



SP BS 345 DA PKM 31+965 A PKM 32+331

[illegible]

RELAZIONE SPECIALISTA SULLE BARRIERE STRADALI
art. 2 D.M. n. 223 del 18/02/1992 e s.m.i. e art. 35 del D.P.R. n. 207/2010

1 - PREMESSA

La presente relazione di calcolo è relativa all'installazione di barriere di sicurezza stradali e dispositivi di ritenuta ricompresi nell'intervento di manutenzione straordinaria per il ripristino o la posa di nuove barriere di sicurezza stradale lungo le strade provinciali di competenza della Provincia di Brescia - CUP: H77H19001460003" nel tratto di strada provinciale denominata SPBS EXSS345 "Delle Tre Valli compreso tra le pkm 31+965 e 32+331 nel comune di Bovegno (BS) al confine con il comune di Collio (BS).

2 - DETERMINAZIONE e SCELTA DELLE BARRIERE DI SICUREZZA

Normativa vigente di riferimento:

- D.Lgs. n.285 del 30/04/1992 e s.m.i. – Nuovo codice della strada;
- D.P.R. n.495 del 16/12/1992 e s.m.i. – Regolamento di esecuzione e di attuazione;
- D.M. 05/11/2001 – Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade;
- Regolamento Regionale n. 7 del 24/04/2006 – Norme tecniche per la costruzione delle strade
- D.G.R. n.8/3219 del 27/09/2006 – Elementi tecnici puntuali inerenti ai criteri per la determinazione delle caratteristiche funzionali e geometriche per la costruzione dei nuovi tronchi viari e per l'ammodernamento ed il potenziamento dei tronchi viari esistenti;
- D.M. n.223 del 18/02/1992 e successivi aggiornamenti, integrazioni e modificazioni con D.M. 03/06/1998 e D.M. 11/06/1999 e D.M. n. 2367 del 21/06/2004;
- Circolari n. 3065 del 25/08/2004, n. 3533 del 20/09/2005, n. 104862 del 15/11/2007 e n. 62032 del 21/07/2010
- D.M. 28/06/2011-Disposizioni sull'uso e l'installazione dei dispositivi di ritenuta
- Norme UNI – EN 1317;
- D.M. 04/05/1990 circolari esplicative - Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo dei ponti stradali.
- D.M. 17/01/2018 – Aggiornamento norme tecniche per le costruzioni.

Di seguito si riportano i criteri ed i principi per la determinazione e la scelta delle barriere stradali di sicurezza di progetto.

Zone da proteggere:

L'art. 2 del D.M. n. 223/1992 definisce la necessità di effettuare la progettazione esecutiva delle barriere di sicurezza in occasione della costruzione di nuovi tronchi stradali o di adeguamento di tratti significativi di tronchi stradali per i progetti esecutivi relativi alle strade pubbliche extraurbane ed a quelle urbane con **velocità di progetto maggiore o uguale a 70 km/h.**

Gli art. 2 e 8 del D.M. n. 223/1992, l'art. 3 del D.M. n. 2367 del 21/06/2004 e il punto 4 della circolare n.62032 del 21/07/2010 individuano le zone da proteggere ai margini della strada che devono essere tenute in considerazione dal progettista e devono riguardare almeno:

1. ***i margini di tutte le opere d'arte all'aperto quali ponti, viadotti, ponticelli, sovrappassi** e muri di sostegno della carreggiata, indipendentemente dalla loro estensione longitudinale e dall'altezza dal piano di campagna; la protezione dovrà estendersi opportunamente oltre lo sviluppo longitudinale strettamente corrispondente all'opera sino a raggiungere punti (prima e dopo l'opera) per i quali possa essere ragionevolmente ritenuto che il comportamento delle barriere in opera sia paragonabile a quello delle barriere sottoposte a prova d'urto e comunque fino a dove cessi la sussistenza delle condizioni che richiedono la protezione;*
2. *lo spartitraffico ove presente;*
3. ***il margine laterale stradale nelle sezioni in rilevato dove il dislivello tra il colmo dell'arginello ed il piano di campagna è maggiore o uguale a 1 m;** la protezione è necessaria per tutte le scarpate aventi pendenza maggiore o uguale a 2/3. Nei casi in cui la pendenza della scarpata sia inferiore a 2/3, la necessità di protezione dipende dalla combinazione della pendenza e dell'altezza della scarpata, tenendo conto delle situazioni di potenziale pericolosità a valle della scarpata (**presenza di edifici, strade, ferrovie, depositi di materiale pericoloso o simili**);*
4. ***gli ostacoli fissi (frontali o laterali)** che potrebbero costituire un pericolo per gli utenti della strada in caso di urto, quali pile di ponti, rocce affioranti, opere di drenaggio non attraversabili, alberature, pali di illuminazione e supporti per segnaletica non cedevoli, corsi d'acqua, ecc, ed i manufatti, quali edifici pubblici o privati, scuole, ospedali, ecc., che in caso di fuoriuscita o urto dei veicoli potrebbero subire danni comportando quindi pericolo anche per i non utenti della strada. Occorre proteggere i suddetti ostacoli e manufatti nel caso in cui non sia possibile o conveniente la loro rimozione e si trovino ad una distanza dal ciglio esterno della carreggiata, inferiore ad una opportuna distanza di sicurezza; tale distanza varia, tenendo anche conto dei criteri generali indicati nell'art.*

6, in funzione dei seguenti parametri: velocità di progetto, volume di traffico, raggio di curvatura dell'asse stradale, pendenza della scarpata, pericolosità dell'ostacolo.

Le protezioni dovranno in ogni caso essere effettuate per una estensione almeno pari a quella indicata nel certificato di omologazione, ponendone circa due terzi prima dell'ostacolo, integrando lo stesso dispositivo con eventuali ancoraggi e con i terminali semplici indicati nel certificato di omologazione, salvo diversa prescrizione del progettista secondo i criteri indicati nell'art. 6.; in particolare, ove possibile, per le protezioni isolate di ostacoli fissi, all'inizio dei tratti del dispositivo di sicurezza, potranno essere utilizzate integrazioni di terminali speciali appositamente testati. Per la protezione degli ostacoli frontali dovranno essere usati attenuatori d'urto, salvo diversa prescrizione del progettista.

