m |

| | | |
|-----------------------|-------|-------|
| γt | 20.00 | kN/m3 |
| γw | 10.00 | kN/m3 |
| k0/ka | 0.44 | 0.43 |
| K _{AE} (M-O) | 0.61 | |
| kv | 0.03 | |
| qacc p.c. | 20.00 | kPa |



| | | | $\gamma G/\gamma Q$ combo SLE | $\gamma G/\gamma Q$ combo SLU | $\gamma G/\gamma Q$ combo SISMA |
|-------|-------|------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| St1 | 26.40 | kN/m | 1 | 1.3 | 0 |
| St2 | 0.00 | kN/m | 1 | 1.3 | 1 |
| Sw | 0.00 | kN/m | 1 | 1.3 | 1 |
| Sqacc | 20.98 | kN/m | 0.75 | 1.5 | 0 |
| Ssism | 38.31 | kN/m | 0 | 0 | 1 |

| | Mmax combo SLE | Mmax combo SLU | Mmax combo SISMA | |
|--------------------------------------|----------------|----------------|------------------|-------|
| Mmax (Momento flettente a base muro) | 41.00 | 66.85 | 31.42 | kNm/m |

| | Tmax combo SLE | Tmax combo SLU | Tmax combo SISMA | |
|---------------------------|----------------|----------------|------------------|------|
| Tmax (Taglio a base muro) | 42.13 | 65.79 | 38.31 | kN/m |

| | Nmax combo SLE | Nmax combo SLU | Nmax combo SISMA | |
|---------------------------------|----------------|----------------|------------------|------|
| Nmax (Compressione a base muro) | 36.90 | 36.90 | 36.90 | kN/m |

La sollecitazione massima flettente, agente sulla sezione, ottenuta dalla analisi in condizione statica e sismica risulta essere pari a $M_{Ed} = 66.85$ kNm/m (SLU). Adottando una armatura composta da $\Phi 10/20$ cm sia superiormente che inferiormente la verifica è soddisfatta.

Verifica C.A. S.L.U. - File: Muro_sottoscarpa

Titolo: Gramsci_Muro_sottoscarpa

N° strati barre: 2 Zoom

| N° | b [cm] | h [cm] | N° | As [cm²] | d [cm] |
|----|--------|--------|----|----------|--------|
| 1 | 100 | 60 | 1 | 3.93 | 5 |
| 2 | | | 2 | 3.93 | 55 |

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

P.to applicazione N: Centro Baricentro cls Coord. [cm]

