



**CITTA' METROPOLITANA DI GENOVA**  
**DIREZIONE TERRITORIO E MOBILITA'**

Servizio Programmazione e Coordinamento Viabilità  
Ufficio Lavori Pubblici

C.C. 27/17-PG

**SP 34 di COGORNO - Lavori di sistemazione, consolidamento del corpo stradale e delle delimitazioni marginali, disciplinamento delle acque a tratti saltuari in Comune di Cogorno.**

**PROGETTO ESECUTIVO**  
**CALCOLI ESECUTIVI DELLE STRUTTURE**

REDATTO DA: (Geom. Francesco Benzi)	PROGETTISTI: (Ing. Raffaella Dagnino)	ALLEGATO <b>6</b>
		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 <b>30 SET. 2018</b>
CONTROLLATO <b>DGN</b>	DATA <b>30 SET. 2018</b>	AGGIORNATO
APPROVATO <b>BUF</b>	DATA <b>30 SET. 2018</b>	AGGIORNATO
		DATA

## 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, consolidamento del corpo stradale, ripristino e sostituzione delle protezioni marginali sulla strada provinciale.

L'intervento prevede la realizzazione di cordoli in calcestruzzo armato. A seguito della realizzazione del nuovo manufatto 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)

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”.
- D.M. 14 Gennaio 2008, “Norme Tecniche per le Costruzioni 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  $\gamma$ :

$$R_d = R_k / \gamma$$

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:  
     **R28 = kg/cmq 300 (per opere in elevazione e cordoli in c.a.)**  
     **Rck= kg/cmq 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.

### CALCESTRUZZO DELLE STRUTTURE

Per la realizzazione dei cordoli in c.a.:

**Classe C25/30**, avente le seguenti caratteristiche:

$$f_{ck} = R_{ck} \cdot 0.83 = 24,90 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = \sigma_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 0.85 \cdot (R_{ck} \cdot 0.83) / \gamma_c = 14.11 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{2/3} = 2.56 \text{ MPa}$$

$$f_{ctk} = 0.70 \cdot f_{ctm} = 1.79 \text{ MPa}$$

coeff. riduttivo per le resistenze a lunga durata  $a_{cc} = 0.85$

coeff. parziale di sicurezza relativo al cls  $g_c = 1.5$

$$f_{cd} = a_{cc} \cdot f_{ck} / g_c = 14,11 \text{ MPa}$$

Classe di esposizione XC2 UNI EN 206-1 e classe di consistenza S4.

Invece per la realizzazione delle fondazioni e dei ripristini saranno ammessi cls con le seguenti caratteristiche:

**Classe C20/25**, avente le seguenti caratteristiche:

$$f_{ck} = R_{ck} \cdot 0.83 = 20,75 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{2/3} = 2.27 \text{ MPa}$$

$$f_{ctk} = 0.70 \cdot f_{ctm} = 1.59 \text{ MPa}$$

coeff. riduttivo per le resistenze a lunga durata  $a_{cc} = 0.85$

coeff. parziale di sicurezza relativo al cls  $g_c = 1.5$

$$f_{cd} = a_{cc} \cdot f_{ck} / g_c = 11,76 \text{ MPa}$$

Classe di esposizione XC2 UNI EN 206-1 e classe di consistenza S4.

## ACCIAIO DA C.A.

Per le armature si prevede l'impiego di un acciaio in barre del tipo B450C, come definito al punto 11.3.2.1. del Decreto Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 14 gennaio 2008 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni", che soddisfi le seguenti condizioni ed i seguenti rapporti minimi:

Tensione caratteristica di snervamento:	$f_{yk} \leq 450 \text{ MPa}$	
Tensione caratteristica di rottura:	$f_{tk} \leq 540 \text{ MPa}$	
Resistenza di calcolo:	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s \leq 450/1.15 = 391.3 \text{ MPa}$	
Allungamento sotto carico massimo:	$A_{gt,k} \geq 7.5\%$	
Rapporto sulla tensione di snervamento:	$(f_y/f_{y,nom})_k \leq 1.25$	(dove $f_{y,nom} = 450 \text{ MPa}$ )
Rapporto rottura/snervamento:	$1.15 \leq (f_t / f_y)_k < 1.35$	

## D. ANALISI DEI CARICHI

### D.1 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 (G1):**

Peso proprio della struttura

#### **Carichi permanenti portati computamente definiti (G2):**

Conglomerato bituminoso (18 kN/mc)

Barriera di sicurezza: (0.35 kN/ml)