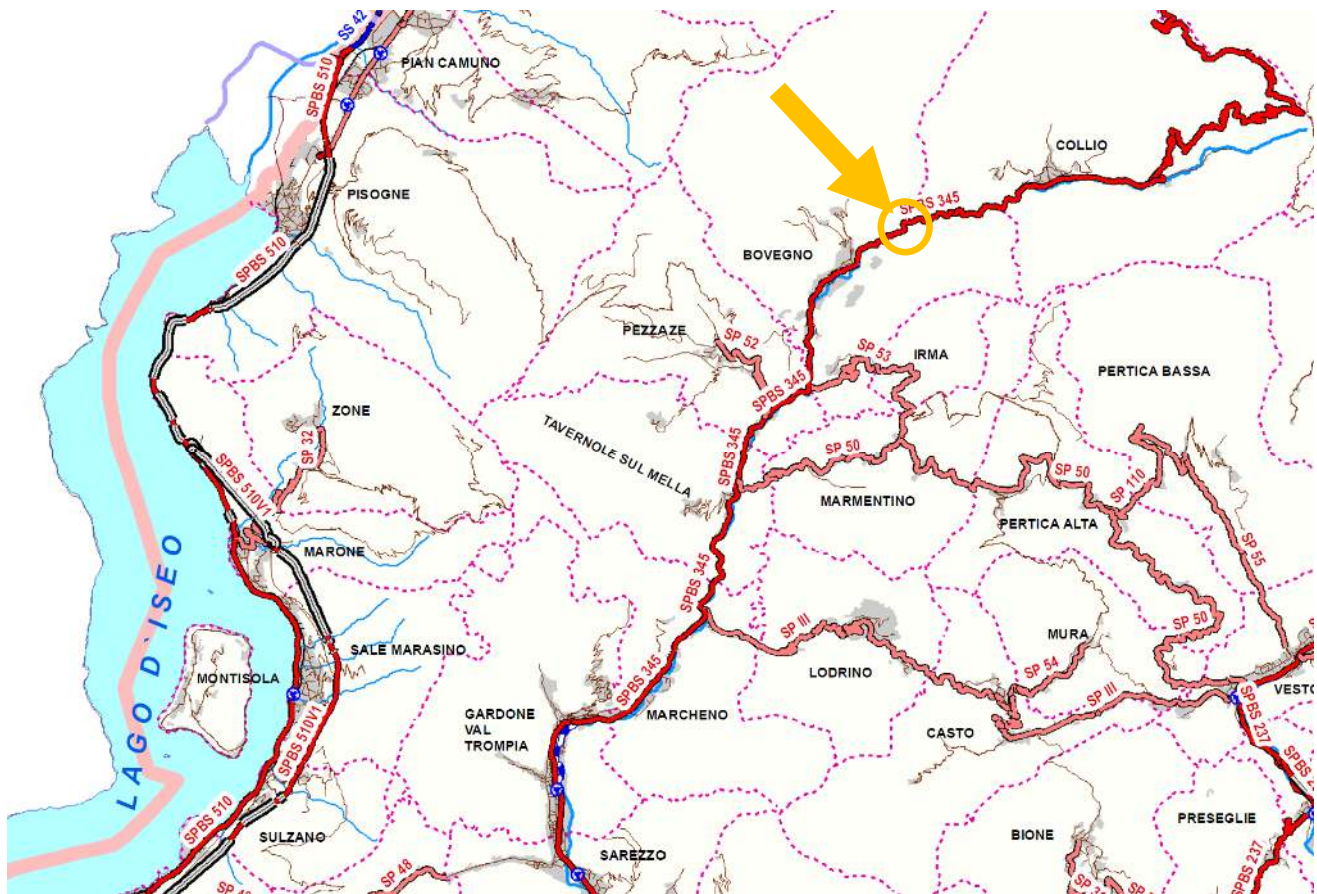
CONFIGURAZIONI CHE NECESSITANO DI UNA SPECIFICA PROTEZIONE CON DISPOSITIVI DI RITENUTA			
SITUAZIONE STRADALE	TRINCEA	CUNETTA DI PIATTAFORMA TRAPEZIA	SI
		CUNETTA DI PIATTAFORMA TRIANGOLARE	NO SI*
	PONTI, SOVRAPASSI, VIADOTTI, ETC.	LA PROTEZIONE È SEMPRE NECESSARIA INDIPENDENTEMENTE DALL'ALTEZZA ED ESTENSIONE DELL'OPERA	SI
	GALLERIA	SEMPRE NECESSARIO PROFILO REDIRETTIVO	SI
	RILEVATO	ALTEZZA ARGINELLO DAL PIANO DI CAMPAGNA $H < 1,00$ M	NO SE LA PENDENZA SCARPATA È $< 2/3$ SI SE LA PENDENZA SCARPATA È $> 2/3$
		ALTEZZA ARGINELLO DAL PIANO DI CAMPAGNA $H > 1,00$ M	SI
	SPARTITRAFFICO OVE PRESENTE	SEMPRE SE VENGONO ADOTTATE LE LARGHEZZE DI CUI AL DM 5/11/2001	SI
	OSTACOLI FISSI	LA PROTEZIONE VA VALUTATA IN BASE AL RISCHIO (CARATTERISTICHE OSTACOLO DISTANZA DAL MARGINE DELLA PIATTAFORMA)	
*salvo che, per la loro esigua profondità, siano configurabili come opere idrauliche attraversabili (rif. art. 4.3.4 del Decreto n. 6792 del 05/11/2001).			

Scelta dei dispositivi di sicurezza stradale:

L'art. 6 del D.M. n. 2367 del 21/06/2004 ed il punto 4 della circolare n. 62032 del 21/07/2010, definiscono i criteri di scelta dei dispositivi di sicurezza stradale di progetto.

Secondo i dati forniti dall'Ente proprietario della strada Provincia di Brescia il tratto di SPBS EXSS345 "Delle Tre Valli compreso tra le pkm 31+965 e 32+331 è classificato di **tipo C** ai sensi del C.d.S. D. Lgs. n. 285 del 30/04/1992 e s.m.i.:

Classificazione strade art. 2 del D.Lgs n.285/92 e s.m.i.	
A	Autostrade
B	Strade extraurbane principali
C	Strade extraurbane secondarie
D	Strade urbane di scorrimento
E	Strade urbane di quartiere
E-bis	Strade urbane ciclabili
F	Strade locali
F-bis	Itinerario ciclopedonale



LEGENDA	
— Strade Provinciali	— Altro
— Strade Provinciali ex ANAS	--- Strade in costruzione
— Strade Statali (ANAS)	~ Confini Provinciali
— Autostrade	~ Confini Comunali
— Raccordi autostradali	~ Laghi
— Tangenziali	— Ferrovie
— Circonvallazioni comunali	— Zone Urbanizzate
— Strade comunali	~ Corsi d'acqua principali
— Tratti in Galleria (solo su SP)	~ Corsi d'acqua secondari

Estratto planimetria classificazione tecnico-funzionale strade Provincia di Bergamo

Dai dati dell'Ente proprietario la strada è percorsa quotidianamente da un flusso veicolare che determina un TGM > 1000, per il quale l'incidenza percentuale stimata degli automezzi pesanti con massa maggiore a 3,5 t è compresa tra il 5% e il 15%.

Da tali dati in input, in relazione alla tabella sotto riportata estratta dal D.M. n. 2367 del 21/06/2004, si definisce il tipo di traffico pari alla **classe II**:

Tipo di traffico	TGM [veic/giorno]	% veicoli massa >3,5 t
I	≤1000	qualsiasi
I	>1000	≤ 5
II	>1000	5 < n ≤ 15
III	>1000	> 15

Tipo di strada	Tipo di Traffico	Barriera Spartitraffico	Barriera Bordo Laterale	Barriera Bordo Ponte
Autostrade (A) e Extraurbane Principali (B)	I	H2	H1	H2
	II	H3	H2	H3
	III	H3-H4	H2-H3	H3-H4
Strade extraurbane secondarie (C) e Strade urbane di scorrimento (D)	I	H1	N2	H2
	II	H2	H1	H2
	III	H2	H2	H3
Strade urbane di quartiere (E) e strade locali (F)	I	N2	N1	H2
	II	H1	N2	H2
	III	H1	H1	H2

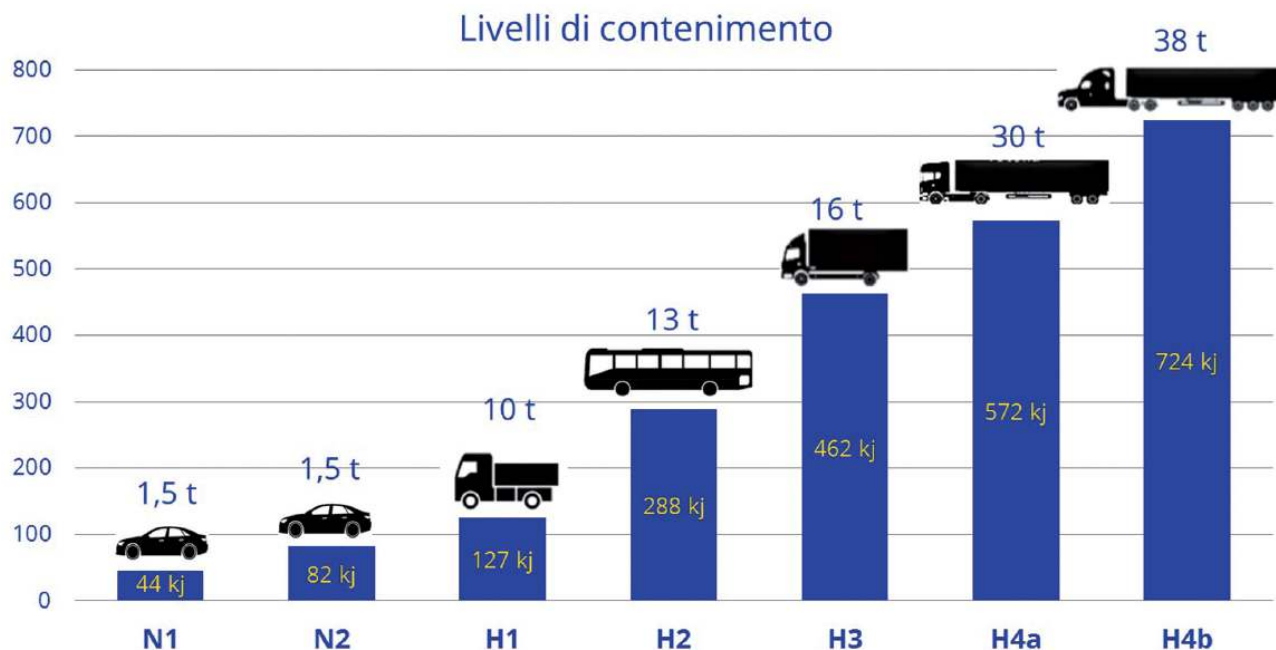
In funzione classificazione della strada di **tipo C** e del tipo di traffico e della destinazione della barriera si definisce la classe minima dei dispositivi di protezione da applicare secondo la seguente tabella A:

dalla quale risulta la seguente classe minima di progetto:

- 1. barriera spartitraffico classe di contenimento minima H2**
- 2. barriera bordo laterale classe di contenimento minima H1**
- 3. barriera bordo opera classe di contenimento minima H2**

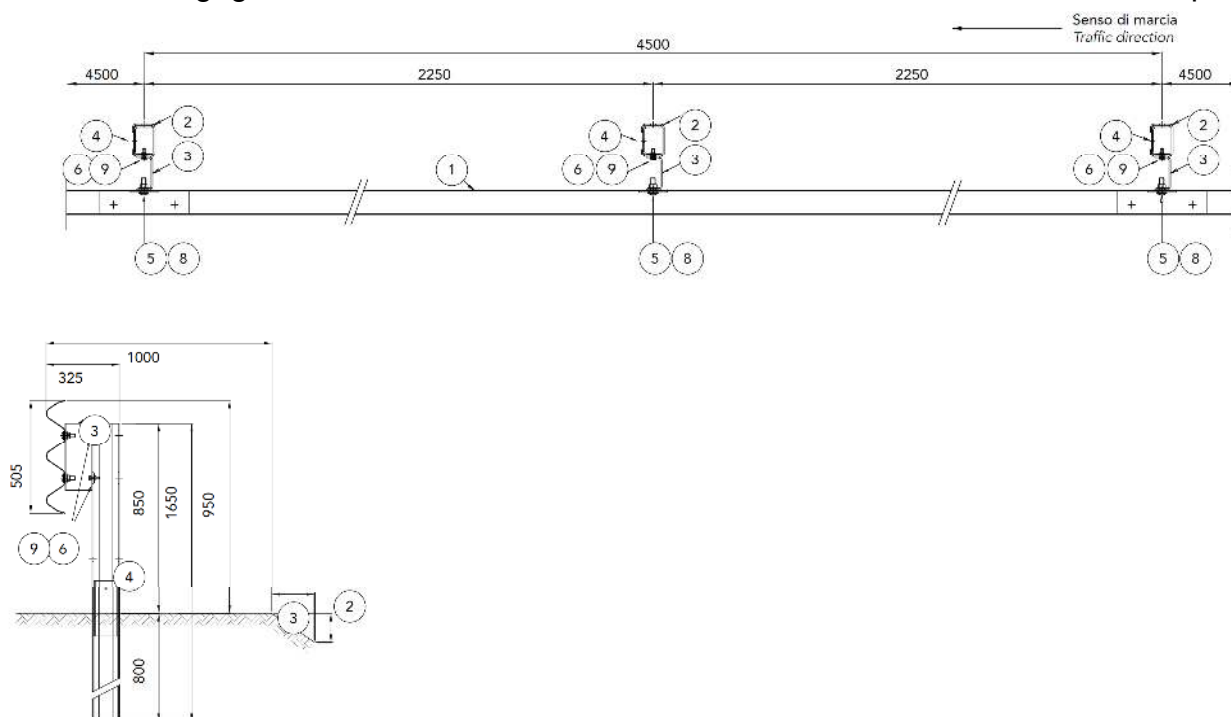
Le barriere di sicurezza sono classificate, in relazione al livello di contenimento come segue:

Classe	N1	N2	H1	H2	H3	H4
Livello di contenimento Lc (kJ)	44	82	127	288	462	572



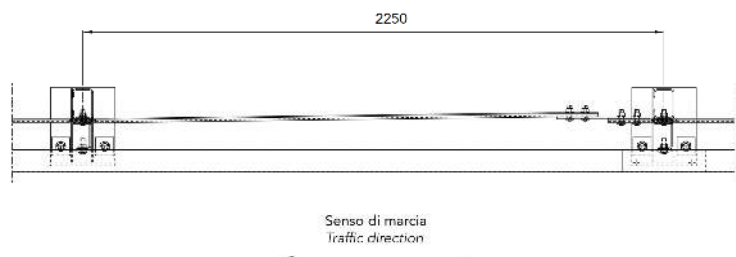
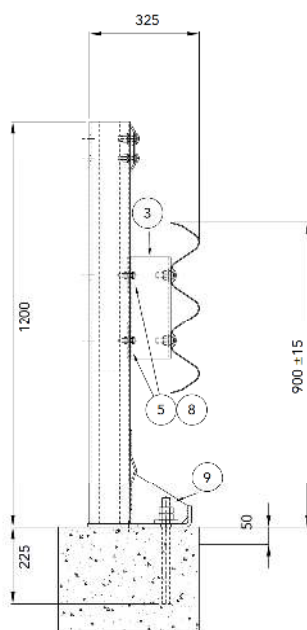
La scelta della tipologia delle barriere da installare è ricaduta su nuovi dispositivi di ritenuta costituiti da barriere di sicurezza stradale in acciaio:

A. tipo bordo laterale (BL) - Classe di contenimento H2 e modello H2-BORDO LATERALE 3 ONDE SINGOLA SU RILAVATO W4 CON ARGINELLO della Marcegaglia Buildtech s.r.l., **certificato CE n. 825/2131/CPR/202** o equivalente,



- Classe di contenimento: H2
- Livello di severità d'urto: A
- Livello di larghezza operativa: $W4 = 1,30$ m
- Deflessione dinamica normalizzata: $D = 1,2$ m
- Intrusione veicolo normalizzata $VI4 = 1,3$ m
- Lunghezza minima di installazione $L = 63$ m

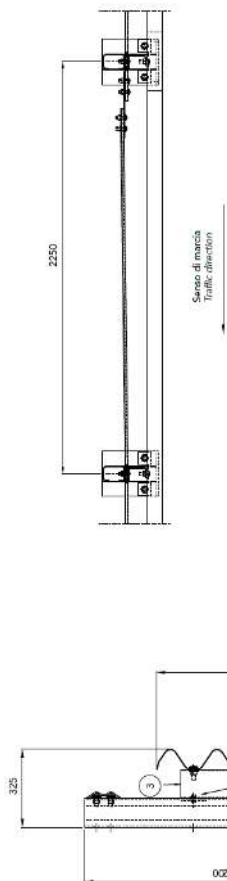
B. tipo bordo opera (BP) - Classe di contenimento H2 e modello H2 BORDO PONTE – 3 ONDE PER MANUFATTO W4 della Marcegaglia Buildtech s.r.l., certificato CE n. 2131/CPR/947, caratterizzata dai seguenti parametri prestazionali:



- Classe di contenimento: H2
- Livello di severità d'urto: B
- Livello di larghezza operativa: $W4 = 1,20$ m
- Deflessione dinamica normalizzata: $D = 0,9$ m
- Intrusione veicolo normalizzata $VI5 = 1,7$ m
- Lunghezza minima di installazione $L = 58,50$ m

CLASSE H2 BORDO PONTE - BARRIERA 3 ONDE PER MANUFATTO W4

Class H2 Bridge side - 3-waves guardrail for bridge W4
3 Wellen Leitplanke auf Bauwerk, Aufhängerstufe H2, Wirkungsbereich W4
Classe H2 Bord pont - Glissière 3 ondes simple pour pont W4
Clase H2 Borde de puente - Barrera de triple onda simple para base puente W4

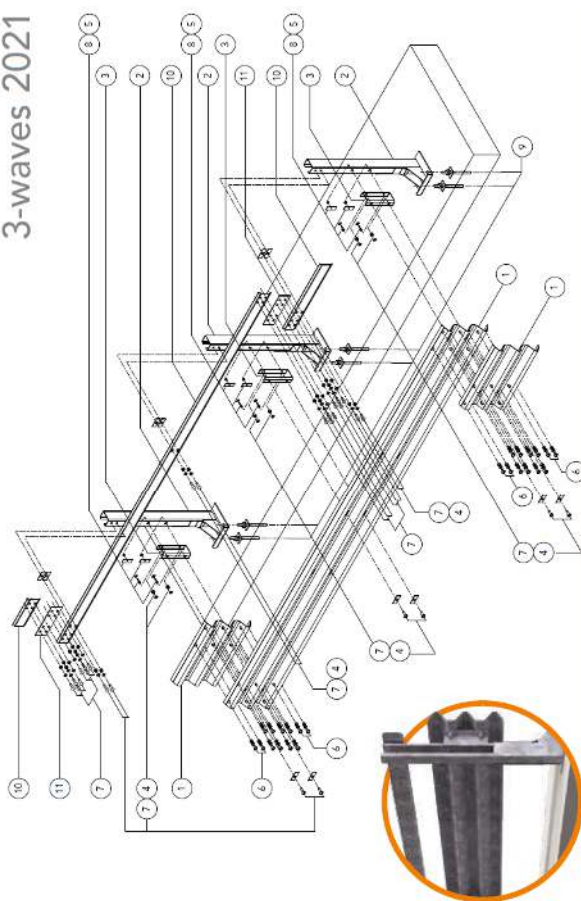


Caratteristiche Characteristics, Eigenschaften, Caractéristiques									
Altezza barriera	Barrier height	Höhe Leitplanke	Hauteur glissière de sécurité	Altura barrera					
Profondità d'infissione tirafondo	Depth of anchor bolts penetration	Enschraubtiefe der Verankerungen	Profondeur de vissage des ancrages	Profundidad de anclaje varilla roscada					
Ingombro trasversale	Overall width	Gesamtbreite	Grosseur hors tout	Anchura total					
Interasse pali	Post spacing	Stäherabstand	Distance entre poteaux	Distancia entre postes					
					1200 mm				
					225 mm				
					325 mm				
					2250 mm				