Tipi rotture: Lato acciaio - Acciaio snervato

Metodo di calcolo: S.L.U. Metodo n

Tipi flessione: Retta Deviata

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ [cm] Col. modello

Precompresso

Materiali: B450C C30/37

E_{cu} 67.5 % E_{cs} 2 %

f_{yk} 391.3 N/mm² f_{cd} 3.9 %

E_s 200000 N/mm² f_{cd} 17 %

E_s/E_c 15 % f_{cc}/f_{cd} 0.0 %

$G_{s,adm}$ 1.957 % T_{co} 11.5 %

$G_{s,adm}$ 255 N/mm² T_{co} 0.6933

T_{cl} 2.029

M_{Rd} 102.5 kN m

σ_c -17 N/mm²

σ_s 391.3 N/mm²

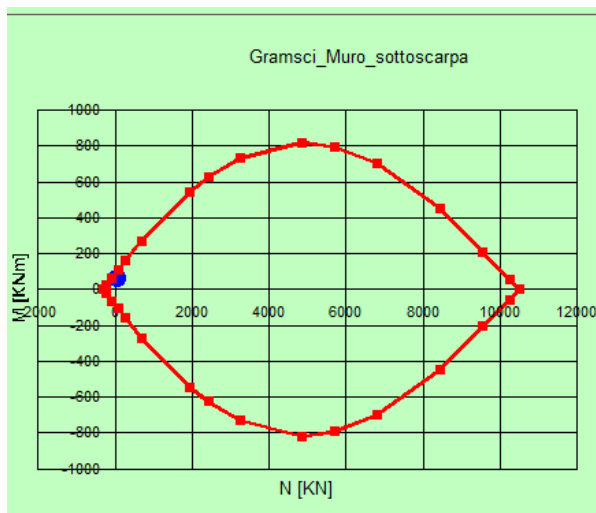
σ_s 3.332 %

σ_s 67.5 %

d 55 cm

x/d 2.587 x/d 0.04705

δ 0.7



La massima azione tagliente che agisce sulla sezione risulta essere pari a $T = 65.8$ kN/m (SLU).

| GEOMETRIA DELLA SEZIONE | | MATERIALI: | |
|---|-----------------|---------------------------------|---------|
| Base sezione: b = | 1000 mm | CALCESTRUZZO | |
| Altezza sezione: h = | 600 mm | Classe cls | C30/37 |
| Copriferro: c = | 50 mm | fck | 30 Mpa |
| DATI ARMATURA | | fcd | 17 Mpa |
| | | g _c | 1.5 |
| | | ACCIAIO | |
| Armatura Longitudinale | | fyk | 450 Mpa |
| Diametro armatura tesa = | 10 mm | fyd | 391 Mpa |
| N° barre tese = | 5 | g _s | 1.15 |
| Diametro armatura compressa = | 10 mm | | |
| N° barre compresse = | 5 | | |
| VERIFICA A TAGLIO (4.1.2.3.5.2 DM_17/01/2018) | | | |
| Resistenza sezioni non armate a taglio | V _{Rd} | 213.99 kN | |
| V _{Rd} = {0.18 · k · (100 · ρ ₁ · f _{ck}) / 3} / γ _c + 0.15 · σ _{cp} · b _w · d ≥ (v _{min} + 0.15 · σ _{cp}) · b _w · d | | NON NECESSITA ARMATURA A TAGLIO | |



9.6.2 Verifiche agli Stati Limite di Esercizio (SLE)

| DETERMINAZIONE DELLE TENSIONI A SLS | | | |
|--|------------------------------|---------------|--------------------|
| Controllo tensionale per la Combinazione Quasi Permanente | | | |
| Momento sollecitante assunto in valore assoluto | M_{Ed} | 41.0 | [kNm] |
| Coefficiente di omogeneizzazione | n | 15.0 | [-] |
| Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo | j | 1000 | [-] |
| Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo | b | 600 | [-] |
| Copriferro | d' | 50 | [-] |
| Altezza utile della sezione | d' | 950 | [-] |
| Area dell'armatura tesa | A_s | 393 | [mm ²] |
| Area dell'armatura compressa | $A's$ | 393 | [mm ²] |
| Posizione dell'asse neutro | x | 121.86 | [mm] |
| Momento d'inerzia della sezione rispetto a x | J | 443212774 | [mm ⁴] |
| Tensione ammissibile nel calcestruzzo nella combinazione quasi | $\sigma_{c,q,p}$ | 13.5 | [MPa] |
| Tensione ammissibile nell'acciaio per le combinazioni a SLS | σ_s | 360 | [MPa] |
| Tensione nel calcestruzzo | σ_c | 1.13 | [MPa] |
| Tensione nell'armatura tesa | σ_s | 114.91 | [MPa] |

| DETERMINAZIONE DELLE TENSIONI A SLS | | | |
|---|------------------------------|---------------|--------------------|
| Controllo tensionale per la Combinazione Frequente | | | |
| Momento sollecitante assunto in valore assoluto | M_{Ed} | 41.0 | [kNm] |
| Coefficiente di omogeneizzazione | n | 15.0 | [-] |
| Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo | j | 1000 | [MPa] |
| Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo | b | 600 | [-] |
| Copriferro | d' | 50 | [kNm] |
| Altezza utile della sezione | d' | 950 | [kNm] |
| Area dell'armatura tesa | A_s | 393 | [mm ²] |
| Area dell'armatura compressa | $A's$ | 393 | [mm ²] |
| Posizione dell'asse neutro | x | 121.86 | [mm] |
| Momento d'inerzia della sezione rispetto a x | J | 443212774 | [mm ⁴] |
| Tensione nel calcestruzzo | σ_c | 1.13 | [MPa] |
| Tensione nell'armatura tesa | σ_s | 114.91 | [MPa] |