#### **Altri carichi permanenti (G3):**

Spinta della terra

### D.2 Carico accidentale:

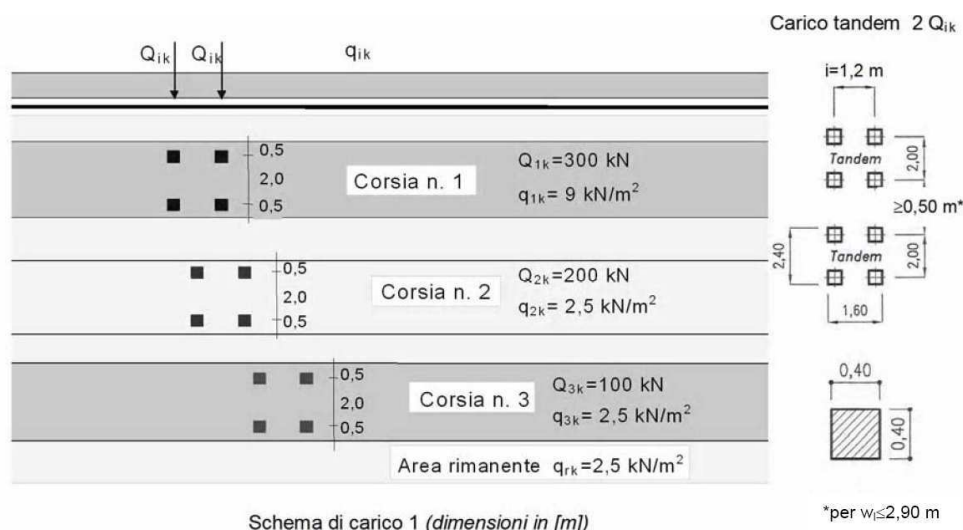
dal capitolo 5 del DM 14 gennaio 2018, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 8 del 20 febbraio 2018 si deducono i carichi variabili da applicare alla struttura a progetto.

#### **Azioni Variabili da Traffico**

##### ***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.



**Figura 5.1.2 - Schema di Carico 1 - dimensioni in [m]**

**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/m<sup>2</sup>. Il valore di combinazione è invece di 2,5 kN/m<sup>2</sup>. Il carico folla deve essere applicato su tutte le zone significative della superficie di influenza, inclusa l'area dello spartitraffico centrale, ove rilevante.

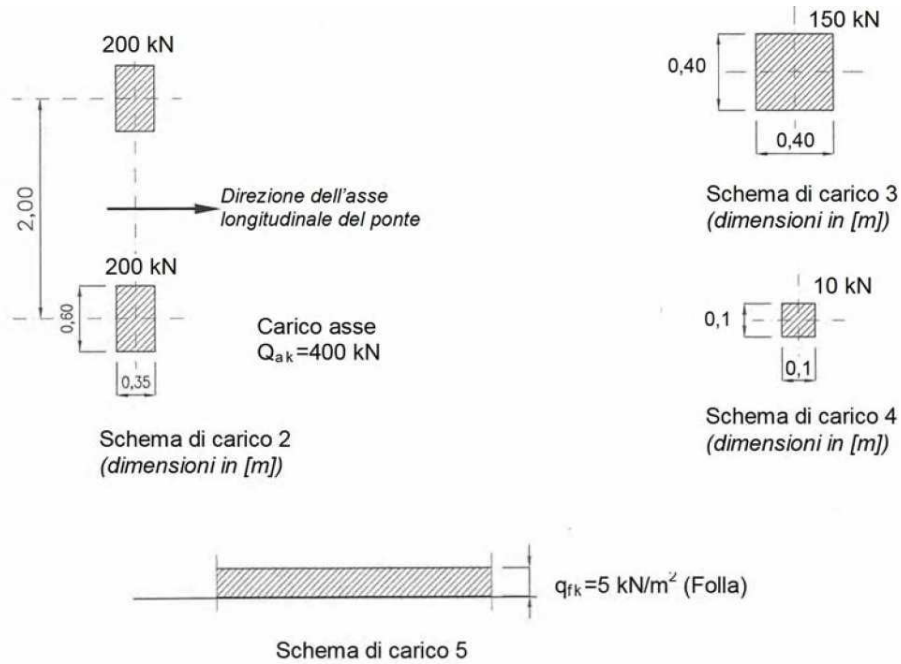


Figura 5.1.2 - Schemi di Carico 2-5 - dimensioni in [m]

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

		Coefficiente	EQU <sup>(1)</sup>	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Carichi permanenti non strutturali <sup>(2)</sup>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Carichi variabili da traffico	favorevoli	$\gamma_Q$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,35	1,35	1,15
Carichi variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	$\gamma_{e1}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,00 <sup>(3)</sup>	1,00 <sup>(4)</sup>	1,00
Ritiro e viscosità, Variazioni termiche, Cedimenti vincolari	favorevoli	$\gamma_{e2}, \gamma_{e3}, \gamma_{e4}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,20	1,20	1,00

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

<sup>(2)</sup> 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.

<sup>(3)</sup> 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna

<sup>(4)</sup> 1,20 per effetti locali

## E. VERIFICA DELLE STRUTTURE

### CALCOLO DEI PARAMETRI SISMICI

Il progetto in esame riguarda interventi di consolidamento del corpo stradale sulla SP 34 di Cogorno nel Comune di Cogorno, classificato in zona sismica 3, con un valore massimo di  $a/g = 0.148$  (SLC).

