



CITTA' METROPOLITANA DI GENOVA
DIREZIONE TERRITORIO E MOBILITA'
Servizio Programmazione e Coordinamento Viabilità
Ufficio Lavori Pubblici




C.C. 02/17-PG

OGGETTO:

SP 333 DI USCIO. Lavori di sistemazione, consolidamento del corpo stradale, di disciplinamento delle acque e delle delimitazioni marginali in Comune di Moconesi, Tribogna e Uscio.

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE DI CALCOLO

| | | | |
|--|---|-----------------------------|------|
| REDATTO DA: | PROGETTISTI:  | ALLEGATO 6 | |
| | | TAVOLA N° | |
| ASSISTENZA ALLA PROGETTAZIONE (in caso di professionista esterno) | IL RESPONSABILE D'UFFICIO: (Ing. Stefano Belfiore)  | SCALA | |
| | IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO: (Ing. Stefano Belfiore)  | DATA 30 SET. 2018 | |
| CONTROLLATO | DATA 30 SET. 2018 | AGGIORNATO | DATA |
| APPROVATO | DATA 30 SET. 2018 | AGGIORNATO | DATA |

RELAZIONE SUI MATERIALI

(ai sensi dell'art. 65 del D.P.R. n. 380 del 06/06/01 e delle Norme Tecniche per le Costruzioni approvate con D.M. 17/01/2018)

INDICE

1. MATERIALI DELLE OPERE DI PROGETTO

- 1.1 Elenco dei materiali impiegati e loro modalità di posa
- 1.2 Durabilità
- 1.3 Protezione al fuoco
- 1.4 Materiali strutturali: valori di calcolo
 - 1.4.1 Calcestruzzo
 - 1.4.2 Acciaio d'armatura
 - 1.4.3 Acciaio per strutture metalliche

1. MATERIALI DELLE OPERE DI PROGETTO

Tutti i materiali da adoperare dovranno essere di ottima qualità e dovranno essere messi in opera con ogni cura.

1.1 Elenco dei materiali impiegati e loro modalità di posa

Dovranno essere usati:

1.1.1 - LEGANTI, INERTI ED AGGREGATI-

Leganti per il calcestruzzo: devono impiegarsi esclusivamente i leganti idraulici previsti dalle disposizioni vigenti in materia, dotati di certificato di conformità e rispondenti alla norma armonizzata UNI EN 197, purché idonei all'impiego previsto nonché, per quanto non in contrasto, conformi alle prescrizioni di cui alla Legge 26/05/1965 n. 595.

Aggregati per il calcestruzzo: rispondenti alle prescrizioni di cui alla UNI EN 12620 e per gli aggregati leggeri, alla norma europea armonizzata UNI EN 13055-1.

Inerti naturali o di frantumazione: costituiti da elementi non gelivi e non friabili, privi di sostanze organiche, limose o argillose, in proporzioni nocive all'indurimento del conglomerato ed alla conservazione delle armature metalliche;

Ghiaia o pietrisco: di dimensioni massime commisurate alle caratteristiche della carpenteria, del getto ed all'ingombro delle armature metalliche;

1.1.2. - ACQUA -

Acqua: (conforme alle Norme UNI EN 1008/2003) limpida, priva di sali in percentuali dannose, non aggressiva e in quantità strettamente necessaria e comunque;

1.1.3 - ADDITIVI -

Additivi: devono essere conformi alla Norma europea armonizzata UNI EN 934-2.

I materiali impiegati nelle opere di progetto sono:

- per le strutture in fondazione: calcestruzzo C25/30;
- per le strutture in elevazione: calcestruzzo C28/35;
- barre di armatura: ferro B450C;
- acciaio per rete elettrosaldato: ferro B450A;
- acciaio per armatura pali S355H;
- acciaio da carpenteria, struttura portante: S235;

Le **strutture in fondazione** si considerano in classe di esposizione XC2; per il calcestruzzo impiegato nei getti si prescrive un diametro massimo dell'inerte pari a 22.4 mm, e una classe di consistenza S4. Le **strutture in elevazione** si considerano in classe di esposizione XC2; per il calcestruzzo impiegato nei getti si prescrive un diametro massimo dell'inerte pari a 22.4 mm, e una classe di consistenza S4.



Città Metropolitana
di Genova

Controllo di accettazione (D.M. 14/01/2008 § 11.2.5.1 Tab. 11.2.I): tipo A

| Classe esposizione norma UNI 9858 | Classe esposizione norma UNI 11104 UNI EN 206-1 | Descrizione dell'ambiente | Esempio | Massimo rapporto a/c | Minima Classe di resistenza | Contenuto minimo in aria (%) |
|---|---|--|--|----------------------|-----------------------------|------------------------------|
| 1 Assenza di rischio di corrosione o attacco | | | | | | |
| 1 | X0 | Per calcestruzzo privo di armatura o inserti metallici: tutte le esposizioni eccetto dove c'è gelo/disgelo, o attacco chimico. Calcestruzzi con armatura o inserti metallici in ambiente molto asciutto. | Interno di edifici con umidità relativa molto bassa. Calcestruzzo non armato all'interno di edifici. Calcestruzzo non armato immerso in suolo non aggressivo o in acqua non aggressiva. Calcestruzzo non armato soggetto a cicli di bagnato asciutto ma non soggetto ad abrasione, gelo o attacco chimico. | - | C 12/15 | |
| 2 Corrosione indotta da carbonatazione | | | | | | |
| Nota - Le condizioni di umidità si riferiscono a quelle presenti nel copriferro o nel ricoprimento di inserti metallici, ma in molti casi su può considerare che tali condizioni riflettano quelle dell'ambiente circostante. In questi casi la classificazione dell'ambiente circostante può essere adeguata. Questo può non essere il caso se c'è una barriera fra il calcestruzzo e il suo ambiente. | | | | | | |
| 2 a | XC1 | Asciutto o permanentemente bagnato. | Interni di edifici con umidità relativa bassa. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con le superfici all'interno di strutture con eccezione delle parti esposte a condensa, o immerse in acqua. | 0,60 | C 25/30 | |
| 2 a | XC2 | Bagnato, raramente asciutto. | Parti di strutture di contenimento liquidi, fondazioni. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso prevalentemente immerso in acqua o terreno non aggressivo. | 0,60 | C 25/30 | |
| 5 a | XC3 | Umidità moderata. | Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in esterni con superfici esterne riparate dalla pioggia, o in interni con umidità da moderata ad alta. | 0,55 | C 28/35 | |
| 4 a 5 b | XC4 | Ciclicamente asciutto e bagnato. | Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in esterni con superfici soggette a alternanze di asciutto ed umido. Calcestruzzi a vista in ambienti urbani. Superfici a contatto con l'acqua non comprese nella classe XC2. | 0,50 | C 32/40 | |

Nelle strutture in cls armato, il copriferro di posa dell'armatura più esterna è stato stabilito tenendo conto del rispetto delle limitazioni contenute nella circolare n. 617, paragrafo C4.1.6.1.3, finalizzata a salvaguardare la durabilità dell'opera.

Tabella 1 - Classe di esposizione XC secondo UNI 11104

| Classe di esposizione | Ambiente | a/c | R _{ck} (MPa) | Dosaggio di cemento (kg/m ³) | Copriferro (mm)* | |
|-----------------------|------------------|--------|-----------------------|--|------------------|--------|
| | | | | | c.a. | c.a.p. |
| XC1 | asciutto | ≤ 0.60 | ≥ 30 | ≥ 300 | ≥ 15 | ≥ 25 |
| XC2 | bagnato | ≤ 0.60 | ≥ 30 | ≥ 300 | ≥ 25 | ≥ 35 |
| XC3 | umido | ≤ 0.55 | ≥ 35 | ≥ 320 | ≥ 25 | ≥ 35 |
| XC4 | asciutto-bagnato | ≤ 0.50 | ≥ 40 | ≥ 340 | ≥ 30 | ≥ 40 |

* Valori stabiliti dall'Eurocodice 2: per durabilità > 100 anni aumentare il copriferro di 10 mm

1.2 Durabilità

Per garantire la durabilità della struttura sono state prese in considerazioni opportuni stati limite di esercizio (SLE) in funzione dell'uso e dell'ambiente in cui la struttura dovrà vivere limitando sia gli stati tensionali, che nel caso delle opere in calcestruzzo, anche l'ampiezza delle fessure.

Inoltre per garantire la durabilità, così come tutte le prestazioni attese, è necessario che si ponga adeguata cura sia nell'esecuzione che nella manutenzione e gestione della struttura e si utilizzino tutti gli accorgimenti utili alla conservazione delle caratteristiche fisiche e dinamiche dei materiali e delle strutture. La qualità dei materiali e le dimensioni degli elementi sono coerenti con tali obiettivi.