Rapporti di prova Crash test reports, Testberichte, Comptes rendus d'essais, Relaciones de pruebas									
Test n.	Facility	Test	Type	Barrier length m	Mass kg	Speed km/h	ASI max 1.4	THIV max 33 km/h	D m
PROVA 2243	ASICO	TB51	Laterale 20°	58,5	13000	70	0,9	1,7=V5	1,2=W4
PROVA 2244	ASICO	TB11	Laterale 20°	58,5	900	100	1,2 B	32	0,4=W1

H2-W4

3-waves 2021

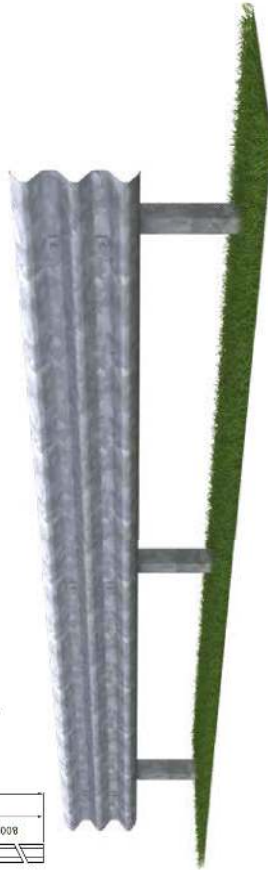
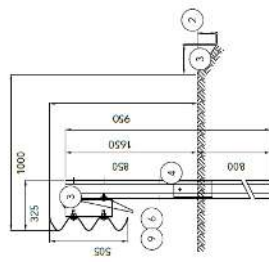
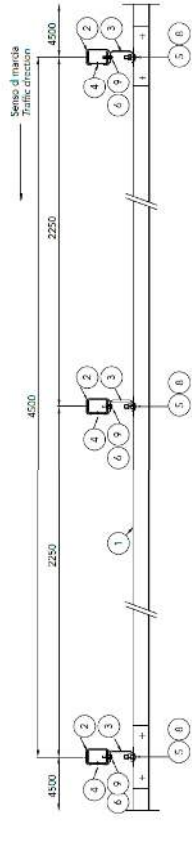


Componenti Components, Bauteile, Composants, Elementos

Descrizione - barriera in acciaio zincato		Description - galvannead steel barrier		Materiale Material	
11	Piatto di collegamento	Connection plate	Plaque de connexion	120x360 Th=6 mm	S 235 JR
10	Bandella superiore	Upper shaped plate	Obere Bandstahl	140x440 Th=5 mm	S 355 JR
9	Tirafondo + dadi + 1 rondella	Anchor bolt + nuts + 1 washer	Verbundankerschraube + Mutter + 1 Unterlegscheibe	M24x315 mm	Classe 8.8
8	Bullone completo	Bolt with nut and washer	Schraube komplett	M10x40 mm	Classe 6.8
7	Bullone completo	Bolt with nut and washer	Schraube komplett	M16x50 mm	Classe 8.8
6	Bullone completo	Bolt with nut and washer	Schraube komplett	M16x30 mm	Classe 8.8
5	Plastrina M10	Plate	Plättchen	100x40 Th=4 mm	S 275 JR
4	Plastrina copriacola	Slot covering plate	Lochabdeckplatte	100x40 Th=4 mm	S 275 JR
3	Distanziatore "U"	U-Spacer	U-Abstandhalter	120x55 Th=5 mm L=300 mm	S 275 JR
2	Palo con piastra	Rectangular tube post with base plate	Rechteckrohr mit Grundplatte	120x80x30 Th=5 mm L=1200 mm	S 275 JR
1	Fascia 3 onde	3-waves beam	3-wellige Längschiene	L=4816 (2250x2) Th=2,5 mm	S 355 JR
Descrizione - barriera in acciaio corten		Description - corten steel barrier		Materiale Material	
11	Piatto di collegamento	Connection plate	Plaque de connexion	120x360 Th=6 mm	S 355 J0WP
10	Bandella superiore	Upper shaped plate	Obere Bandstahl	140x440 Th=5 mm	S 355 J0WP
9	Tirafondo + dadi + 1 rondella	Anchor bolt + nuts + 1 washer	Verbundankerschraube + Mutter + 1 Unterlegscheibe	M24x315 mm	Classe 8.8
8	Bullone completo	Bolt with nut and washer	Schraube komplett	M10x40 mm	Tropicaliz.
7	Bullone completo	Bolt with nut and washer	Schraube komplett	M16x50 mm	Tropicaliz.
6	Bullone completo	Bolt with nut and washer	Schraube komplett	M16x30 mm	Tropicaliz.
5	Plastrina M10	Plate	Plättchen	100x40 Th=4 mm	S 355 J0WP
4	Plastrina copriacola	Slot covering plate	Lochabdeckplatte	100x40 Th=4 mm	S 355 J0WP
3	Distanziatore "U"	U-Spacer	U-Abstandhalter	120x55 Th=5 mm L=300 mm	S 355 J0WP
2	Palo con piastra	Rectangular tube post with base plate	Rechteckrohr mit Grundplatte	120x80x30 Th=5 mm L=1200 mm	S 355 J0WP
1	Fascia 3 onde	3-waves beam	3-wellige Längschiene	L=4816 (2250x2) Th=2,5 mm	S 355 J0WP

CLASSE H2 BORDO LATERALE - BARRIERA 3 ONDE SINGOLA SU RILEVATO W4 CON ARGINELLO

Class H2 Roadside - 3-waves single sided guardrail W4, on shoulder
Gerannte 3 Wellen Leitplanke, Aufhaltestütze H2, Wirkungskereich W4, auf dem Bankett
Classe H2 Bord latéral - Glissière 3 ondes simple sur remblai W4, avec terre-plein
Clase H2 Borde lateral - Barrera de triple onda simple sobre vase terreno W4, con terraplén



Caratteristiche, Eigenschaften, Caractéristiques, Características

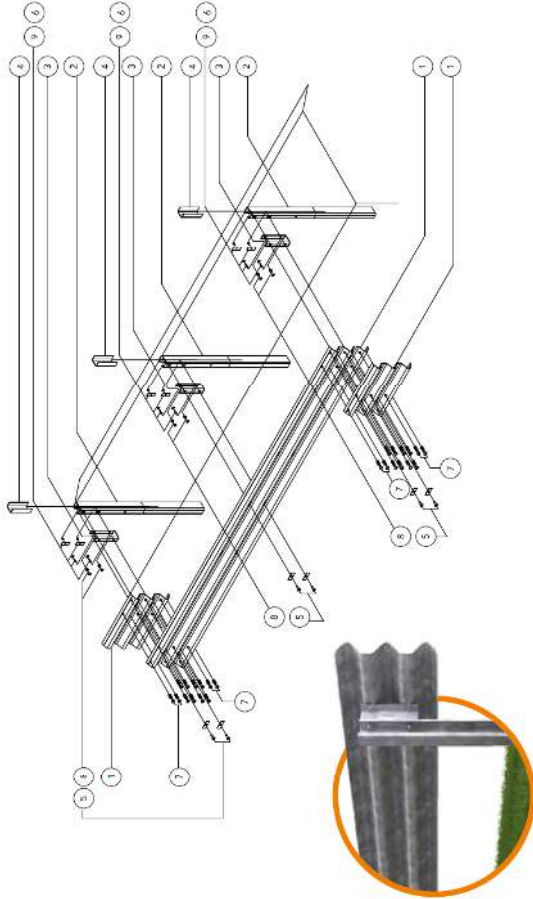
Altezza fuori terra	Height above ground level, Höhe über Grundboden, Hauteur hors sol, Altura sobre el suelo	950 mm
Profondità d'infissione	Depth of penetration, Rammtiefe, Profondeur de piling du poteau, Longitud hincada	800 mm
Ingombro trasversale	Overall width, Gesamtbreite, Grosseur hors-pout, Anchura total	325 mm
Interasse pali	Post spacing, Stahlerbsstand, Distancia entre postes	2250 mm