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

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

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>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.</i>
B	<i>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.</i>
C	<i>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.</i>
D	<i>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.</i>
E	<i>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.</i>

Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

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

Allo stato limite di Collasso si ottengono i seguenti parametri sismici:

STATO LIMITE	SLC
$a_g$	0.148g
$F_0$	2.380
$T_c^*$	0.290s

### 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;
- $\phi$  angolo di attrito del terreno in fondazione;
- $\gamma$  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:

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

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

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

$$N_\gamma = (N_q - 1) \operatorname{tg}(1.4\phi)$$

Indichiamo con  $K_p$  il coefficiente di spinta passiva espresso da:

$$K_p = \operatorname{tg}^2(45^\circ + \phi/2)$$

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  $\theta$  l'angolo che la risultante dei carichi forma con la verticale (espresso in gradi) e con  $\phi$  l'angolo d'attrito del terreno di posa abbiamo:

$$i_c = i_q = (1 - \theta^\circ/90)^\phi$$

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

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

#### **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  $\eta_r$ .

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  $\eta_s$

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  $\delta_f$  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  $\eta_q$ . 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*

$\gamma_{Gsfav}$	Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni permanenti
$\gamma_{Gfav}$	Coefficiente parziale favorevole sulle azioni permanenti
$\gamma_{Qsfav}$	Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni variabili
$\gamma_{Qfav}$	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
$\gamma_{cu}$	Coefficiente parziale di riduzione della coesione non drenata
$\gamma_{qu}$	Coefficiente parziale di riduzione del carico ultimo
$\gamma_{\gamma}$	Coefficiente parziale di riduzione della resistenza a compressione uniassiale delle rocce

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

Carichi	Effetto		EQU	A1	A2
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	0,90	1,00	1,00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1,10	1,35	1,00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0,00	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	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	$\gamma_{cu}$	1,00	1,40
Resistenza a compressione uniassiale	$\gamma_{qu}$	1,00	1,60
Peso dell'unità di volume	$\gamma_{\gamma}$	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  $\Psi_0 = 0,70$        $\Psi_1 = 0,50$        $\Psi_2 = 0,20$

**Descrizione terreni***Simbologia adottata*

Descrizione	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]
$\gamma_s$	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kg/mc]
$\phi$	Angolo d'attrito interno espresso in [°]
$\delta$	Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
$c$	Coesione espressa in [kg/mq]
$c_a$	Adesione terra-muro espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]

**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*

$\gamma$	Coefficiente di partecipazione della condizione
$\psi$	Coefficiente di combinazione della condizione

Combinazione 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)

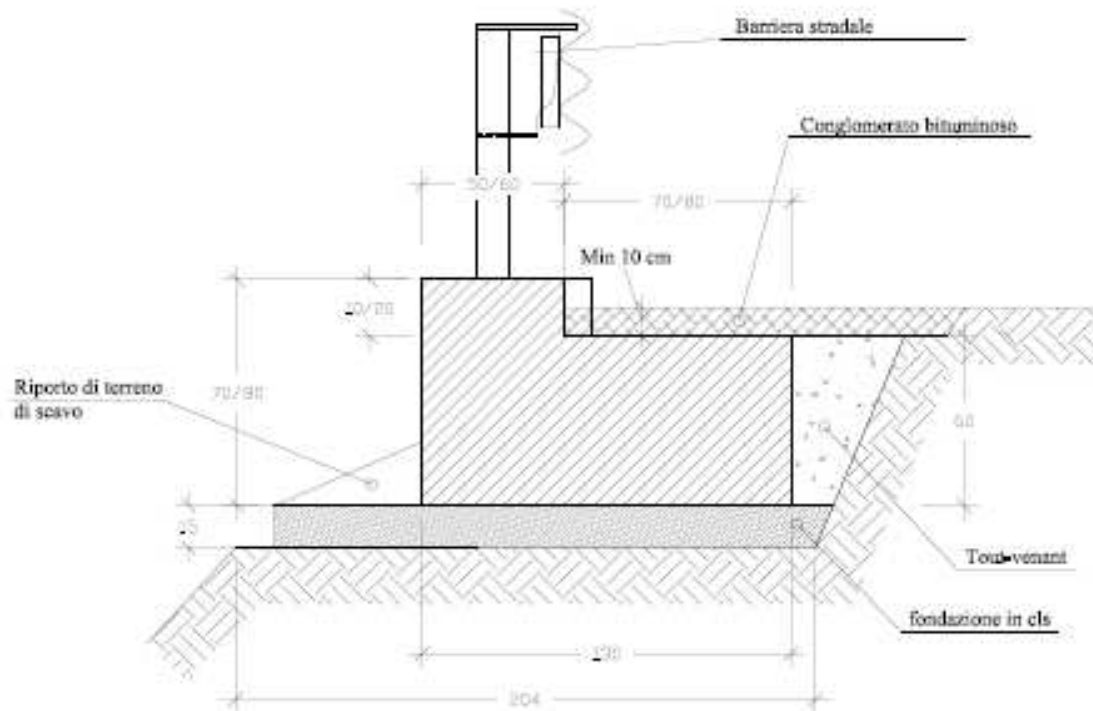
Combinazione n° 6: Combinazione eccezionale (SLU)

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

Verifica al Ribaltamento (EQU +M2)