Durante le fasi di costruzione il direttore dei lavori adotterà le previste procedure di controllo sulla qualità dei materiali, sulle metodologie di lavorazione e sulla conformità delle opere eseguite al progetto esecutivo nonché alle prescrizioni contenute nelle NTC2018.

1.3 Protezione al fuoco

Ai sensi del DPR 151/2011 le opere in progetto non sono destinate ad attività sottoposte ai controlli di prevenzione incendi.

1.4 Materiali strutturali: valori di calcolo

Di seguito vengono elencati i materiali usati nel progetto delle strutture:

Dati specifici per calcestruzzo

Classe **20/25**

| MATERIALI UTILIZZATI | | | |
|--|--------|---------------|--------------------------|
| Calcestruzzo | | | |
| | Classe | C20/25 | |
| Resistenza caratteristica cilindrica = f_{ck} | | 20 | Mpa [N/mm ²] |
| Resistenza caratteristica cubica = R_{ck} | | 25 | Mpa [N/mm ²] |
| Coefficiente riduttivo per le resistenze di lunga durata = α_{cc} | | 0.85 | |
| Coefficiente parziale di sicurezza del calcestruzzo = γ_c | | 1.5 | |
| Resistenza di progetto = f_{cd} | | 11.33 | Mpa [N/mm ²] |
| Resistenza media cilindrica = f_{ck} | | 28.00 | Mpa [N/mm ²] |
| Modulo elastico istantaneo = E_{cm} | | 29962 | Mpa [N/mm ²] |

Classe **C25/30** (strutture di fondazione)

| MATERIALI UTILIZZATI | | | |
|--|--------|---------------|--------------------------|
| Calcestruzzo | | | |
| | Classe | C25/30 | |
| Resistenza caratteristica cilindrica = f_{ck} | | 25 | Mpa [N/mm ²] |
| Resistenza caratteristica cubica = R_{ck} | | 30 | Mpa [N/mm ²] |
| Coefficiente riduttivo per le resistenze di lunga durata = α_{cc} | | 0.85 | |
| Coefficiente parziale di sicurezza del calcestruzzo = γ_c | | 1.5 | |
| Resistenza di progetto = f_{cd} | | 14.17 | Mpa [N/mm ²] |
| Resistenza media cilindrica = f_{ck} | | 33.00 | Mpa [N/mm ²] |
| Modulo elastico istantaneo = E_{cm} | | 31476 | Mpa [N/mm ²] |

Classe **C28/35** (strutture in elevazione)



Città Metropolitana
di Genova

MATERIALI UTILIZZATI

Calcestruzzo

Classe **C28/35**

| | | |
|--|---------|--------------------------|
| Resistenza caratteristica cilindrica = f_{ck} | = 28 | Mpa [N/mm ²] |
| Resistenza caratteristica cubica = R_{ck} | = 35 | Mpa [N/mm ²] |
| Coefficiente riduttivo per le resistenze di lunga durata = α_{cc} | = 0.85 | |
| Coefficiente parziale di sicurezza del calcestruzzo = γ_c | = 1.5 | |
| Resistenza di progetto = f_{cd} | = 15.87 | Mpa [N/mm ²] |
| Resistenza media cilindrica = f_{ck} | = 36.00 | Mpa [N/mm ²] |
| Modulo elastico istantaneo = E_{cm} | = 32308 | Mpa [N/mm ²] |

Dati specifici per acciaio da cemento armato

Acciaio **B450A**

Acciaio

Tipo **B450A**

| | | |
|--|----------|--------------------------|
| Tensione caratteristica di snervamento = f_{yk} | = 450 | Mpa [N/mm ²] |
| Tensione caratteristica di rottura = f_{tk} | = 540 | Mpa [N/mm ²] |
| Coefficiente parziale di sicurezza dell'acciaio = γ_s | = 1.15 | |
| Resistenza di progetto = f_{sd} | = 391.30 | Mpa [N/mm ²] |
| Modulo elastico = E_s | = 210000 | Mpa [N/mm ²] |

Acciaio **B450C**

Acciaio

Tipo **B450C**

| | | |
|--|----------|--------------------------|
| Tensione caratteristica di snervamento = f_{yk} | = 450 | Mpa [N/mm ²] |
| Tensione caratteristica di rottura = f_{tk} | = 540 | Mpa [N/mm ²] |
| Coefficiente parziale di sicurezza dell'acciaio = γ_s | = 1.15 | |
| Resistenza di progetto = f_{sd} | = 391.30 | Mpa [N/mm ²] |
| Modulo elastico = E_s | = 210000 | Mpa [N/mm ²] |

CARATTERISTICHE MECCANICHE E DIMENSIONALI

| Classe acciaio | Ø mm | Tol. Peso % | Tol. Lungh mm. | f_y min MPa | f_y Min MPa | f_t min MPa | f_t/f_y min | f_t/f_y max | Agt min % | Piega α , k % |
|----------------|--------|-------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-----------|----------------------|
| B450C | 8 ÷ 32 | 0m | 0/+100 | 450c | 563c | 540c | 1.15c | 1.35c | 7.5c | ** |
| B450C | 6 ÷ 50 | * | - | 450c | 563c | 540c | 1.15c | 1.35c | 7.5c | ** |

Dati specifici per acciaio da carpenteria



Città Metropolitana
di Genova

- acciaio per armatura pali S355H;
- acciaio per carpenteria S235

Tabella 11.3.IX – Laminati a caldo con profili a sezione aperta

| Norme e qualità degli acciai | Spessore nominale dell'elemento | | | |
|------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| | t ≤ 40 mm | | 40 mm < t ≤ 80 mm | |
| | f_{yk} [N/mm ²] | f_{tk} [N/mm ²] | f_{yk} [N/mm ²] | f_{tk} [N/mm ²] |
| UNI EN 10025-2 | | | | |
| S 235 | 235 | 360 | 215 | 360 |
| S 275 | 275 | 430 | 255 | 410 |
| S 355 | 355 | 510 | 335 | 470 |
| S 450 | 440 | 550 | 420 | 550 |
| UNI EN 10025-3 | | | | |
| S 275 N/NL | 275 | 390 | 255 | 370 |
| S 355 N/NL | 355 | 490 | 335 | 470 |
| S 420 N/NL | 420 | 520 | 390 | 520 |
| S 460 N/NL | 460 | 540 | 430 | 540 |
| UNI EN 10025-4 | | | | |
| S 275 M/ML | 275 | 370 | 255 | 360 |
| S 355 M/ML | 355 | 470 | 335 | 450 |
| S 420 M/ML | 420 | 520 | 390 | 500 |
| S 460 M/ML | 460 | 540 | 430 | 530 |
| UNI EN 10025-5 | | | | |
| S 235 W | 235 | 360 | 215 | 340 |
| S 355 W | 355 | 510 | 335 | 490 |

Tabella 11.3.X - Laminati a caldo con profili a sezione cava

| Norme e qualità degli acciai | Spessore nominale dell'elemento | | | |
|------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| | t ≤ 40 mm | | 40 mm < t ≤ 80 mm | |
| | f_{yk} [N/mm ²] | f_{tk} [N/mm ²] | f_{yk} [N/mm ²] | f_{tk} [N/mm ²] |
| UNI EN 10210-1 | | | | |
| S 235 H | 235 | 360 | 215 | 340 |
| S 275 H | 275 | 430 | 255 | 410 |
| S 355 H | 355 | 510 | 335 | 490 |
| S 275 NH/NLH | 275 | 390 | 255 | 370 |
| S 355 NH/NLH | 355 | 490 | 335 | 470 |
| S 420 NH/NLH | 420 | 540 | 390 | 520 |
| S 460 NH/NLH | 460 | 560 | 430 | 550 |
| UNI EN 10219-1 | | | | |
| S 235 H | 235 | 360 | | |
| S 275 H | 275 | 430 | | |
| S 355 H | 355 | 510 | | |
| S 275 NH/NLH | 275 | 370 | | |
| S 355 NH/NLH | 355 | 470 | | |
| S 275 MH/MLH | 275 | 360 | | |
| S 355 MH/MLH | 355 | 470 | | |
| S 420 MH/MLH | 420 | 500 | | |
| S 460 MH/MLH | 460 | 530 | | |

CALCOLO DELLE STRUTTURE

INDICE

| |
|---|
| A. RELAZIONE ILLUSTRATIVA |
| B. NORMATIVE DI RIFERIMENTO |
| C. RELAZIONE ILLUSTRATIVA SUI MATERIALI |
| D. ANALISI DEI CARICHI |
| E. VERIFICA STRUTTURE |

A. RELAZIONE ILLUSTRATIVA

L'intervento in progetto costituisce opera di sistemazione e consolidamento del corpo stradale, di disciplinamento delle acque e delle delimitazioni marginali sulla strada provinciale SP 333 di Uscio.