Rapporti di prova Crash test reports, Testberichte, Comptes rendus d'essais, Relaciones de pruebas

Test n.	Facility	Test	Type	Barrier length MTL	Mass kg	Speed km/h	ASI max 1.4	THIV max 33 km/h	D m	Vj m	W m
PROVA 1988	AISICO	TB51	Laterale 20°	63.00	13000	70	-	-	1.2	1.3-V14	1.3-W4
PROVA 1996	AISICO	TB11	Laterale 20°	63.00	900	100	1-A	31	0.4	-	0.7-W2

H2-W4

NEW 3-waves



Componenti Components, Bauteile, Composants, Elementos

	Descrizione - barriera in acciaio zincato	Description - galvanized steel barrier	Materiale Material
9	Bullone completo Bolt with nut and washer, Schraube komplett, Boulon complet Tornillo completo con tuercia y arandela		M10x40 mm Classe 6.8
8			M16x50 mm Classe 8.8
7			M16x30 mm Classe 8.8
6	Plastrina Placa, Plättchen, Plaque, Platin		M10 100x40 Th=4 mm S 275 JR
5	Plastrina coprisola Slot covering plate, Lochabdeckplatte, Plaque de couverture fente, Placa cubre-arcua		100x40 Th=4 mm S 275 JR
4	Elemento a "U" "U" Element, Element "U", Element "U", Element "U"		104x65 Th=5 L=250 mm S 275 JR
3	Distanziatore "U" U-Spacer, U-Abstandhalter, Entretoise U, Separador "U"		120x55 Th=5 L=300 mm S 275 JR
2	Palo "C" C-post, C-Stohe, poteau en C, Poste "C"		120x80x30 Th=5 L=1650 mm S 355 JR
1	Fascia 3N 3N beam, 3N Leibschiene, Glissière 3N, Banda 3N		L=4816 Th=2.5 mm Materiale Material
9	Bullone completo Bolt with nut and washer, Schraube komplett, Boulon complet Tornillo completo con tuercia y arandela	Descrizione - barriera in acciaio corten	Description - corten steel barrier
8			M10x40 mm Tropicaliz.
7			M16x50 mm Tropicaliz.
6	Plastrina Placa, Plättchen, Plaque, Platin		M10 100x40 Th=4 mm S 355 JOWP
5	Plastrina coprisola Slot covering plate, Lochabdeckplatte, Plaque de couverture fente, Placa cubre-arcua		100x40 Th=4 mm S 355 JOWP
4	Elemento a "U" "U" Element, Element "U", Element "U", Element "U"		104x65 Th=5 L=250 mm S 355 JOWP
3	Distanziatore "U" U-Spacer, U-Abstandhalter, Entretoise U, Separador "U"		120x55 Th=5 L=300 mm S 355 JOWP
2	Palo "C" C-post, C-Stohe, poteau en C, Poste "C"		120x80x30 Th=5 L=1650 mm S 355 JOWP
1	Fascia 3N 3N beam, 3N Leibschiene, Glissière 3N, Banda 3N		L=4816 Th=2.50 mm S 355 JOWP

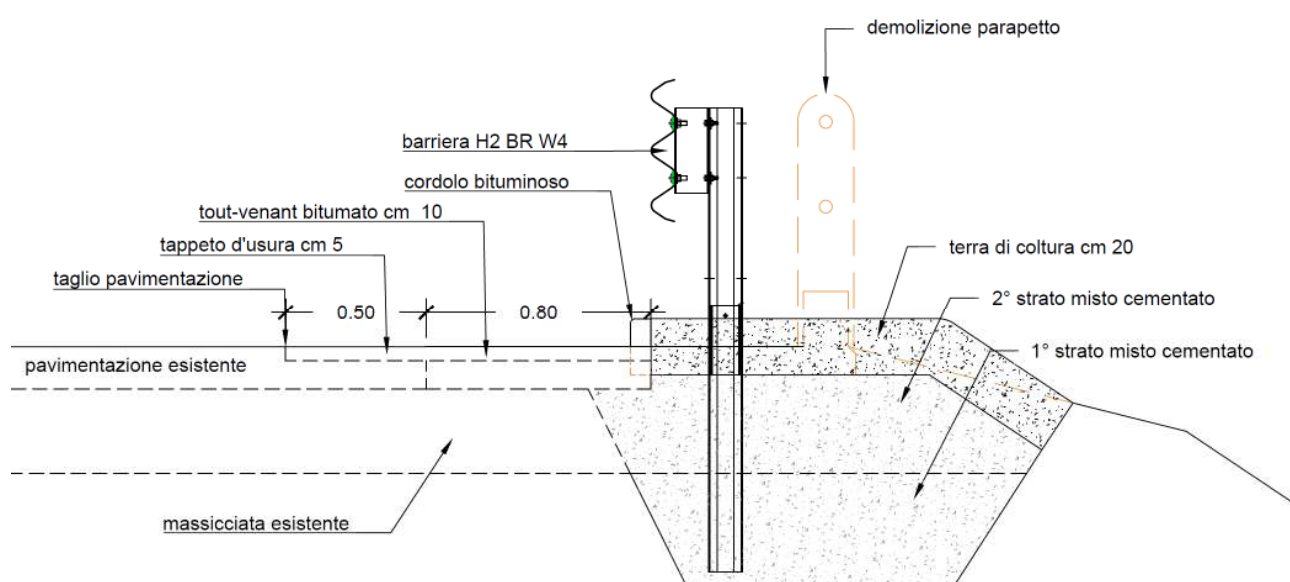
Di seguito si riportano i dettagli delle scelte progettuali:

1) **Barriere tipo bordo laterale (BL):**

- Scelta di utilizzare barriere stradali di classe H2 anziché la minima da Norma H1 è stata dettata da motivi di sicurezza privilegiando il contenimento dei veicoli in caso di svio in considerazione della tortuosità del tracciato, della presenza di forte umidità che rende la pavimentazione scivolosa soprattutto nei mesi freddi. Oltre a ciò considerato che i tratti di barriera bordo rilevato risultano minimi rispetto alla preponderanza dell'installazione di progetto di barriera H2 bordo opera si è considerato l'uso di barriere H2 BL per evitare transizioni e contenere le lunghezze di stesa al minimo nel rispetto della lunghezza minima di funzionamento pari a 63 m;
- compatibilità funzionale con la barriera bordo opera su cordolo per classe di contenimento, geometrie elementi costituenti e caratteristiche prestazionali.

In relazione alla tipologia del dispositivo di ritenuta scelto, occorre verificare la compatibilità del livello di larghezza operativa rispetto alle geometrie e condizioni di posa previste dal progetto.

In particolare per le barriere bordo laterale è prevista la riqualifica dell'arginello esistente secondo le seguenti modalità:

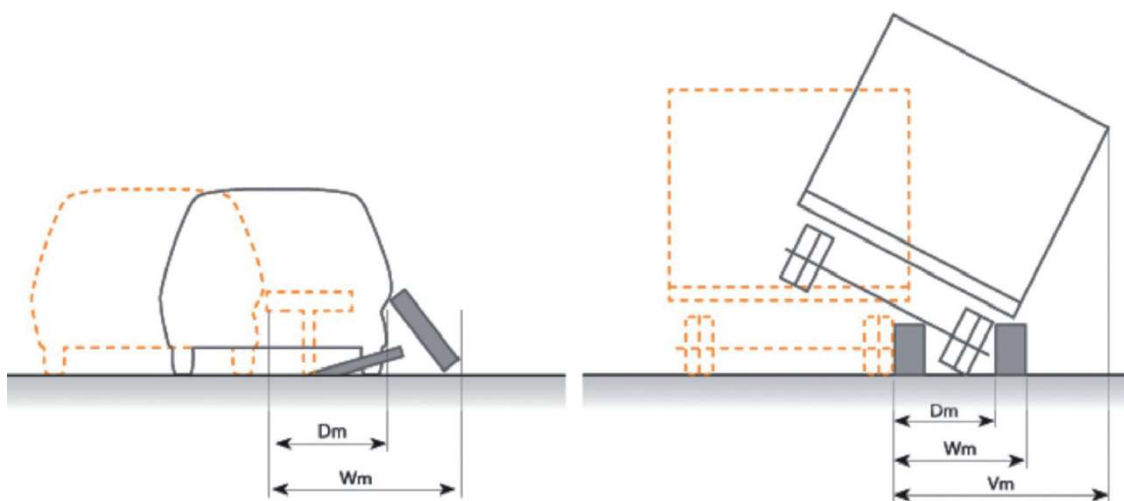


Pertanto la verifica risulta soddisfatta $D = 1,20 < 1,25$ cm (dim. arginello)