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

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

**Geometria dell'opera di sostegno km 5+900**Descrizione: cordolo marginale in c.a.tipo 1

Altezza del paramento	0,10 [m]
Spessore in sommità	0,60 [m]
<u>Fondazione</u>	
Lunghezza totale fondazione	1,80 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	0,00 [°]
Spessore fondazione	0,60 [m]
Spessore magrone	0,10 [m]

Materiali utilizzati per la struttura

**Calcestruzzo**

Peso specifico	2500,0 [kg/mc]
Classe di Resistenza	C25/30
Resistenza caratteristica a compressione $R_{ck}$	250 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Modulo elastico E	305.527,37 [kg/cm <sup>2</sup> ]

**Acciaio**

Tipo	B450C
Tensione ammissibile	4588,0 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione di snervamento	4588,0 [kg/cm <sup>2</sup> ]

**Descrizione terreni**

Descrizione	$\gamma$	$\phi$	$\delta$	c
- <u>corpo stradale</u> (terreno di riporto per rilevato)	1800	35,00	23,33	0,000

Coeff. Di spinta:

	M1	M2
kae	0.351	0.448
kpe	5.478	3.731

Descrizione	$\gamma$	$\phi$	c
- fondazione	2070	20.95	2.07
riporto	2050	30.55	0

(coltre detritica eluviale-colluviale)

Carico ammissibile in fondazione:

	M1+R1	M2+R2	M1+R3
Camm [kg/cm <sup>2</sup> ]	20.21	3.55	8.79

## 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	2850.00	0.868	0,318
G2	143.00	0.955	0,643
G3 (M1) verticale	52.79	1.800	
G3 (M1) orizzontale	122.39		0,220
G3 (M2) verticale	67.50	1.800	
G3 (M2) orizzontale	156.49		0,220

### 2. Carichi variabili

#### Azioni Variabili da Traffico

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** (NTC2008) che grava sulla struttura in c.a, per metà sul cordolo, a 30 cm dal bordo interno della barriera di protezione, e per metà sul corpo stradale, a distanza di 2,00 m dal primo carico, ed un carico distribuito pari a 9 KN/mq sul piano viabile.

Descrizione	Valore [kg/m]	Braccio x [m]
Q11	2352.39	0.90

- 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 veicolo che urta. Considerando un mezzo di massa pari a 18,00 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	2059.08		-1,65
Q12	3136.52	0,900	

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 2008) 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	22,58		0,870
Q6o	45,15	0,330	

Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati*Simbologia adottata*

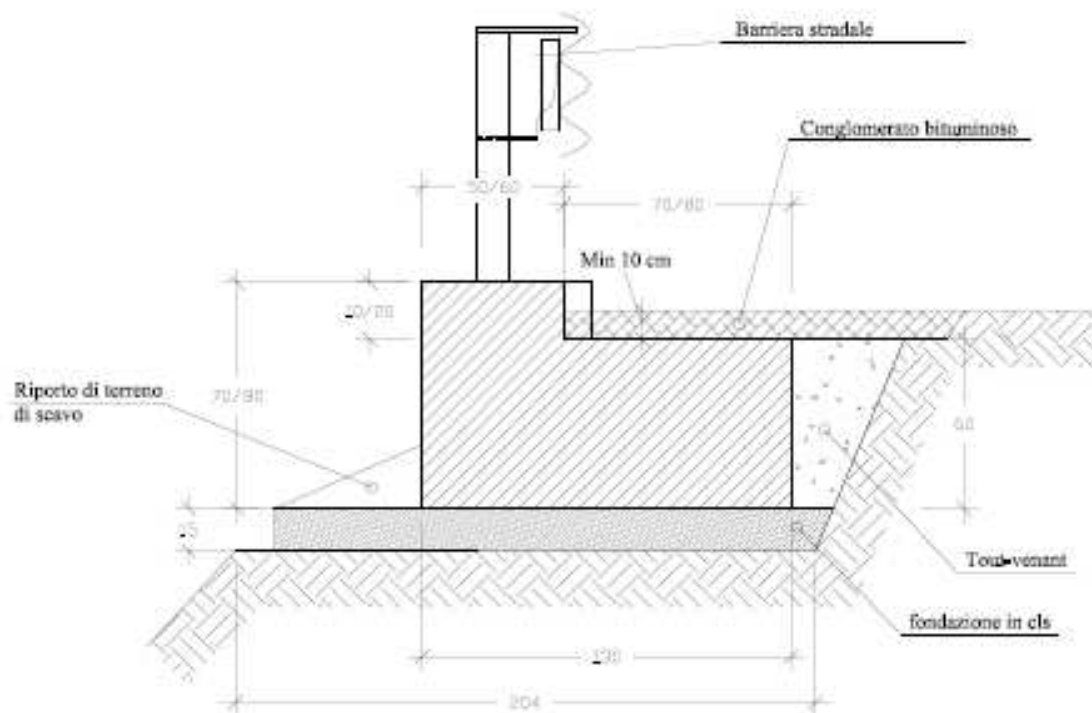
C Identificativo della combinazione

Tipo Tipo combinazione

Sisma Combinazione sismica

CS<sub>SCO</sub> Coeff. di sicurezza allo scorrimentoCS<sub>RIB</sub> Coeff. di sicurezza al ribaltamentoCS<sub>QLIM</sub> Coeff. di sicurezza a carico limiteCS<sub>STAB</sub> Coeff. di sicurezza a stabilità globale