L'intervento prevede la realizzazione di cordoli in calcestruzzo armato. A seguito della realizzazione dei nuovi manufatti saranno posizionate le nuove protezioni marginali di adeguata classe di contenimento.

Il calcolo delle opere di sostegno viene eseguito secondo le seguenti fasi:

- Calcolo dei parametri sismici
- Calcolo della spinta del terreno
- Calcolo del carico limite del terreno di fondazione
- Calcolo delle azioni agenti sulla struttura
- Analisi delle diverse combinazioni di calcolo
- Verifica a ribaltamento
- Verifica a scorrimento dell'opera di sostegno sul piano di posa
- Verifica della stabilità complesso fondazione terreno (carico limite)
- Verifica della sezione in c.a.

Le strutture oggetto della presente relazione sono state progettate per resistere agli effetti delle accelerazioni sismiche desunte dal reticolo dei parametri sismici dell'Allegato B al Decreto del Ministero delle Infrastrutture 14.01.2008 (NTC 2008), come richiesto ai sensi della Legge Reg. Liguria n° 63 del 28.12.2009.

B. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

La presente relazione è redatta in conformità alle seguenti Leggi e Normative:

- Legge nr. 1086 del 05/11/1971.

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

- Legge nr. 64 del 02/02/1974.

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.

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

- D.M. LL.PP. del 14/02/1992.

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

- D.M. 9 Gennaio 1996

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

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche relative ai 'Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi'

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche

- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996

- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996

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

- Circolare 617 del 02/02/2009

Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

- Aggiornamento delle "Norme Tecniche per le Costruzioni" (D.M. 17 Gennaio 2018)

C. RELAZIONE ILLUSTRATIVA SUI MATERIALI

Per la realizzazione dell'opera in esame si impiegheranno calcestruzzo e acciaio in accordo ai Par. 11.2 e 11.3 delle NTC2018. Nell'approccio agli stati limite, i valori di calcolo delle resistenze dei materiali per le verifiche agli SLU si ottengono dividendo il valore caratteristico della generica resistenza R_k per il coefficiente di sicurezza del materiale relativo γ :

$$R_d = R_k / \gamma$$

Nell'esecuzione dell'opera in epigrafe è previsto l'impiego dei seguenti materiali:

INERTI: sabbia lavata e ben granata granulometria mm. 0-2

ghiaietto vagliato granulometria mm. 2-5

FERRO: tipo B450C

I conglomerati cementizi saranno approvvigionati preconfezionati da centrale di betonaggio.

Per la realizzazione delle strutture in c.a. verranno forniti calcestruzzi delle seguenti caratteristiche:

– resistenza caratteristica a compressione del conglomerato:

C25/30 $R_{ck} = \text{kg/cm}^2 \text{ 300}$ (per opere in elevazione e cordoli in c.a.)

$R_{ck} = \text{kg/cm}^2 \text{ 250}$ (per opere di fondazione e ripristini delle murature)

- categoria di consistenza S4

- dimensione massima dell'aggregato 30 mm

- classe di esposizione XC2
- copri ferro 4 cm
- ferro come da calcoli e disegni esecutivi.

Non sarà consentito assolutamente il misto di fiume.

Circa le altre prescrizioni esecutive si richiamano le disposizioni di cui alle norme tecniche vigenti emanate dal Ministero dei Lavori Pubblici.

D. ANALISI DEI CARICHI

Carichi Permanenti

Di seguito vengono definiti i principali carichi permanenti, nei capitoli a seguire per ogni elemento strutturale oggetto di verifica saranno dettagliati i carichi permanenti strutturali e permanenti non strutturali.

- Calcestruzzo 25.00 kN/mc
- Acciaio 78.50 kN/mc

Carichi permanenti strutturali:

Peso proprio della struttura (G1)

Carichi permanenti portati computamente definiti (G2):

Conglomerato bituminoso (18 kN/mc)

Barriera di sicurezza: (0.035 kN/ml)

Altri carichi permanenti (G3):

Spinta della terra

Carico accidentale:

dal capitolo 5 del DM 14 gennaio 2018, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 8 del 20 febbraio 2018 si deducono i carichi variabili da applicare alla struttura a progetto.

Azioni Variabili da Traffico

5.1.3.3.3 Schemi di Carico

Le azioni variabili del traffico, comprensive degli effetti dinamici, sono definite dai seguenti Schemi di Carico:

Schema di Carico 1: è costituito da carichi concentrati su due assi in tandem, applicati su impronte di pneumatico di forma quadrata e lato 0,40 m, e da carichi uniformemente distribuiti come mostrato in Fig. 5.1.2. Questo schema è da assumere a riferimento sia per le verifiche globali, sia per le verifiche

locali, considerando un solo carico tandem per corsia, disposto in asse alla corsia stessa. Il carico tandem, se presente, va considerato per intero.

Schema di Carico 2: è costituito da un singolo asse applicato su specifiche impronte di pneumatico di forma rettangolare, di larghezza 0,60 m ed altezza 0,35 m, come mostrato in Fig. 5.1.2. Questo schema va considerato autonomamente con asse longitudinale nella posizione più gravosa ed è da assumere a riferimento solo per verifiche locali. Qualora sia più gravoso si considererà il peso di una singola ruota di 200 kN.

Schema di Carico 3: è costituito da un carico isolato da 150kN con impronta quadrata di lato 0,40m. Si utilizza per verifiche locali su marciapiedi non protetti da sicurvia.

Schema di Carico 4: è costituito da un carico isolato da 10 kN con impronta quadrata di lato 0,10m. Si utilizza per verifiche locali su marciapiedi protetti da sicurvia e sulle passerelle pedonali.

Schema di Carico 5: costituito dalla folla compatta, agente con intensità nominale, comprensiva degli effetti dinamici, di 5,0 kN/m². Il valore di combinazione è invece di 2,5 kN/m². Il carico folla deve essere applicato su tutte le zone significative della superficie di influenza, inclusa l'area dello spartitraffico centrale, ove rilevante.

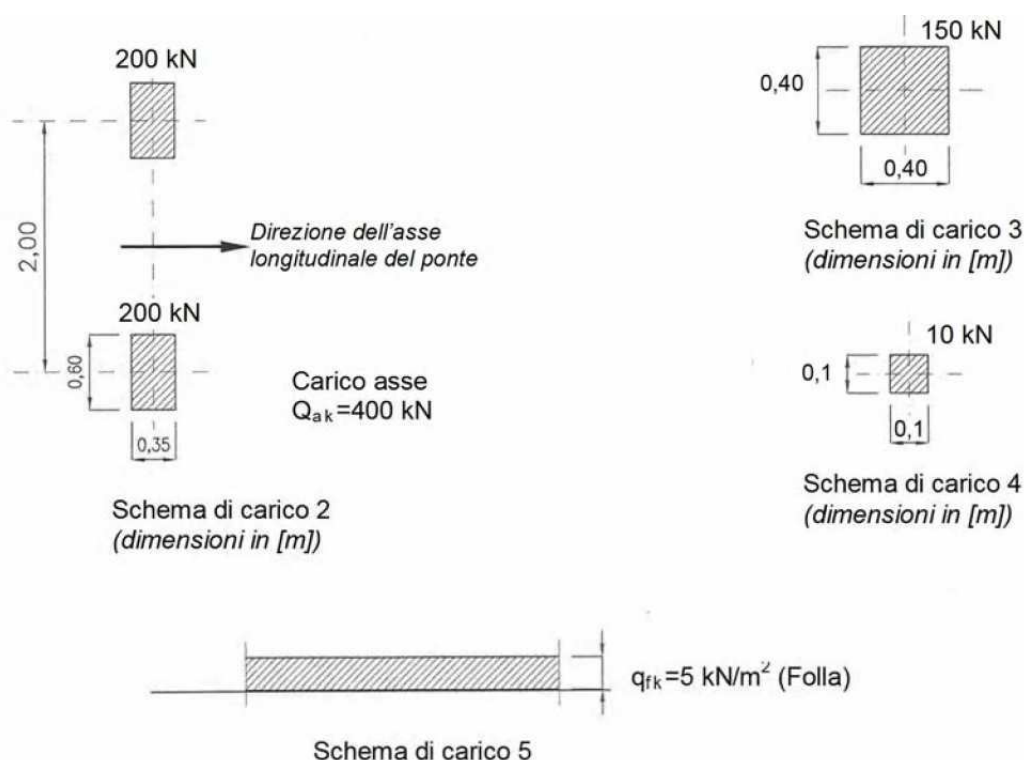


Figura 5.1.2 - Schemi di Carico 1-5 Dimensioni in [m]

Tabella 5.1.V – Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU

| | | Coefficiente | EQU ⁽¹⁾ | A1 STR | A2 GEO |
|---|-------------|---|---------------------|---------------------|-----------|
| Carichi permanenti | favorevoli | γ_{G1} | 0,90 | 1,00 | 1,00 |
| | sfavorevoli | | 1,10 | 1,35 | 1,00 |
| Carichi permanenti non strutturali ⁽²⁾ | favorevoli | γ_{G2} | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | sfavorevoli | | 1,50 | 1,50 | 1,30 |
| Carichi variabili da traffico | favorevoli | γ_Q | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | sfavorevoli | | 1,35 | 1,35 | 1,15 |
| Carichi variabili | favorevoli | γ_{Qi} | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | sfavorevoli | | 1,50 | 1,50 | 1,30 |
| Distorsioni e presollecitazioni di progetto | favorevoli | $\gamma_{\epsilon 1}$ | 0,90 | 1,00 | 1,00 |
| | sfavorevoli | | 1,00 ⁽³⁾ | 1,00 ⁽⁴⁾ | 1,00 |
| Ritiro e viscosità, Variazioni termiche, Cedimenti vincolari | favorevoli | $\gamma_{\epsilon 2}, \gamma_{\epsilon 3}, \gamma_{\epsilon 4}$ | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | sfavorevoli | | 1,20 | 1,20 | 1,00 |

⁽¹⁾ Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.