CLASSI CON LARGHEZZA OPERATIVA NORMALIZZATA	LIVELLI DI LARGHEZZA OPERATIVA NORMALIZZATA
W1	$W_N \leq 0,6 \text{ M}$
W2	$W_N \leq 0,8 \text{ M}$
W3	$W_N \leq 1,0 \text{ M}$
W4	$W_N \leq 1,3 \text{ M}$
W5	$W_N \leq 1,7 \text{ M}$
W6	$W_N \leq 2,1 \text{ M}$
W7	$W_N \leq 2,5 \text{ M}$
W8	$W_N \leq 3,5 \text{ M}$

CLASSI DI INTRUSIONE VEICOLO NORMALIZZATI	LIVELLI DI INTRUSIONE VEICOLO NORMALIZZATI
VI1	$VI_N \leq 0,6 \text{ M}$
VI2	$VI_N \leq 0,8 \text{ M}$
VI3	$VI_N \leq 1,0 \text{ M}$
VI4	$VI_N \leq 1,3 \text{ M}$
VI5	$VI_N \leq 1,7 \text{ M}$
VI6	$VI_N \leq 2,1 \text{ M}$
VI7	$VI_N \leq 2,5 \text{ M}$
VI8	$VI_N \leq 3,5 \text{ M}$
VI9	$VI_N > 3,5 \text{ M}$

Livelli di larghezza operativa e di intrusione normalizzata



Schema misura parametri geometrici D, W e Vi

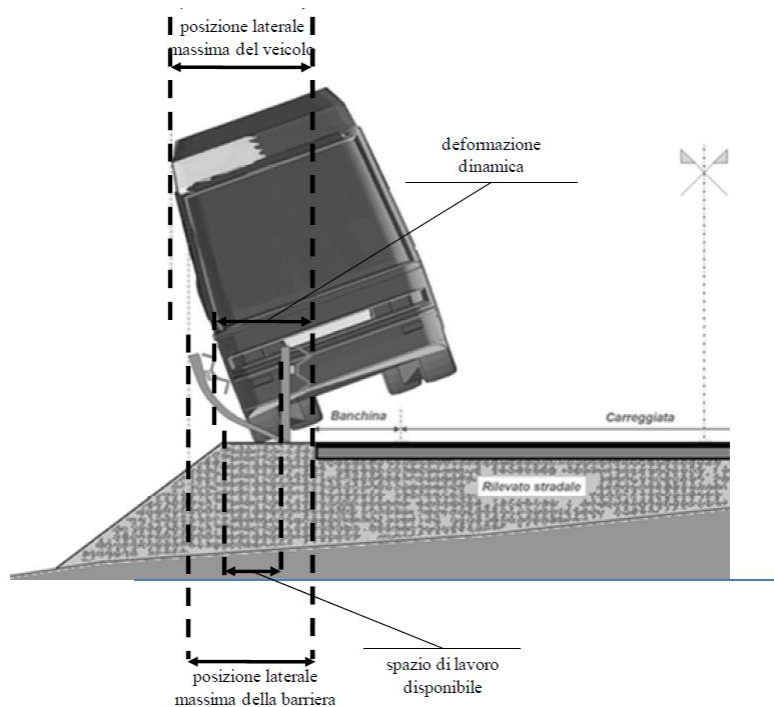


Illustrazione spazio di lavoro

Posa in opera

La posa in opera della barriera di sicurezza stradale bordo laterale scelta dovrà avvenire su terreni con caratteristiche meccaniche conformi ai relativi rapporti prova d'urto (crash test) mediante infissione con battipalo a raso, secondo lo schema riportato nel manuale di installazione e nel rispetto dello spazio disponibile di deformazione sopra determinato.

In considerazione della eventuale presenza di massi, sottoservizi interrati e/o ostacoli in sede di installazione potranno essere adattate le posizioni dei montanti mantenendo le stesse prestazioni del dispositivo testato ai sensi del punto 7 della Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti n. 62032 del 21/07/2010.

Transizioni:

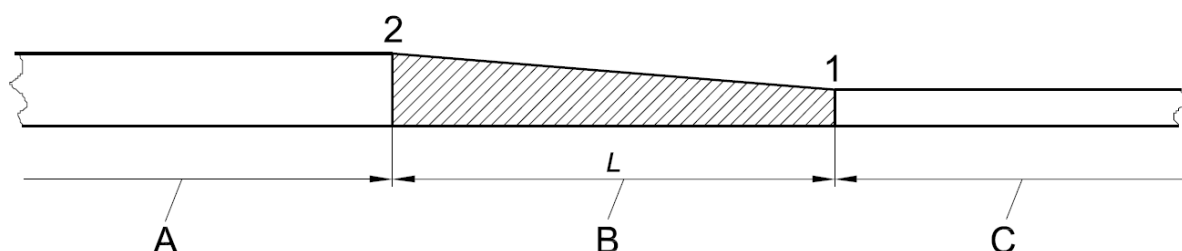
Per transizione tra due barriere ai sensi della Norma 1317-4 si intende l'elemento di interfaccia che collega due barriere presenti in un contenimento continuo aventi diversa sezione trasversale e/o diversa rigidità laterale che dovrà essere sottoposto a prefissate prove di urto.

Lo scopo delle transizioni è di fornire un cambiamento graduale dalla prima alla seconda barriera al fine di prevenire i pericoli connessi a una variazione improvvisa. Una transizione è progettata per collegare due barriere specificate, la lunghezza di una transizione è la distanza tra le estremità delle due barriere collegate dalla transizione secondo il seguente schema:

Lunghezza di una Transizione

Legenda

- A Barriera B
- B Transizione
- C Barriera A



Attualmente non risultano disponibili prodotti, secondo la EN 1317-4, che permettono di effettuare il collegamento tra barriere diverse, in tutti i possibili casi che possono presentarsi.

Per il collegamento delle barriere sono state predisposte soluzioni specifiche, riportate negli elaborati progettuali, progettate senza che queste vengano sottoposte a prova di crash o simulazioni in quanto la differenza tra le barriere da collegare non è maggiore di

uno o due livelli di contenimento e verificate secondo i requisiti di carattere geometrico e funzionale riferiti al documento “prCEN/TR Transition: 2020.13”, Road restrain system – Assesment methods and design guidelines for transitions, terminal and crash cushion connection – transitions – transitions”, ed. marzo 2021.

Dall'analisi dei componenti costituenti la barriera analizzata, le verifiche dei requisiti sono state condotte principalmente sugli “elementi longitudinali resistenti”, che nella fattispecie riguardano:

A. lama tripla onda per transizione barriera H2 BL W4 e H2 BP W4

Secondo lo standard di riferimento, le connessioni-transizioni tra barriere possono essere validate attraverso la rispondenza a specifiche “regole di progettazione”.

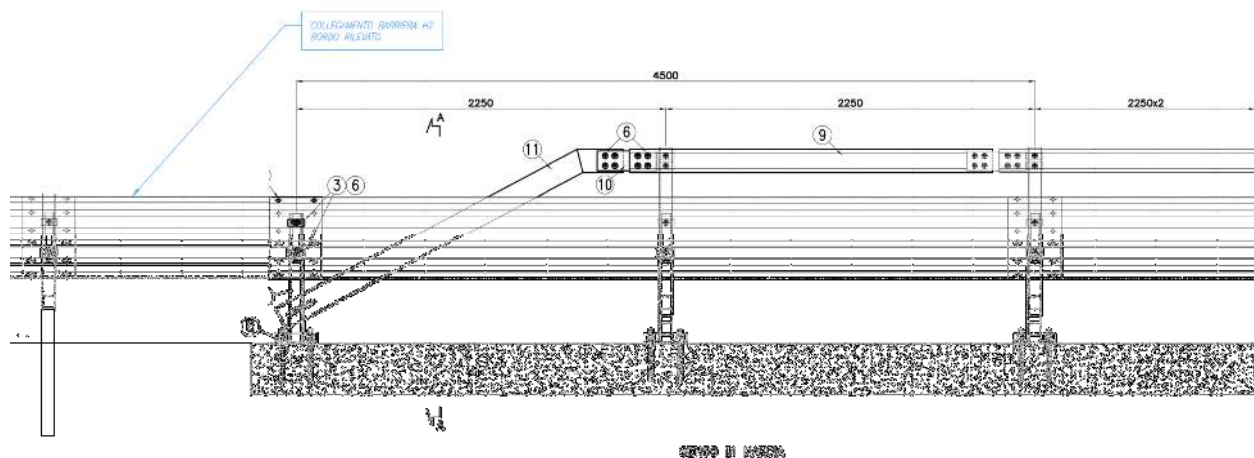
Di seguito, si elencano i requisiti ai quali risponderanno le transizioni di progetto:

- a) Tutti i principali elementi longitudinali della barriera devono essere connessi ai terminali tramite la connessione-transizione;
- b) La resistenza assiale di ogni connessione-transizione non deve essere inferiore a quella dell'elemento longitudinale più significativo della barriera;
- c) La connessione-transizione e la barriera devono essere in grado di sopportare la forza assiale del terminale a seguito d'impatto;
- d) Per tutta la lunghezza della connessione-transizione, l'altezza del profilo degli elementi longitudinali può variare in maniera continua, ma non devono venirsi a creare step e con inclinazioni limitate.
- e) Per tutta la lunghezza della connessione-transizione, la posizione laterale degli elementi longitudinali rispetto il lato stradale, può variare in maniera continua, ma non devono venirsi a creare step e con variazioni angolari limitate.
- f) Per tutta la lunghezza della connessione-transizione, la deflessione stimata a seguito di impatto deve variare gradualmente.