C	Tipo	CS <sub>sco</sub>	CS <sub>rib</sub>	CS <sub>qlim</sub>
1	combinazione fondamentale SLU	7.59	65.95	11.07
2	combinazione caratteristica	13.42	143.10	11.80
3	combinazione frequente	11.97	127.40	13.23
4	combinazione quasi permanente	7.59	118.10	14.28
5	combinazione sismica	5.89	58.29	14.21
6	combinazione eccezionale	1.24	1.29	2.88

**Geometria dell'opera di sostegno km 7+700-7+900**Descrizione: cordolo marginale in c.a.tipo 1

Altezza del paramento 0,10 [m]

Spessore in sommità 0,60 [m]

Fondazione

Lunghezza totale fondazione 1,80 [m]

Inclinazione piano di posa della fondazione	0,00 [°]
Spessore fondazione	0,60 [m]
Spessore magrone	0,10 [m]

Materiali utilizzati per la struttura

#### Calcestruzzo

Peso specifico	2500,0 [kg/mc]
Classe di Resistenza	C25/30
Resistenza caratteristica a compressione $R_{ck}$	250 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Modulo elastico E	305.527,37 [kg/cm <sup>2</sup> ]

#### Acciaio

Tipo	B450C
Tensione ammissibile	4588,0 [kg/cm <sup>2</sup> ]
Tensione di snervamento	4588,0 [kg/cm <sup>2</sup> ]

### Descrizione terreni

Descrizione	$\gamma$	$\phi$	$\delta$	c
- <u>corpo stradale</u> (terreno di riporto per rilevato)	1800	35.00	23,33	0,000

Coeff. Di spinta:

	M1	M2
kae	0.351	0.448
kpe	5.478	3.731

Descrizione	$\gamma$	$\phi$	c
- <u>fondazione</u>	2070	20.95	2.07
- <u>riporto</u>	2050	30.55	0

in attesa di rel geologica considero terreno da  
(coltre detritica eluviale-colluviale)

Carico ammissibile in fondazione:

	M1+R1	M2+R2	M1+R3
Camm [kg/cm <sup>2</sup> ]	15.38	2.78	6.69

### 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	2087.50	0.625	0.323
G2	102.50	0.677	0.651
G3 (M1) verticale	52.79	1.300	

G3 (M1) orizzontale	122.39		0.22
G3 (M2) verticale	67.50	1.300	
G3 (M2) orizzontale	156.49		0.22

## 5. Carichi variabili

### Azioni Variabili da Traffico

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** (NTC2008) che grava sulla struttura in c.a, per metà sul cordolo, a 30 cm dal bordo interno della barriera di protezione, e per metà sul corpo stradale, a distanza di 2,00 m dal primo carico, ed un carico distribuito pari a 9 KN/mq sul piano viabile.

Descrizione	Valore [kg/m]	Braccio x [m]
Q11	2352.39	0.85

### 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. Considerando un mezzo di massa pari a 18,00 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	1216.73		-1,65
Q12	1853.40	0.85	

- 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 2008) 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	

## 6. Azione Sismica

Descrizione	Valore [kg/m]	Braccio x [m]	Braccio y [m]
Q6v	16.52		0,63
Q6o	33.04	0,34	

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

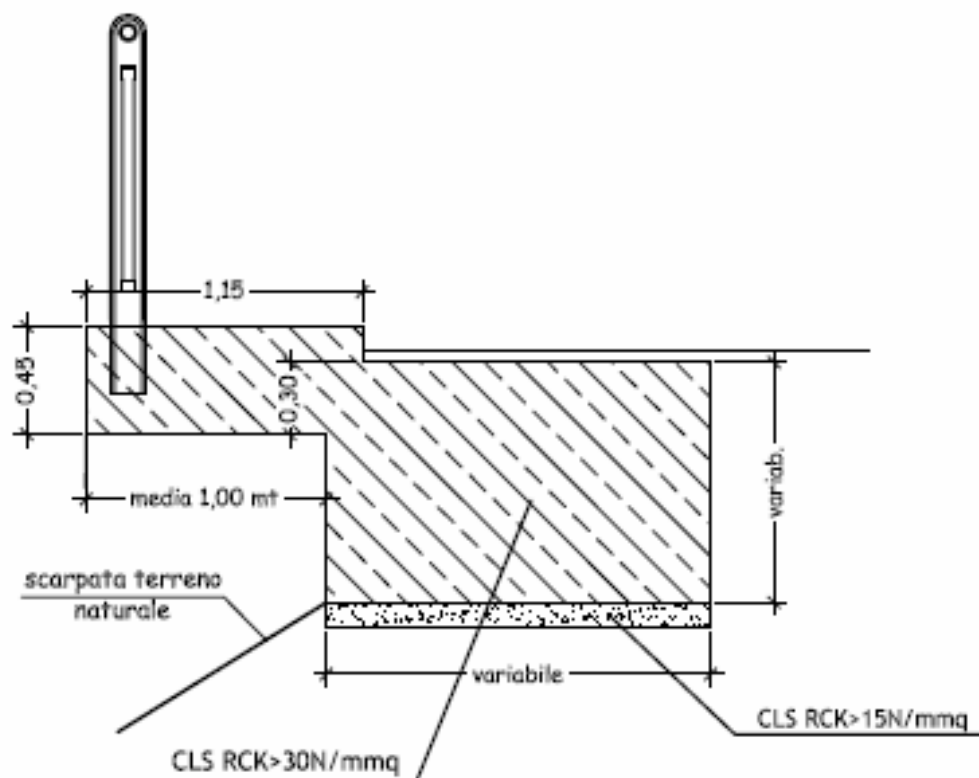
**$CS_{RIB}$**  Coeff. di sicurezza al ribaltamento