Viene di seguito riportata la verifica a fessurazione della sezione. La classe di esposizione ambientale per il cls previsto per il paramento verticale del muro è XC2 e quindi le condizioni ambientali sono da ritenersi molto aggressive. Si considera di conseguenza, in accordo con quanto previsto da normativa vigente (NTC2018 paragrafo 4.1.2.2.4.4), una apertura massima delle fessure pari a $w_2=0.3$ mm per la combinazione frequente e quasi permanente. Come precedentemente spiegato, le sollecitazioni agenti sul paramento verticale e sulla fondazione sono le medesime. La verifica a fessurazione è quindi realizzata solo nel paramento verticale, essendo le condizioni richieste da normativa più restrittive.



CONTROLLO DI FESSURAZIONE A SLS

| | | | |
|---|----------------------|------|--------------------|
| Altezza della sezione trasversale di calcestruzzo | h | 1000 | [mm] |
| Larghezza della sezione trasversale di calcestruzzo | b | 600 | [mm] |
| Copriferro | d' | 50 | [mm] |
| Altezza utile della sezione | d | 950 | [mm] |
| Area dell'armatura tesa | A _s | 393 | [mm ²] |
| Area dell'armatura compressa | A' _s | 393 | [mm ²] |
| Distanza tra il bordo del cls e l'armatura | c | 50 | [mm] |
| Distanza tra i baricentri delle barre | s | 200 | [mm] |
| Distanza massima di riferimento tra le barre | S _{rif,max} | 275 | [mm] |

Calcolo dell'ampiezza delle fessure - Combinazione Quasi Permanente

| | | | |
|---|-----------------------------------|-----------|--------------------|
| Momento sollecitante per la combinazione Quasi Permanente | M_{Ed,q.p.} | 41 | [kNm] |
| Durata del carico | | lunga | [-] |
| Posizione dell'asse neutro dal lembo superiore | x | 121.86 | [mm] |
| Tensione indotta nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata | S _s | 114.91 | [MPa] |
| Valore medio della resistenza a trazione efficace del calcestruzzo | f _{ct,eff} | 2.9 | [MPa] |
| Fattore dipendente dalla durata del carico | k _t | 0.4 | [-] |
| Altezza efficace | h _{c,eff} | 125 | [mm] |
| Area efficace del calcestruzzo teso attorno all'armatura | A _{c,eff} | 75000 | [mm ²] |
| Rapporto geometrico sull'area efficace | r _{p,eff} | 0.00524 | [-] |
| Rapporto tra E _s /E _{cm} | a _e | 6.09 | [-] |
| Differenza tra la deformazione nell'acciaio e quella nel calcestruzzo | ε _{sm} - ε _{cm} | -0.000567 | [-] |
| | | 0.000345 | [-] |
| Determinazione del diametro equivalente delle barre tese | f _{eq} | 10.00 | [mm] |
| Coefficiente che tiene conto dell'aderenza migliorata delle barre | k ₁ | 0.8 | [-] |
| Coefficiente che tiene conto della flessione pura | k ₂ | 0.5 | [-] |
| | k ₃ | 3.4 | [-] |
| | k ₄ | 0.425 | [-] |
| Distanza massima tra le fessure | S _{r,max} | 494.68 | [mm] |
| | | 494.68 | [mm] |

| | | | |
|---------------------------------------|------------------------|---------------|-------------|
| Ampiezza delle fessure | w_k | 0.1705 | [mm] |
| Ampiezza massima delle fessure | w_{max} | 0.3 | [mm] |