⁽²⁾ Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

⁽³⁾ 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna

⁽⁴⁾ 1,20 per effetti locali

Calcolo dei parametri sismici

Il progetto in esame riguarda interventi di sistemazione e consolidamento del corpo stradale sulla SP 333 di Uscio al km 18+500/18+000 (Comune di Tribogna), km 15+300 e km 13+500 (Comune di Uscio), il sito è caratterizzato da un valore massimo di $a/g = 0.115$ (SLC) e 0.121 (SLC).

Si impone una **classe d'uso 2**, una **vita nominale della struttura di 50 anni**, un **sottosuolo di categoria B** e **categoria topografica T2**.

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

| Categoria | Caratteristiche della superficie topografica |
|-----------|--|
| A | Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m. |
| B | Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s. |
| C | Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s. |
| D | Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s. |
| E | Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m. |

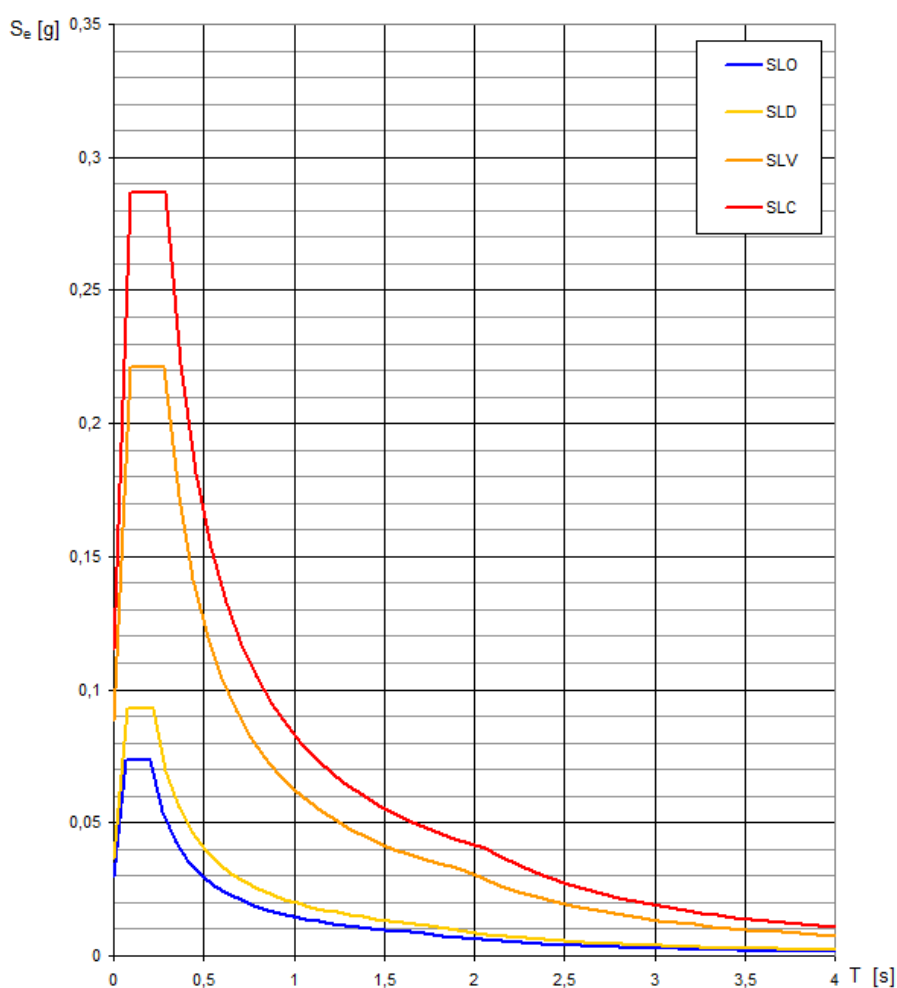
Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

| Categoria | Caratteristiche della superficie topografica |
|-----------|---|
| T1 | Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ |
| T2 | Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$ |
| T3 | Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$ |
| T4 | Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$ |

Si ottengono i seguenti parametri sismici:

Comune di Uscio

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



Valori dei parametri a_g , F_0 , T_C^* per i periodi di ritorno T_R

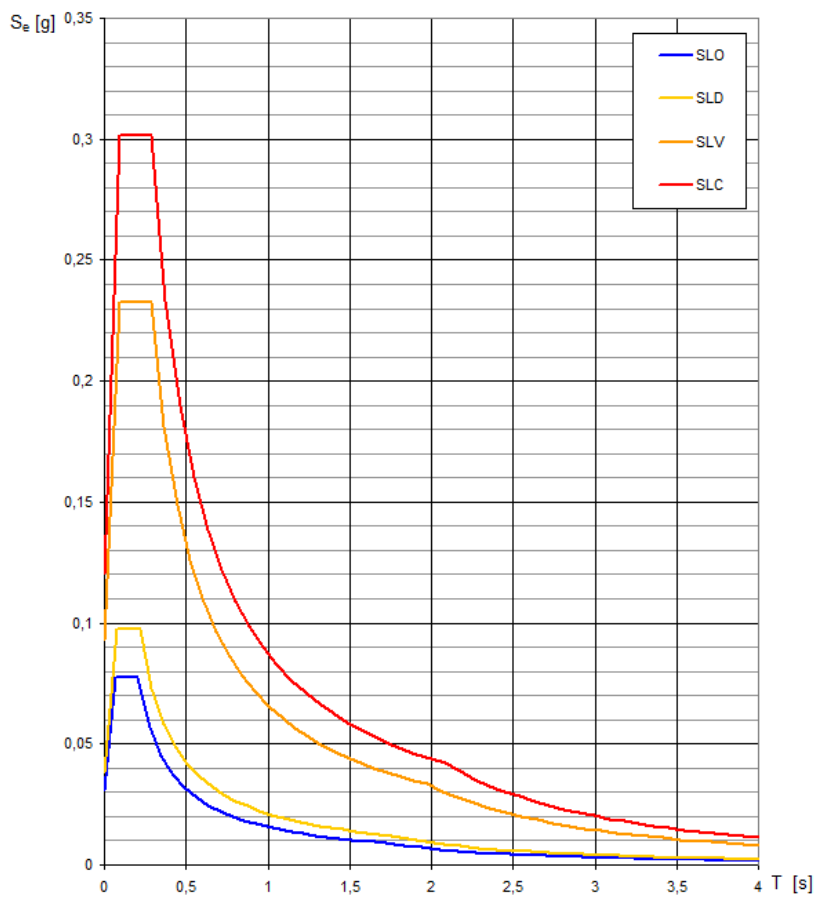
| SLATO LIMITE | T_R [anni] | a_g [g] | F_0 [-] | T_C^* [s] |
|--------------|-----------------|--------------|--------------|----------------|
| SLO | 30 | 0,029 | 2,504 | 0,199 |
| SLD | 50 | 0,037 | 2,548 | 0,217 |
| SLV | 475 | 0,088 | 2,513 | 0,282 |
| SLC | 975 | 0,115 | 2,488 | 0,291 |

Parametri indipendenti

| STATO LIMITE | SLC |
|--------------|---------|
| a_g | 0,115 g |
| F_o | 2,488 |
| T_C^* | 0,291 s |
| S_S | 1,200 |
| C_C | 1,408 |
| S_T | 1,000 |
| q | 3,000 |

Parametri dipendenti

| | |
|--------|---------|
| S | 1,200 |
| η | 0,333 |
| T_B | 0,137 s |
| T_C | 0,410 s |
| T_D | 2,061 s |

Comune di Tribogna**Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite**

Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R

| SLATO LIMITE | T_R [anni] | a_g [g] | F_o [-] | T_C^* [s] |
|--------------|-----------------|--------------|--------------|----------------|
| SLO | 30 | 0,031 | 2,500 | 0,202 |
| SLD | 50 | 0,038 | 2,547 | 0,218 |
| SLV | 475 | 0,093 | 2,510 | 0,284 |
| SLC | 975 | 0,121 | 2,502 | 0,290 |

Parametri indipendenti

| | |
|--------------|---------|
| STATO LIMITE | SLC |
| a_g | 0,121 g |
| F_o | 2,502 |
| T_C^* | 0,290 s |
| S_s | 1,200 |
| C_C | 1,409 |
| S_T | 1,000 |
| q | 3,000 |

Parametri dipendenti

| | |
|--------|---------|
| S | 1,200 |
| η | 0,333 |
| T_B | 0,136 s |
| T_C | 0,408 s |
| T_D | 2,082 s |

Calcolo della spinta sul muro**Valori caratteristici e valori di calcolo**

Effettuando il calcolo tramite gli Eurocodici è necessario fare la distinzione fra i parametri caratteristici ed i valori di calcolo (o di progetto) sia delle azioni che delle resistenze.