**$CS_{QLIM}$**  Coeff. di sicurezza a carico limite

**$CS_{STAB}$**  Coeff. di sicurezza a stabilità globale

<b>C</b>	<b>Tipo</b>	<b><math>CS_{SCO}</math></b>	<b><math>CS_{RIB}</math></b>	<b><math>CS_{qlim}</math></b>
1	combinazione fondamentale SLU	5.60	35.29	7.29
2	combinazione caratteristica	11.43	102.1	7.85
3	combinazione frequente	9.97	87.36	9.00
4	combinazione quasi permanente	5.60	78.52	9.87
5	combinazione sismica	4.62	48.01	9.82
6	combinazione eccezionale	1.31	1.18	3.06

**Descrizione: cordolo marginale in c.a. a sbalzo**



Altezza del paramento	0,10 [m]
Spessore in sommità	0,60 [m]
Spessore della soletta	0,30 [m]
Lunghezza dello sbalzo	1,00 [°]
<u>Fondazione</u>	
Lunghezza totale fondazione	1,50 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	0,00 [°]
Spessore fondazione	0,70 [m]
Spessore magrone	0,10 [m]

## Materiali utilizzati per la struttura

### *Calcestruzzo*

Peso specifico	2500,0 [kg/mc]
Classe di Resistenza	C25/30
Resistenza caratteristica a compressione $R_{ck}$	250 [kg/cm²]
Modulo elastico E	305.527,37 [kg/cm²]

### *Acciaio*

Tipo	B450C
Tensione di rottura $f_t$ nom	5400 [kg/cm²]
Tensione di snervamento $f_y$ nom	4500 [kg/cm²]
Tensione ammissibile $f=0.8 f_y$ nom	3600 [kg/cm²]

## Descrizione terreni

### Simbologia adottata

Descrizione	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]
$\gamma_s$	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kg/mc]
$\phi$	Angolo d'attrito interno espresso in [°]
$\delta$	Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
$c$	Coesione espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]
$c_a$	Adesione terra-muro espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]

Descrizione	$\gamma$	$\phi$	$\delta$	$c$
- <u>corpo stradale</u>	1800	35.00	23.33	0,000
(terreno di riporto per rilevato)				

### Coeff. Di spinta:

	M1	M2
kae	0.351	0.448
kpe	5.478	3.731

### Carico ammissibile in fondazione:

	M1+R1	M2+R2	M1+R3
Camm [kg/cm <sup>2</sup> ]	17.51	3.15	7.62

## Descrizione delle AZIONI

### 7. 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	3525.00	0.422	0.410
G2	206.00	0.329	0.738
G3 (M1) verticale	70.29	1.50	
G3 (M1) orizzontale	162.94		0.25
G3 (M2) verticale	89.87	1.50	
G3 (M2) orizzontale	208.34		0.25

### 8. Carichi variabili

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

- 8.1. In assenza di urto. Considero lo **schema di carico 1** (NTC2008) che grava per metà sulla struttura in c.a a 30 cm dal bordo interno del marciapiede, e per metà sul corpo stradale, a 1.90 cm dal lato interno

della fondazione, inducendo quindi un incremento di spinta sul manufatto.

Complessivamente:

Descrizione	Valore [kg/m]	Braccio x [m]
Q11tot	2352,39	1.80

## 2.4 In presenza di urto.

2.4.1 Per le verifiche che trattano l'equilibrio della struttura come corpo rigido (EQU), si ipotizza un unico sistema solidale cordolo+barriera. Considerando un mezzo di massa pari a 18,00 t che impatta ad una velocità di 30 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	752.85		-1.75
Q12	2038.74	-0.10	

2.4.2 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 2008) 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		-1.75
Q13	599.63	-0,70	

## 9. Azione Sismica

Descrizione	Valore [kg/m]	Braccio x [m]	Braccio y [m]
Q6h	56.28		0.43
Q6v	28.14	0.42	

## Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

### Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

*Simbologia adottata*

C Identificativo della combinazione

Tipo Tipo combinazione

Sisma Combinazione sismica

CS<sub>SCO</sub> Coeff. di sicurezza allo scorrimento

CS<sub>RIB</sub> 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	15,984	7,118	5,113
2	combinazione caratteristica	21,442	15,882	5,537
3	combinazione frequente	22,071	13,691	8,451
4	combinazione quasi permanente	22,632	7,118	9,021
5	combinazione sismica	20,178	5,604	7,075
6	combinazione eccezionale	1,134	2,603	1,844

## VERIFICA DELLA SEZIONE 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

d = 14 Diametro ferro espresso in [mm]

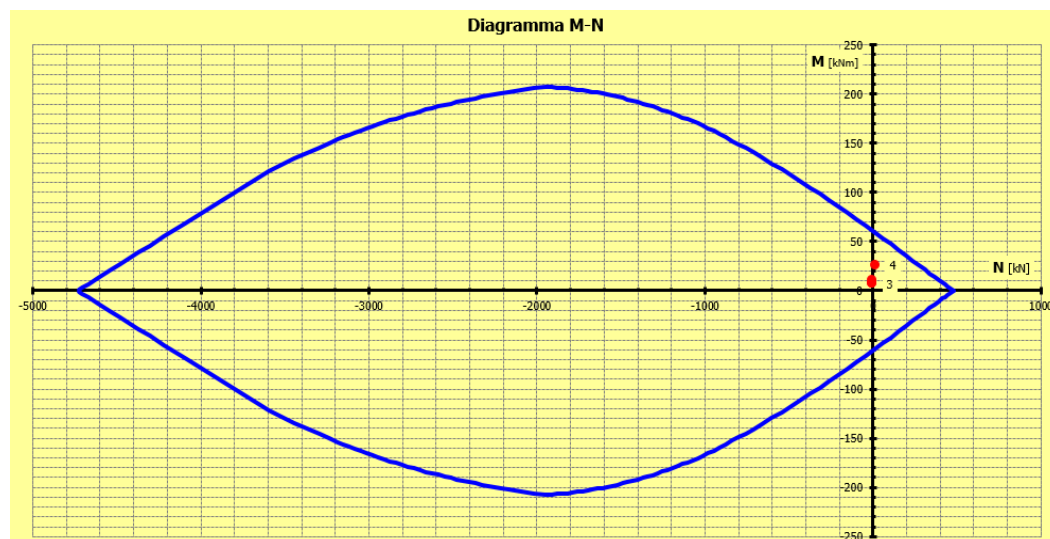
**Materiale impiegato:** Calcestruzzo armato C25/30

Considerando le sollecitazioni dovute alle azioni variabili del traffico, secondo l'ipotesi di urto del veicolo in svio sulla struttura, risulta:

$M_{max} = 25,78 \text{ kNm}$

$P = Fu2 = 18,51 \text{ kN}$

#### Risultati analisi



<b>CONSIDERAZIONI SULLA SCELTA DELLA PROTEZIONE MARGINALE</b>
---

La SP 34 è una strada provinciale storica appartenente alla classe “strada locale (F)” secondo la classificazione del D.Lgs 285/92.

Per quanto riguarda le caratteristiche del traffico l’arteria è identificata da TGM < 1000 (Tipo I secondo il DM 223/92). Inoltre è in vigore un’ordinanza di **limitazione del traffico per i veicoli di massa superiore a 4 t dal km 4+500 a fine strada.**

Il percorso della SP 34 presenta un elevato grado di tortuosità (raggi di curvatura medio piccoli) ed è caratterizzato da una limitata sezione stradale.

Lungo la strada vige il limite di velocità di **40 km/h** tra inizio percorso - km 3+280 e km 3+640 - km 9+475 fuori centro abitato.

Gli interventi sono individuati alla prog.va km 5+900 (vale 55 ml) e nel tratto compreso tra la progressiva km 7+700 e km 7+900 nel Comune di Cogorno, prevedono di sostituire la protezione marginale in un tratto consecutivo di **circa 200 ml**, la lunghezza di intervento rappresenta dunque una porzione di tracciato pari al 2,69% e circa il 0,023% della lunghezza totale delle strade provinciali. Sono quindi rispettati i criteri stabiliti per la definizione di intervento localizzato di adeguamento della strada esistente.

La porzione di tracciato oggetto di intervento è caratterizzata da una pendenza longitudinale media pari a 3% e una larghezza della carreggiata di 5,50 m.

*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. Il progetto inoltre non riguarda interventi specifici di adeguamento dei soli dispositivi di ritenuta.*

Date le caratteristiche del territorio, si ritiene tuttavia 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 nella condizione limite di più livello di rischio con un veicolo di massa 18 t ad una velocità di 40 km/h e un angolo di impatto di 20°. La forza d'urto viene stimata in **25,05 t** e il livello di contenimento richiesto è pari a 130 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 60 km/h e un angolo di impatto di 20°. In tali condizioni la forza d'urto viene stimata in **4,73 t** e il livello di contenimento richiesto è pari a 24 kJ ottenibile con un dispositivo di **classe N1**;

Si dimostra che la tipologia di protezione marginale in acciaio zincato attualmente in uso per la manutenzione stradale per i ripristini e le sostituzioni localizzate è in grado di sopportare le forze d'urto calcolate nel caso di urto nella situazione di rischio più probabile.