Calcolo dell'ampiezza delle fessure - Combinazione Frequente

| | | | |
|---|-----------------------------------|-----------|--------------------|
| Momento sollecitante per la combinazione Frequente | M_{Ed,freq.} | 41 | [kNm] |
| Durata del carico | | lunga | [-] |
| Posizione dell'asse neutro dal lembo superiore | x | 121.86 | [mm] |
| Tensione indotta nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata | S _s | 114.91 | [MPa] |
| Valore medio della resistenza a trazione efficace del calcestruzzo | f _{ct,eff} | 2.9 | [MPa] |
| Fattore dipendente dalla durata del carico | k _t | 0.4 | [-] |
| Altezza efficace | h _{c,eff} | 125 | [mm] |
| Area efficace del calcestruzzo teso attorno all'armatura | A _{c,eff} | 75000 | [mm ²] |
| Rapporto geometrico sull'area efficace | r _{p,eff} | 0.00524 | [-] |
| Rapporto tra E _s /E _{cm} | a _e | 6.09 | [-] |
| Differenza tra la deformazione nell'acciaio e quella nel calcestruzzo | ε _{sm} - ε _{cm} | -0.000567 | [-] |
| | | 0.000345 | [-] |
| Determinazione del diametro equivalente delle barre tese | f _{eq} | 10.00 | [mm] |



| | | | |
|--|------------------------------------|---------------|--------------------|
| Coefficiente che tiene conto dell'aderenza migliorata delle barre | k_1 | 0.8 | [-] |
| Coefficiente che tiene conto della flessione pura | k_2 | 0.5 | [-] |
| | k_3 | 3.4 | [-] |
| | k_4 | 0.425 | [-] |
| Distanza massima tra le fessure | $S_{r,max}$ | 494.68 | [mm] |
| | | 494.68 | [mm] |
| Ampiezza delle fessure | w_k | 0.1705 | [mm] |
| Ampiezza massima delle fessure | w_{max} | 0.3 | [mm] |
| Calcolo dell'ampiezza delle fessure - Combinazione Caratteristica | | | |
| Momento sollecitante per la combinazione Caratteristica | $M_{Ed,caratt.}$ | 41 | [kNm] |
| Durata del carico | | lunga | [-] |
| Posizione dell'asse neutro dal lembo superiore | x | 121.86 | [mm] |
| Tensione indotta nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata | σ_s | 114.91 | [MPa] |
| Valore medio della resistenza a trazione efficace del calcestruzzo | $f_{ct,eff}$ | 2.9 | [MPa] |
| Fattore dipendente dalla durata del carico | k_t | 0.4 | [-] |
| Altezza efficace | $h_{c,eff}$ | 125 | [mm] |
| Area efficace del calcestruzzo teso attorno all'armatura | $A_{c,eff}$ | 75000 | [mm ²] |
| Rapporto geometrico sull'area efficace | $\rho_{p,eff}$ | 0.00524 | [-] |
| Rapporto tra E_s/E_{cm} | a_e | 6.09 | [-] |
| Differenza tra la deformazione nell'acciaio e quella nel calcestruzzo | $\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$ | -0.000567 | [-] |
| | | 0.000345 | [-] |
| Determinazione del diametro equivalente delle barre tese | f_{eq} | 10.00 | [mm] |
| Coefficiente che tiene conto dell'aderenza migliorata delle barre | k_1 | 0.8 | [-] |
| Coefficiente che tiene conto della flessione pura | k_2 | 0.5 | [-] |
| | k_3 | 3.4 | [-] |
| | k_4 | 0.425 | [-] |
| Distanza massima tra le fessure | $S_{r,max}$ | 494.68 | [mm] |
| | | 494.68 | [mm] |
| Ampiezza delle fessure | w_k | 0.1705 | [mm] |
| Ampiezza massima delle fessure | w_{max} | 0.3 | [mm] |