I valori di calcolo si ottengono dai valori caratteristici mediante l'applicazione di opportuni coefficienti di sicurezza parziali. In particolare si distinguono combinazioni di carico di tipo **A1-M1** nelle quali vengono incrementati i carichi permanenti e lasciati inalterati i parametri di resistenza del terreno e combinazioni di carico di tipo **A2-M2** nelle quali vengono ridotti i parametri di resistenza del terreno e lasciati inalterati i carichi.

Operando in tal modo si ottengono valori delle spinte (azioni) maggiorate e valori di resistenza ridotti e pertanto nelle verifiche globali è possibile fare riferimento a coefficienti di sicurezza unitari.

Spinta in presenza di sisma

Per tener conto dell'incremento di spinta dovuta al sisma si fa riferimento al metodo di Mononobe-Okabe (cui fa riferimento la Normativa Italiana).

La Normativa Italiana suggerisce di tener conto di un incremento di spinta dovuto al sisma.

Tale incremento di spinta è applicato a metà altezza della parete di spinta nel caso di forma rettangolare del diagramma di incremento sismico, allo stesso punto di applicazione della spinta statica nel caso in cui la forma del diagramma di incremento sismico è uguale a quella del diagramma statico.

Oltre a questo incremento bisogna tener conto delle forze d'inerzia orizzontali e verticali che si destano per effetto del sisma. Tali forze vengono valutate come

$$F_{iH} = k_h W \quad F_{iV} = \pm k_v W$$

dove W è il peso della struttura, del terreno soprastante la mensola di monte ed i relativi sovraccarichi e va applicata nel baricentro dei pesi.

Carico limite in fondazione

Si adotta per il calcolo del carico limite in fondazione il metodo di MEYERHOF.

L'espressione del carico ultimo è data dalla relazione:

$$Q_u = c N_c d_c i_c + q N_q d_q i_q + 0.5 \gamma B N_\gamma d_\gamma i_\gamma$$

In questa espressione

- c coesione del terreno in fondazione;
- ϕ angolo di attrito del terreno in fondazione;
- γ peso di volume del terreno in fondazione;
- B larghezza della fondazione;
- D profondità del piano di posa;
- q pressione geostatica alla quota del piano di posa.

I vari fattori che compaiono nella formula sono dati da:

$$A = e^{\pi \tan \phi}$$

$$N_q = A \tan^2(45^\circ + \phi/2)$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \tan(1.4\phi)$$

Indichiamo con K_p il coefficiente di spinta passiva espresso da:

$$K_p = \tan^2(45^\circ + \phi/2)$$

I fattori d e i che compaiono nella formula sono rispettivamente i fattori di profondità ed i fattori di inclinazione del carico espressi dalle seguenti relazioni:

Fattori di profondità

$$d_q = 1 + 0.2 \frac{D}{B} \sqrt{K_p}$$

$$d_q = d_\gamma = 1 \quad \text{per } \phi = 0$$

$$d_q = d_\gamma = 1 + 0.1 \frac{D}{B} \sqrt{K_p} \quad \text{per } \phi > 0$$

Fattori di inclinazione

Indicando con θ l'angolo che la risultante dei carichi forma con la verticale (espresso in gradi) e con ϕ l'angolo d'attrito del terreno di posa abbiamo:

$$i_c = i_q = (1 - \frac{\theta^\circ}{90})^2$$

$$i_\gamma = (1 - \frac{\phi^\circ}{90})^2 \quad \text{per } \phi > 0$$

$$i_\gamma = 0 \quad \text{per } \phi = 0$$

Verifica a ribaltamento

La verifica a ribaltamento consiste nel determinare il momento risultante di tutte le forze che tendono a fare ribaltare il muro (momento ribaltante M_r) ed il momento risultante di tutte le forze che tendono a stabilizzare il muro (momento stabilizzante M_s) rispetto allo spigolo a valle della fondazione e verificare che il rapporto M_s/M_r sia maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza η_r .

Eseguendo il calcolo mediante gli eurocodici si può impostare $\eta_r \geq 1.0$.

Deve quindi essere verificata la seguente disequaglianza

$$\frac{M_s}{M_r} \geq \eta_r$$

Il momento ribaltante M_r è dato dalla componente orizzontale della spinta S , dalle forze di inerzia dell'opera di sostegno e del terreno gravante sulla fondazione di monte (caso di presenza di sisma) per i rispettivi bracci. Nel momento stabilizzante interviene il peso del muro (applicato nel baricentro) ed il peso del terreno gravante sulla fondazione di monte. Per quanto riguarda invece la componente verticale della spinta essa sarà stabilizzante se l'angolo d'attrito terra-muro è positivo, ribaltante se è negativo. L'angolo di attrito terra-muro è positivo quando è il terrapieno che scorre rispetto al muro, negativo quando è il muro che tende a scorrere rispetto al terrapieno (questo può essere il caso di una spalla da ponte gravata da carichi notevoli). Se sono presenti dei tiranti essi contribuiscono al momento stabilizzante.

Questa verifica ha significato solo per fondazione superficiale e non per fondazione su pali.

Verifica a scorrimento

Per la verifica a scorrimento del muro lungo il piano di fondazione deve risultare che la somma di tutte le forze parallele al piano di posa che tendono a fare scorrere il muro deve essere minore di tutte le forze, parallele al piano di scorrimento, che si oppongono allo scivolamento, secondo un certo coefficiente di sicurezza. La verifica a scorrimento risulta soddisfatta se il rapporto fra la risultante delle forze resistenti allo scivolamento F_r e la risultante delle forze che tendono a fare scorrere il muro F_s risulta maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza η_s .

Eseguendo il calcolo mediante gli Eurocodici si può impostare $\eta_s \geq 1.0$

$$\frac{F_r}{F_s} \geq \eta_s$$

Le forze che intervengono nella F_s sono: la componente della spinta parallela al piano di fondazione e la componente delle forze d'inerzia parallela al piano di fondazione.

La forza resistente è data dalla resistenza d'attrito e dalla resistenza per adesione lungo la base della fondazione. Detta N la componente normale al piano di fondazione del carico totale gravante in fondazione e indicando con δ_f l'angolo d'attrito terreno-fondazione, con c_a l'adesione terreno-fondazione e con B_r la larghezza della fondazione reagente, la forza resistente può esprimersi come

$$F_r = N \operatorname{tg} \delta_f + c_a B_r$$

Verifica al carico limite

Il rapporto fra il carico limite in fondazione e la componente normale della risultante dei carichi trasmessi dal muro sul terreno di fondazione deve essere superiore a η_q . Cioè, detto Q_u , il carico limite ed R la risultante verticale dei carichi in fondazione, deve essere:

$$\frac{Q_u}{R} \geq \eta_q$$

Eseguendo il calcolo mediante gli Eurocodici si può impostare $\eta_q \geq 1.0$

Combinazioni di carico (N.T.C. 2008)*Simbologia adottata*

| | |
|---------------------|---|
| γ_{Gsfav} | Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni permanenti |
| γ_{Gfav} | Coefficiente parziale favorevole sulle azioni permanenti |
| γ_{Qsfav} | Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni variabili |
| γ_{Qfav} | Coefficiente parziale favorevole sulle azioni variabili |
| $\gamma_{tan\phi'}$ | Coefficiente parziale di riduzione dell'angolo di attrito drenato |
| $\gamma_{c'}$ | Coefficiente parziale di riduzione della coesione drenata |
| γ_{cu} | Coefficiente parziale di riduzione della coesione non drenata |
| γ_{qu} | Coefficiente parziale di riduzione del carico ultimo |
| γ_{γ} | Coefficiente parziale di riduzione della resistenza a compressione uniassiale delle rocce |