Infatti dall'analisi dei componenti fondamentali della barriera sollecitati da tali forze si osserva che in entrambe le ipotesi d'urto il piantone (profilo a C UPN 120) e la lama (modulo di resistenza > 25 come da Circolare 2337 del 11/7/1987) rimangono in campo elastico quindi il veicolo si mantiene in strada.

## 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. 14/01/2008.

### 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.

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 (%)
<b>1 Assenza di rischio di corrosione o attacco</b>						
1	<b>X0</b>	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	
<b>2 Corrosione indotta da carbonatazione</b>						
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	<b>XC1</b>	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	<b>XC2</b>	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	<b>XC3</b>	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	<b>XC4</b>	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 <sup>3</sup> )	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
<b>XC4</b>	asciutto-bagnato	<b>≤ 0.50</b>	<b>≥ 40</b>	<b>≥ 340</b>	≥ 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 NTC2008.

### 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			
<i>Calcestruzzo</i>			
	Classe	<b>C20/25</b>	
Resistenza caratteristica cilindrica = $f_{ck}$	=	20	Mpa [N/mm <sup>2</sup> ]
Resistenza caratteristica cubica = $R_{ck}$	=	25	Mpa [N/mm <sup>2</sup> ]
Coefficiente riduttivo per le resistenze di lunga durata = $\alpha_{cc}$	=	0.85	
Coefficiente parziale di sicurezza del calcestruzzo = $\gamma_c$	=	1.5	
Resistenza di progetto = $f_{cd}$	=	11.33	Mpa [N/mm <sup>2</sup> ]
Resistenza media cilindrica = $f_{ck}$	=	28.00	Mpa [N/mm <sup>2</sup> ]
Modulo elastico istantaneo = $E_{cm}$	=	29962	Mpa [N/mm <sup>2</sup> ]

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

MATERIALI UTILIZZATI			
<i>Calcestruzzo</i>			
	Classe	<b>C25/30</b>	
Resistenza caratteristica cilindrica = $f_{ck}$	=	25	Mpa [N/mm <sup>2</sup> ]
Resistenza caratteristica cubica = $R_{ck}$	=	30	Mpa [N/mm <sup>2</sup> ]
Coefficiente riduttivo per le resistenze di lunga durata = $\alpha_{cc}$	=	0.85	
Coefficiente parziale di sicurezza del calcestruzzo = $\gamma_c$	=	1.5	
Resistenza di progetto = $f_{cd}$	=	14.17	Mpa [N/mm <sup>2</sup> ]
Resistenza media cilindrica = $f_{ck}$	=	33.00	Mpa [N/mm <sup>2</sup> ]
Modulo elastico istantaneo = $E_{cm}$	=	31476	Mpa [N/mm <sup>2</sup> ]

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

MATERIALI UTILIZZATI		
<i>Calcestruzzo</i>		
Classe	C28/35	
Resistenza caratteristica cilindrica = $f_{ck}$	28	Mpa [N/mm <sup>2</sup> ]
Resistenza caratteristica cubica = $R_{ck}$	35	Mpa [N/mm <sup>2</sup> ]
Coefficiente riduttivo per le resistenze di lunga durata = $\alpha_{cc}$	0.85	
Coefficiente parziale di sicurezza del calcestruzzo = $\gamma_c$	1.5	
Resistenza di progetto = $f_{cd}$	15.87	Mpa [N/mm <sup>2</sup> ]
Resistenza media cilindrica = $f_{ck}$	36.00	Mpa [N/mm <sup>2</sup> ]
Modulo elastico istantaneo = $E_{cm}$	32308	Mpa [N/mm <sup>2</sup> ]

**Dati specifici per acciaio da cemento armato**Acciaio **B450A**

<i>Acciaio</i>		
Tipo	B450A	
Tensione caratteristica di snervamento = $f_{yk}$	450	Mpa [N/mm <sup>2</sup> ]
Tensione caratteristica di rottura = $f_{tk}$	540	Mpa [N/mm <sup>2</sup> ]
Coefficiente parziale di sicurezza dell'acciaio = $\gamma_s$	1.15	
Resistenza di progetto = $f_{sd}$	391.30	Mpa [N/mm <sup>2</sup> ]
Modulo elastico = $E_s$	210000	Mpa [N/mm <sup>2</sup> ]

Acciaio **B450C**

<i>Acciaio</i>		
Tipo	B450C	
Tensione caratteristica di snervamento = $f_{yk}$	450	Mpa [N/mm <sup>2</sup> ]
Tensione caratteristica di rottura = $f_{tk}$	540	Mpa [N/mm <sup>2</sup> ]
Coefficiente parziale di sicurezza dell'acciaio = $\gamma_s$	1.15	
Resistenza di progetto = $f_{sd}$	391.30	Mpa [N/mm <sup>2</sup> ]
Modulo elastico = $E_s$	210000	Mpa [N/mm <sup>2</sup> ]

**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**

- 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 <sup>2</sup> ]	$f_{tk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{yk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{tk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
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 <sup>2</sup> ]	$f_{tk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{yk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{tk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
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		