Coefficienti di partecipazione combinazioni staticheCoefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

| Carichi | Effetto | | EQU | A1 | A2 |
|------------|-------------|------------------|------|------|------|
| Permanenti | Favorevole | γ_{Gfav} | 0,90 | 1,00 | 1,00 |
| Permanenti | Sfavorevole | γ_{Gsfav} | 1,10 | 1,35 | 1,00 |
| Variabili | Favorevole | γ_{Qfav} | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Variabili | Sfavorevole | γ_{Qsfav} | 1,35 | 1,35 | 1,15 |

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

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

FONDAZIONE SUPERFICIALE**Coefficienti parziali per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO***Verifica**Coefficienti parziali*

| | R1 | R2 | R3 |
|------------------------------------|------|------|------|
| Capacità portante della fondazione | 1,00 | 1,00 | 1,40 |
| Scorrimento | 1,00 | 1,00 | 1,10 |
| Resistenza del terreno a valle | 1,00 | 1,00 | 1,40 |
| Stabilità globale | | 1,10 | |

Coeff. di combinazione $\Psi_0 = 0,70$ $\Psi_1 = 0,50$ $\Psi_2 = 0,20$

Geometria dell'opera di sostegnoDescrizione: **cordolo MARGINALE SEMPLICE in c.a.****Elevazione**

| | |
|---|----------|
| Altezza del bauletto per allogg. barriera | 0,10 [m] |
| Spessore in sommità | 0,55 [m] |

Fondazione

| | |
|---|----------|
| Lunghezza totale fondazione | 1,50 [m] |
| Inclinazione piano di posa della fondazione | 0,00 [°] |
| Spessore fondazione | 0,70 [m] |
| Spessore magrone | 0,15 [m] |

Materiali utilizzati per la struttura**Calcestruzzo**

| | |
|----------------------|----------------|
| Peso specifico | 2500,0 [kg/mc] |
| Classe di Resistenza | C25/30 |
| AcciaioTipo | B450C |

Descrizione terreni**Simbologia adottata**

| Descrizione | Descrizione terreno |
|-------------|---|
| γ | Peso di volume del terreno espresso in [kg/mc] |
| γ_s | Peso di volume saturo del terreno espresso in [kg/mc] |
| ϕ | Angolo d'attrito interno espresso in [°] |
| δ | Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°] |
| c | Coesione espressa in [kg/mq] |
| c_a | Adesione terra-muro espressa in [kg/cm ²] |

| Descrizione | γ | ϕ | δ | c |
|--|----------|--------|----------|-------|
| - <u>terreno di riporto per rilevato</u> | 1800 | 35,00 | 25,00 | 0,000 |

(terreno di riporto per rilevato come da caratterizzazione geotecnica effettuata in base ad esperienze analoghe in interventi simili nella stessa zona)

Coeff. Di spinta:

| | M1 | M2 |
|----------|-------|-------|
| k_{ae} | 0,327 | 0,380 |
| k_{pe} | 6,169 | 4,796 |

Carico ammissibile in fondazione:

| | M1+R1 | M2+R2 | M1+R3 |
|---|-------|-------|-------|
| σ_{amm} [kg/cm ²] | 36,06 | 4,58 | 15,68 |

Descrizione delle AZIONI**1. Carichi permanenti**

Si considerano tra i carichi permanenti il peso proprio degli elementi strutturali (G1), il peso della barriera marginale sul cordolo e il peso dello strato di conglomerato bituminoso di ripristino che grava sulla struttura (G2:carichi permanenti portati computamente definiti) e la spinta della terra sulla struttura(G3).

Il braccio delle forze è misurato dal punto di rotazione del cordolo, ossia l'estremo di valle della fondazione.

| Descrizione | Valore [kg/m] | Braccio x [m] | Braccio y [m] |
|---------------------|---------------|---------------|---------------|
| G1 | 2087,50 | 0,625 | 0,323 |
| G2 | 102,50 | 0,677 | 0,651 |
| G3 (M1) verticale | 49,20 | 1,300 | |
| G3 (M1) orizzontale | 114,06 | | 0,220 |
| G3 (M2) verticale | 57,24 | 1,300 | |
| G3 (M2) orizzontale | 132,70 | | 0,220 |

2. Carichi variabili

Si considerano i carichi variabili da traffico secondo due differenti ipotesi di carico:

- 2.1. In assenza di urto. Considero lo **schema di carico 1** (NTC2018) che grava per metà sulla struttura in c.a a 30 cm dal bordo interno della barriera di protezione, e per metà sul corpo stradale, a distanza di 2,85 m dal carico sulla struttura, quindi influente. Complessivamente:

| Descrizione | Valore [kg/m] | Braccio x [m] |
|-------------|---------------|---------------|
| Q11 | 1329,61 | 0,85 |

2.2 In presenza di urto.

- 2.2.1 Per le verifiche che trattano l'equilibrio della struttura come corpo rigido (EQU), si ipotizza un unico sistema solidale cordolo+barriera e si ritiene che la lunghezza di manufatto collaborante sia pari alla lunghezza del cordolo oggetto di ricostruzione (25,00 ml). Considerando un mezzo di massa pari a 30,00 t che impatta ad una velocità di 40 km/h si ottiene la forza di impatto sul cordolo (Fu1). Nell'ipotesi di barriera indeformabile si ritiene che il veicolo nell'urto si mantenga sul cordolo e si considera lo **schema di carico 2** come indicato dalla NTC 2008.

| Descrizione | Valore [kg/m] | Braccio x [m] | Braccio y [m] |
|-------------|---------------|---------------|---------------|
| Fu1 | 1266,16 | | -1,650 |
| Q12 | 1630,99 | 0,850 | |

- 2.2.2 Per la verifica locale della sezione in c.a. si considera la forza massima che un piantone può trasmettere alla struttura a cui è ancorato, cioè quella forza che porta alla plasticizzazione la sezione in acciaio. La lunghezza di struttura collaborante è assunta pari a 2 volte la distanza del piantone dal ciglio esterno del cordolo. Per il

calcolo si è preso in esame una barriera di modello H2BP-Bz il cui piantone ha sezione a C 120x80x6 in acciaio 420 MC S 275 JR. In questa ipotesi di carico si adotta lo **schema di carico 4** (NTC 2018) che prevede l'applicazione di un carico isolato di 10 kN con impronta quadrata di lato 10 cm sul cordolo su cui è installata la barriera.

| Descrizione | Valore [kg/m] | Braccio x [m] | Braccio y [m] |
|-------------|---------------|---------------|---------------|
| Fu2 | 1887,23 | | -1,650 |
| Q13 | 679,58 | 0,30 | |

3. Azione Sismica

| Descrizione | Valore [kg/m] | Braccio x [m] | Braccio y [m] |
|-------------|---------------|---------------|---------------|
| Q6v | 264,99 | | 0,340 |
| Q6o | 132,495 | 0,630 | |

Condizioni di carico*Simbologia e convenzioni di segno adottate*

Carichi verticali positivi verso il basso.

Carichi orizzontali positivi verso sinistra.

Momento positivo senso antiorario.

Descrizione combinazioni di carico*Simbologia adottata* γ Coefficiente di partecipazione della condizione ψ Coefficiente di combinazione della condizioneCombinazione n° 1: combinazione fondamentale SLU

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Verifica al Ribaltamento (EQU +M2)

Verifica allo Scorrimento sul piano di posa (GEO) (A2+M2+R2)

Verifica allo schiacciamento (GEO) (A2+M2+R2)

Combinazione n° 2 : combinazione caratteristica (SLE irreversibile)

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Verifica al Ribaltamento (EQU +M2)

Verifica allo Scorrimento sul piano di posa (GEO) (A2+M2+R2)

Verifica allo schiacciamento (GEO) (A2+M2+R2)

Combinazione n° 3 combinazione frequente (SLE reversibile)

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Verifica al Ribaltamento (EQU +M2)

Verifica allo Scorrimento sul piano di posa (GEO) (A2+M2+R2)

Verifica allo schiacciamento (GEO) (A2+M2+R2)

Combinazione n° 4 combinazione quasi permanente (SLE)

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Verifica al Ribaltamento (EQU +M2)

Verifica allo Scorrimento sul piano di posa (GEO) (A2+M2+R2)

Verifica allo schiacciamento (GEO) (A2+M2+R2)

Combinazione n° 5 combinazione sismica (SLU)

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Verifica al Ribaltamento (EQU +M2)

Verifica allo Scorrimento sul piano di posa (GEO) (A2+M2+R2)

Verifica allo schiacciamento (GEO) (A2+M2+R2)

Combinazione n° 6 Combinazione eccezionale (SLU)

$$G_1 + G_2 + A_d + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Verifica al Ribaltamento (EQU +M2)

Verifica allo Scorrimento sul piano di posa (GEO) (A2+M2+R2)

Verifica allo schiacciamento (GEO) (A2+M2+R2)

Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

Simbologia adottata

C Identificativo della combinazione

Tipo Tipo combinazione

Sisma Combinazione sismica

CS_{SCO} Coeff. di sicurezza allo scorrimento

CS_{RIB} Coeff. di sicurezza al ribaltamento

CS_{QLIM} Coeff. di sicurezza a carico limite

CS_{STAB} Coeff. di sicurezza a stabilità globale

| C | Tipo | CS_{sco} | CS_{rib} | CS_{qlim} |
|----------|-------------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|
| 1 | combinazione fondamentale SLU | 6,57 | 41,24 | 15,78 |
| 2 | combinazione caratteristica | 10,46 | 89,71 | 16,66 |
| 3 | combinazione frequente | 9,49 | 79,88 | 18,37 |
| 4 | combinazione quasi permanente | 6,57 | 73,99 | 19,57 |
| 5 | combinazione sismica | 2,19 | 10,55 | 18,76 |
| 6 | combinazione eccezionale | 1,21 | 1,08 | 4,88 |

Descrizione: **cordolo MARGINALE A SBALZO in c.a.**

Elevazione

Altezza del bauletto per allogg. barriera 0,10 [m]

Spessore in sommità 0,50 [m]

Sbalzo

Spessore della soletta 0,30 [m]

Lunghezza dello sbalzo 1,30 [m]

Fondazione

Lunghezza totale fondazione 1,50 [m]

Inclinazione piano di posa della fondazione 0,00 [°]

Spessore fondazione 0,60 [m]

Spessore magrone 0,15 [m]

Materiali utilizzati per la struttura

Calcestruzzo

Peso specifico 2500,0 [kg/mc]

Classe di Resistenza C25/30

AcciaioTipo B450C

Descrizione terreni

Simbologia adottata

| Descrizione | Descrizione terreno |
|-------------|---|
| γ | Peso di volume del terreno espresso in [kg/mc] |
| γ_s | Peso di volume saturo del terreno espresso in [kg/mc] |
| ϕ | Angolo d'attrito interno espresso in [°] |
| δ | Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°] |
| c | Coesione espressa in [kg/mq] |
| c_a | Adesione terra-muro espressa in [kg/cm ²] |

| Descrizione | γ | ϕ | δ | c |
|---|----------|--------|----------|-------|
| - terreno di riporto per rilevato | 1800 | 35,00 | 25,00 | 0,000 |
| (terreno di riporto per rilevato come da caratterizzazione geotecnica effettuata in base ad esperienze analoghe in interventi simili nella stessa zona) | | | | |

Coeff. Di spinta:

| | M1 | M2 |
|----------|-------|-------|
| k_{ae} | 0,354 | 0,452 |
| k_{pe} | 5,399 | 3,683 |

Carico ammissibile in fondazione:

| | M1+R1 | M2+R2 | M1+R3 |
|---|-------|-------|-------|
| σ_{amm} [kg/cm ²] | 40,97 | 5,13 | 17,81 |

Descrizione delle AZIONI

4. Carichi permanenti

Si considerano tra i carichi permanenti il peso proprio degli elementi strutturali (G1), il peso della barriera marginale sul cordolo e il peso dello strato di conglomerato bituminoso di ripristino che grava sulla struttura (G2:carichi permanenti portati computamente definiti) e la spinta della terra sulla struttura(G3).

Il braccio delle forze è misurato dal punto di rotazione del cordolo, ossia l'estremo di valle della fondazione.

| Descrizione | Valore [kg/m] | Braccio x [m] | Braccio y [m] |
|---------------------|---------------|---------------|---------------|
| G1 | 3350,00 | 0,275 | 0,357 |
| G2 | 366,20 | 0,211 | 0,646 |
| G3 (M1) verticale | 58,28 | 1,500 | |
| G3 (M1) orizzontale | 135,11 | | 0,230 |
| G3 (M2) verticale | 74,51 | 1,500 | |
| G3 (M2) orizzontale | 172,72 | | 0,230 |

5. Carichi variabili

Si considerano i carichi variabili da traffico secondo due differenti ipotesi di carico:

- 5.1. In assenza di urto. Considero lo **schema di carico 1** (NTC2018) che grava per metà sulla struttura in c.a a 30 cm dal bordo interno della barriera di protezione, e per metà sul corpo stradale, a distanza di 2,00 m dal carico sulla struttura in corrispondenza del limite di monte della fondazione, quindi, a favore di sicurezza, considerato influente. Complessivamente:

| Descrizione | Valore [kg/m] | Braccio x [m] |
|-------------|---------------|---------------|
| Q11 | 2038,74 | -0,50 |

2.3 In presenza di urto.

- 2.3.1 Per le verifiche che trattano l'equilibrio della struttura come corpo rigido (EQU), si ipotizza un unico sistema solidale cordolo+barriera e si ritiene che la lunghezza di manufatto collaborante sia pari alla lunghezza del cordolo oggetto di ricostruzione (100,00 ml). Considerando un mezzo di massa pari a 30,00 t che impatta ad una velocità di 40 km/h si ottiene la forza di impatto sul cordolo (Fu1). Nell'ipotesi di barriera indeformabile si ritiene che il veicolo nell'urto si mantenga sul cordolo e si considera lo **schema di carico 2** come indicato dalla NTC 2008.

| Descrizione | Valore [kg/m] | Braccio x [m] | Braccio y [m] |
|-------------|---------------|---------------|---------------|
| Fu1 | 446,13 | | -1,680 |
| Q12 | 407,75 | -0,500 | |

2.3.2 Per la verifica locale della sezione in c.a. si considera la forza massima che un piantone può trasmettere alla struttura a cui è ancorato, cioè quella forza che porta alla plasticizzazione la sezione in acciaio. La lunghezza di struttura collaborante è assunta pari a 2 volte la distanza del piantone dal ciglio esterno del cordolo. Per il calcolo si è preso in esame una barriera di modello H2BP-Bz il cui piantone ha sezione a C 120x80x6 in acciaio 420 MC S 275 JR. In questa ipotesi di carico si adotta lo **schema di carico 4** (NTC 2018) che prevede l'applicazione di un carico isolato di 10 kN con impronta quadrata di lato 10 cm sul cordolo su cui è installata la barriera.

| Descrizione | Valore [kg/m] | Braccio x [m] | Braccio y [m] |
|-------------|---------------|---------------|---------------|
| Fu2 | 1887,23 | | -1,680 |
| Q13 | 485,41 | -1,00 | |

6. Azione Sismica

| Descrizione | Valore [kg/m] | Braccio x [m] | Braccio y [m] |
|-------------|---------------|---------------|---------------|
| Q6v | 449,66 | | 0,390 |
| Q6o | 224,83 | 0,270 | |

Condizioni di carico*Simbologia e convenzioni di segno adottate*

Carichi verticali positivi verso il basso.

Carichi orizzontali positivi verso sinistra.

Momento positivo senso antiorario.

Descrizione combinazioni di carico*Simbologia adottata* γ Coefficiente di partecipazione della condizione ψ Coefficiente di combinazione della condizioneCombinazione n° 1: combinazione fondamentale SLU

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Verifica al Ribaltamento (EQU +M2)

Verifica allo Scorrimento sul piano di posa (GEO) (A2+M2+R2)

Verifica allo schiacciamento (GEO) (A2+M2+R2)

Combinazione n° 2 : combinazione caratteristica (SLE irreversibile)

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Verifica al Ribaltamento (EQU +M2)

Verifica allo Scorrimento sul piano di posa (GEO) (A2+M2+R2)

Verifica allo schiacciamento (GEO) (A2+M2+R2)

Combinazione n° 3 combinazione frequente (SLE reversibile)

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Verifica al Ribaltamento (EQU +M2)

Verifica allo Scorrimento sul piano di posa (GEO) (A2+M2+R2)

Verifica allo schiacciamento (GEO) (A2+M2+R2)

Combinazione n° 4 combinazione quasi permanente (SLE)

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Verifica al Ribaltamento (EQU +M2)

Verifica allo Scorrimento sul piano di posa (GEO) (A2+M2+R2)

Verifica allo schiacciamento (GEO) (A2+M2+R2)

Combinazione n° 5 combinazione sismica (SLU)

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Verifica al Ribaltamento (EQU +M2)

Verifica allo Scorrimento sul piano di posa (GEO) (A2+M2+R2)

Verifica allo schiacciamento (GEO) (A2+M2+R2)

Combinazione n° 6 Combinazione eccezionale (SLU)

$$G_1 + G_2 + A_d + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Verifica al Ribaltamento (EQU +M2)

Verifica allo Scorrimento sul piano di posa (GEO) (A2+M2+R2)

Verifica allo schiacciamento (GEO) (A2+M2+R2)

Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

Simbologia adottata

C Identificativo della combinazione

Tipo Tipo combinazione

Sisma Combinazione sismica

CS_{SCO} Coeff. di sicurezza allo scorrimento

CS_{RIB} Coeff. di sicurezza al ribaltamento

CS_{QLIM} Coeff. di sicurezza a carico limite

CS_{STAB} Coeff. di sicurezza a stabilità globale

| C | Tipo | cssco | csrib | csqlim |
|---|-------------------------------|-------|-------|--------|
| 1 | combinazione fondamentale SLU | 8,52 | 23,23 | 12,55 |
| 2 | combinazione caratteristica | 13,10 | 2,36 | 13,20 |
| 3 | combinazione frequente | 11,95 | 8,87 | 14,47 |
| 4 | combinazione quasi permanente | 8,52 | 12,77 | 15,35 |
| 5 | combinazione sismica | 2,36 | 1,83 | 14,69 |
| 6 | combinazione eccezionale | 2,71 | 1,56 | 4,23 |

VERIFICA DELLA SEZIONE di FONDAZIONE IN C.A.

Analisi agli stati limite ultimi

Diagramma M-N allo stato limite ultimo

Dati

| | |
|--------------|--------------|
| Tipo sezione | Rettangolare |
| Base | 100,0 [cm] |
| Altezza | 30,0 [cm] |

Elenco ferri

N° 4 ferri/100 cm

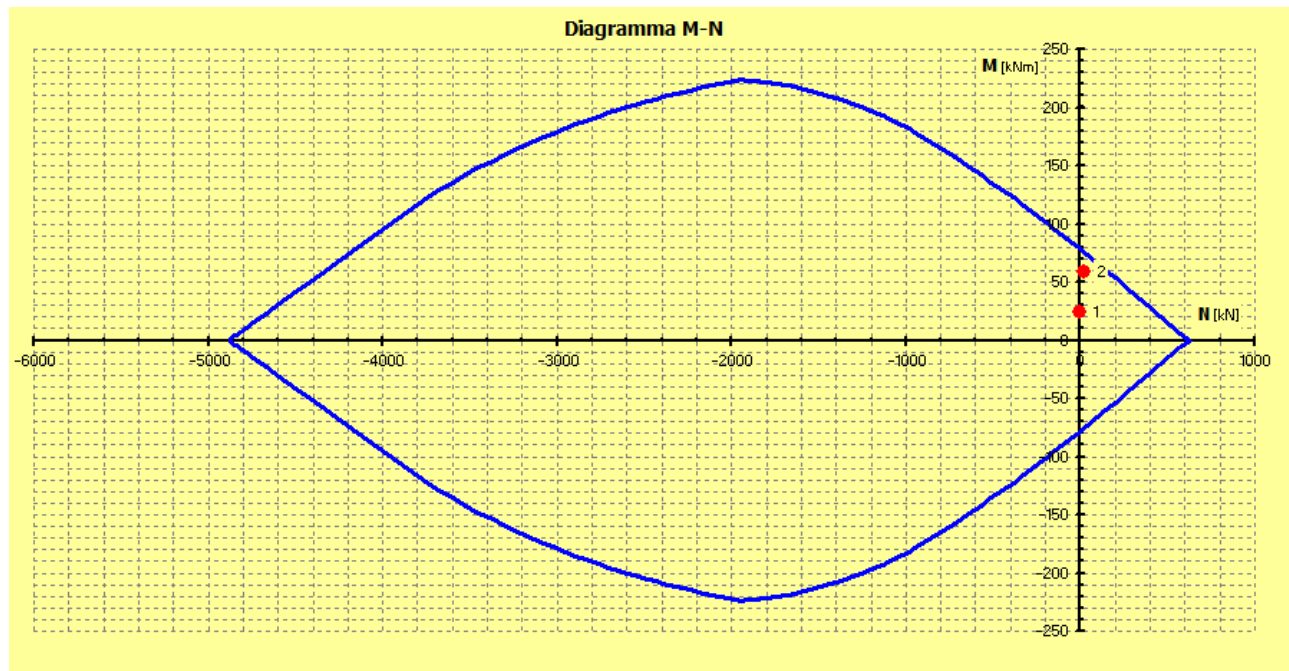
d = 16 Diametro ferro espresso in [mm]

Materiale impiegato : Calcestruzzo armato C25/30

Combinazioni

- 1- Combinazione fondamentale (SLU) in assenza di urto
- 2- Combinazione ECCEZIONALE (SLU) in presenza di urto

Risultati analisi



CONSIDERAZIONI SULLA SCELTA DELLA PROTEZIONE
MARGINALE

La S.P. 333 di Uscio inizia a Recco, risale fino a Colle Caprile (mt. 500 s.l.m.) attraversando il centro abitato di Uscio e ridiscende a Gattorna nella valle Fontanabuona. L'intero percorso presenta, nel complesso, un notevole grado di tortuosità e di pendenza e si possono riscontrare due tratti con caratteristiche differenti. Il primo tratto Recco - Colle Caprile, con caratteristiche di discreta percorribilità, si presta ad un utilizzo di tipo urbano, in funzione degli insediamenti industriali e commerciali presenti nella zona a ridosso del centro urbano di Recco.

L'unica criticità è rappresentata dall'attraversamento dell'abitato di Uscio, con drastica riduzione della larghezza della carreggiata e dei raggi di curvatura.

Il secondo tratto Colle Caprile - Gattorna presenta una sezione che, in alcuni punti, risulta minore di mt. 6 ed una pendenza spesso maggiore del 6%, un andamento molto tortuoso di difficile percorribilità e si presta ad un utilizzo prettamente locale con le caratteristiche tipiche della strada di montagna.

La strada presenta uno sviluppo complessivo di circa km 22+009.

Le caratteristiche del traffico sono caratterizzate da un TGM>1000 e percentuale di veicoli di massa superiore a 3500 kg <= 5% (tipo I).

Si stima che la velocità di percorrenza media stimata che è possibile sviluppare sul tracciato è quantificabile in **40 km/h** (classe di appartenenza 1: V<50 km/h).

Il tratto di arteria su cui sono previsti gli interventi appartiene nel territorio dei Comuni di Moconesi, Tribogna e Uscio, si prevede di consolidare il ciglio stradale e adeguare le delimitazioni marginali; la lunghezza di intervento complessiva risulta pari a 670 ml e rappresenta una porzione di tracciato pari all' 3,05% e circa il 0,060% della lunghezza totale delle strade provinciali.

La strada in oggetto non rientra nel campo di applicazione del DM 223/1992 e s.m.i. in quanto si tratta di una strada provinciale con velocità di progetto < 70 km/h ma operando su tratti di strada di una certa lunghezza non è possibile considerare l'intervento come ripristino di danno localizzato quindi rientra nell'art. 2 del D.M. 223/92.

DATE LE CARATTERISTICHE DEL TERRITORIO, LIMITATA SEZIONE STRADALE E CURVE A RAGGIO LIMITATO, SI RITIENE NECESSARIO PROCEDERE AD UNA VALUTAZIONE DEL PIÙ IDONEO DISPOSITIVO DI PROTEZIONE DA INSTALLARE SUL CORDOLO DI C.A. DI NUOVA REALIZZAZIONE CON RIFERIMENTO ALLE NORME VIGENTI.

La presenza sulle strade provinciali di varie tipologie di delimitazioni marginali anche di origine vetusta (ringhiere, muretti, ecc.) comporta oggi, la sostituzione con elementi di diversa natura rispetto all'esistente. Questo deriva spesso da motivi di tipo gestionale, date le disponibilità e la reperibilità dei materiali sul mercato unitamente all'esigenza di garantire un adeguato livello di sicurezza, condizione di cui all'art. 13 del D.Lgs. del 30/04/1992 n. 285.

Dall'analisi delle caratteristiche del tracciato stradale e delle caratteristiche del traffico che lo attraversa sia per quanto riguarda le tipologia dei veicoli che, soprattutto, per le velocità di percorrenza si è calcolato il livello di contenimento necessario nelle reali condizioni di traffico sul tratto in esame, prevedendo due situazioni:

- l'urto di più elevato livello di rischio con un veicolo di massa 30 t ad una velocità di 40 km/h e un angolo di impatto di 20°. Il livello di contenimento richiesto è pari a 217 kJ ottenibile con un dispositivo di **classe H2**;
- l'urto nella situazione di rischio più probabile con un mezzo leggero (1,5 t) ad una velocità di percorrenza ammissibile di 70 km/h e un angolo di impatto di 20°. Il livello di contenimento richiesto è pari a 33 kJ ottenibile con un dispositivo di **classe N1**;