Nel caso specifico la transizione tra le barriere avverrà:

- a) L'elemento longitudinale principale da collegare è rappresentato dalla lama tripla onda della barriera che sarà collegata in continuità con la barriera H2 BP;
- b) Per la realizzazione della transizione verrà utilizzato il profilo della lama tripla onda, quindi la resistenza assiale è inalterata.
- c) La variazione di altezza dei profili utilizzati avviene nel tratto di lama di 4,50 m, partendo dalla barriera H2 BL h = 95 cm al punto di connessione alla barriera H2 BP di altezza 90 cm, il che equivale ad una variazione di circa 1,11 %. Il corrente

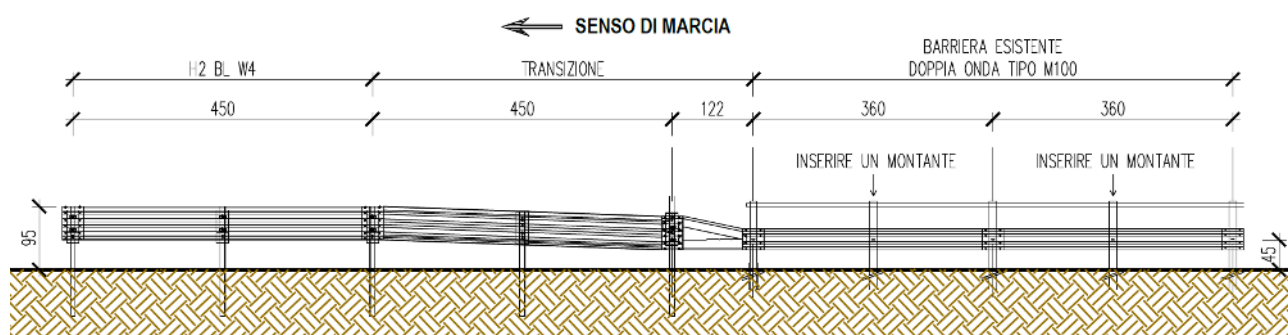
superiore della H2 BP sarà installato secondo il dettaglio costruttivo del produttore per l'elemento di fine tratta/inizio tratta. Tale variazione non comporta alcune formazioni di gradini pericolosi ed rientra all'interno dei limiti progettuali;



- d) La variazione angolare dei profili utilizzati rispetto al lato della strada è nulla e non comporta alcune formazioni di gradini pericolosi ed rientra all'interno dei limiti progettuali.

B. Transizione barriera H2 BL W4 e barriera esistente fascia due onde

Dall'analisi dei componenti costituenti la barriera analizzata, le verifiche dei requisiti sono state condotte principalmente sugli "elementi longitudinali resistenti", che nella fattispecie riguardano lama tripla onda barriera H2 BL di progetto e lama a doppia onda e corrente superiore per la barriera BL esistente. Per tale transizione le barriere è previsto l'inserimento di elemento speciale trapezoidale di raccordo tra le fasce longitudinali.



Secondo lo standard di riferimento, le connessioni-transizioni tra barriere e terminali possono essere validate attraverso la rispondenza a specifiche "regole di progettazione". In particolare è ammesso che nel caso di terminali speciali, essi vengono collegati con due diverse transizioni/connessioni alle barriere bordo laterale.

Di seguito, si elencano i requisiti ai quali risponderanno le transizioni di progetto:

- g) Tutti i principali elementi longitudinali della barriera devono essere connessi ai terminali tramite la connessione-transizione;
- h) La resistenza assiale di ogni connessione-transizione non deve essere inferiore a quella dell'elemento longitudinale più significativo della barriera;
- i) La connessione-transizione e la barriera devono essere in grado di sopportare la forza assiale del terminale a seguito d'impatto;
- j) Per tutta la lunghezza della connessione-transizione, l'altezza del profilo degli elementi longitudinali può variare in maniera continua, ma non devono venirsi a creare step e con inclinazioni limitate.
- k) Per tutta la lunghezza della connessione-transizione, la posizione laterale degli elementi longitudinali rispetto il lato stradale, può variare in maniera continua, ma non devono venirsi a creare step e con variazioni angolari limitate.
- l) Per tutta la lunghezza della connessione-transizione, la deflessione stimata a seguito di impatto deve variare gradualmente.

L'assessment delle transizioni-conessioni, secondo la prCEN/TR Transition: 2020.13, fornisce delle regole di progettazioni che permettono di validare la bontà dei collegamenti realizzati tra dispositivi di sicurezza passiva di entità differente, come nel caso analizzato in questa relazione tra terminale speciale e barriere bordo laterale.

La rispondenza ai requisiti è stata esplicitata per la tipologia di transizione prevista ed ai dispositivi coinvolti nel collegamento.

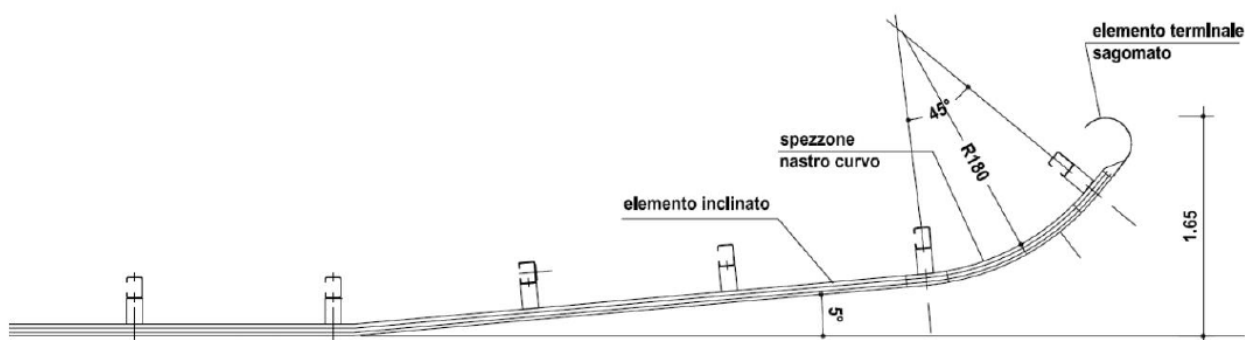
Si può concludere che la transizione adottata supera i requisiti di progettazione previsti dallo standard prCEN/TR Transition: 2020.13.

Giunti di dilatazione

In considerazione della installazione su manufatti da ponte risulta necessario dotare i tratti di barriera di giunti di dilatazione.

Terminali

In corrispondenza dei tratti terminali di inizio e fine tratta, ai sensi del punto 8 della Circolare n. 62032 del 21/07/2010 e del punto 3.A.11 dell'Allegato 2 della D.G.R. n.8/3219 del 27/09/2006, è prevista l'installazione di terminali di inizio tratta semplici come indicato nella planimetria di progetto, secondo il seguente schema:

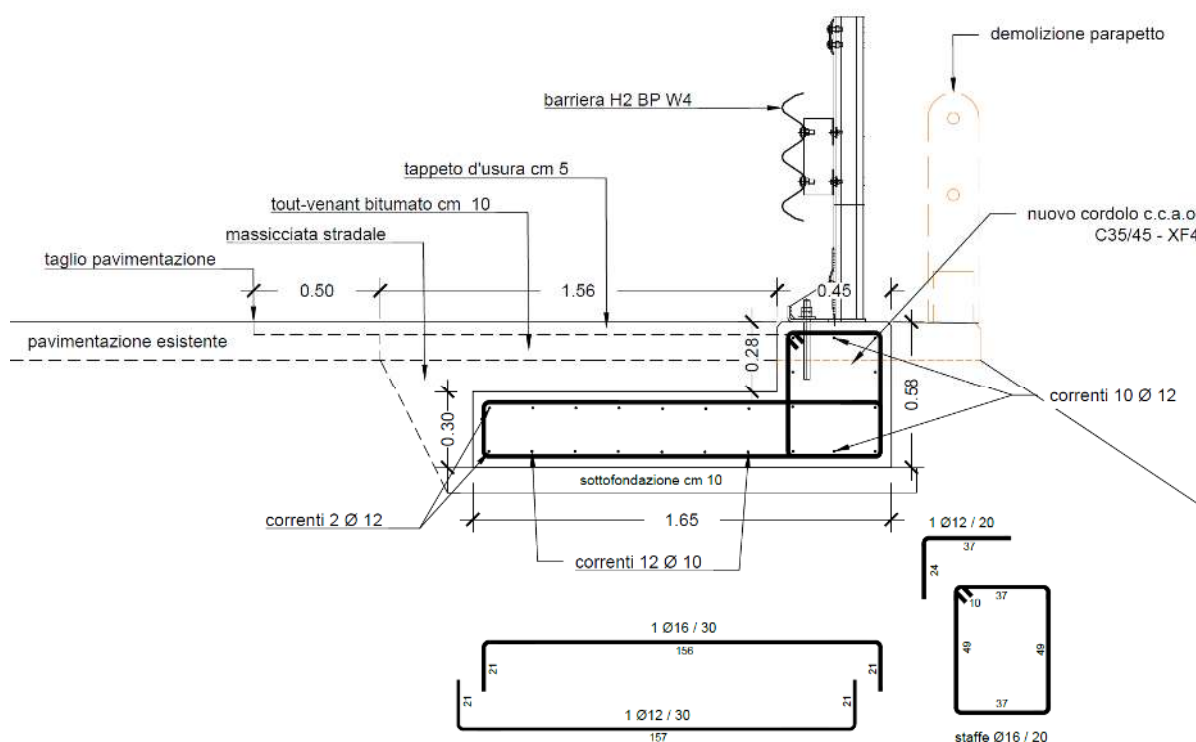


Ad installazione eseguita dovrà essere prodotto il “**certificato di corretta posa in opera**” delle barriere di sicurezza stradale” redatto ai sensi dell’art. 5 del D.M. n. 2367 del 21/06/2004 e s.m.i. completo di tutti i seguenti allegati obbligatori per tutte la tipologia di barriere installata.

2) Barriere tipo bordo opera (BP):

In corrispondenza dei tratti di rilevato sprovvisti dell’arginello di dimensioni idonee si è optato per l’installazione di barriera tipo H2 BP su cordolo appoggiato su rilevato.

Di seguito si riporta la relazione di calcolo del cordolo di fondazione.



Descrizione della struttura e criteri di calcolo

La presente relazione di calcolo riguarda la progettazione e la verifica delle opere strutturali di progetto del cordolo di fondazione della barriera H2 BP scelta.

Le opere consistono nella realizzazione di una barriera stradale ancorata ad un cordolo di fondazione in calcestruzzo armato con sezione trasversale di 45 cm di larghezza.

I montanti della barriera sono posti ad interasse di 2,25 m.

Per il calcolo e la verifica degli elementi strutturali si adotta il metodo semiprobabilistico agli stati limite.

Riferimenti normativi

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

- D.M. 17/01/2018 - “Aggiornamento della Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018”;
- Circolare 21/01/2019 - “Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018”.

Relazione sui materiali impiegati

In riferimento a quanto previsto dal paragrafo 11.3.4 del D.M. 17 gennaio 2018 i materiali usati per la realizzazione della struttura in oggetto hanno le seguenti caratteristiche meccaniche:

- Calcestruzzo C35/45 per cordolo e fondazione
- Acciaio per cemento armato tipo B450C

Analisi dei carichi e combinazioni di carico

Le azioni agenti sulla struttura sono determinate:

- Combinazione agli Stati Limite Ultimi S.L.U. per azioni eccezionali

$$F_d = G_{k1} + G_{k2} + A_d$$

Dove:

G_{k1} = valore caratteristico dei carichi permanenti

G_{k2} = valore caratteristico dei carichi permanenti non strutturali

A_d = valore caratteristico delle azioni eccezionali

Di seguito si riporta la verifica delle sezioni più sollecitate degli elementi strutturali precedentemente descritti.

Si esegue la verifica allo stato limite in riferimento alla Combinazione Eccezionale con i coefficienti parziali γ_F messi in conto con valore unitario.

Sezione di riferimento è il cordolo di fondazione considerato per uno sviluppo pari a due volte l'interasse dei montanti e due volte la distanza degli ancoraggi dal punto di rotazione, considerando una diffusione del carico a 45°.

Il Momento Ribaltante è fornito dall'azione orizzontale della forza d'urto F_{urto} considerata agente orizzontalmente alla quota h rispetto alla superficie di rotolamento come rappresentato nel seguito.

- $M_{pl,k}$ valore caratteristico della capacità in termini di resistenza a flessione del montante;
- $h^* = h - h_R - h_C$;
- h la quota della forza di urto rispetto alla superficie di rotolamento, valutata come previsto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni e pari anche a $h = h_B + h_C$, dove h_B è l'altezza della forza F_{urto} rispetto all'estradosso del cordolo e h_C è l'altezza del cordolo sulla superficie di rotolamento, non superiore a 50 mm, così come indicato nel manuale di installazione;
- h_R è l'altezza della zona irrigidita del montante in corrispondenza del collegamento di base.

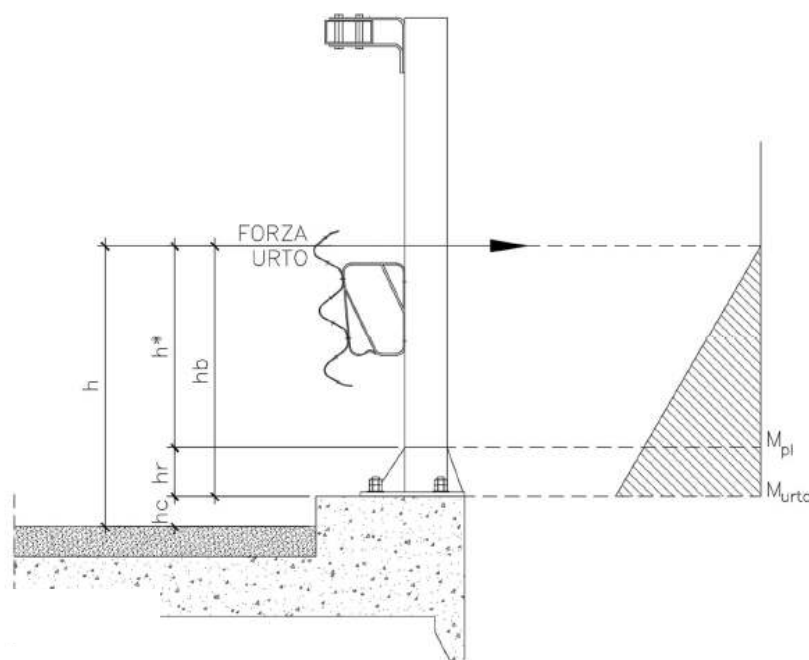


Figura 3.2 – Rappresentazione schematica dell'urto sulla barriera.

Si considerano reagenti tre montanti contemporaneamente della barriera per una lunghezza complessiva di 760 cm.

h	=	100	cm	Prov BS		
hc	=	0	cm			
h _r	=	17	cm			
h*	=	83	cm			
M _{pl,k}	=	W _{pl} * f _{y,k}	=	300.000 daNcm	30	KNm
W _{pl}	=	0	cm ³	C 120x80x30x4 mm in S275JR		
f _{y,k}	=	0	daN/cm ²			

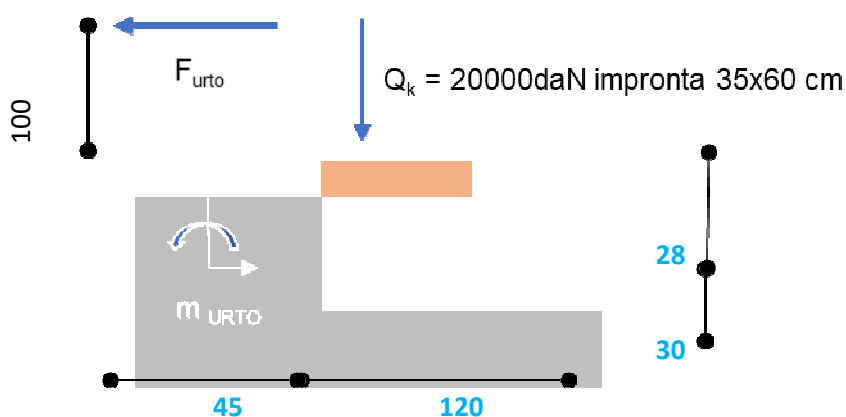
$$F_{urto} = (M_{pl,k}/h^*) \cdot 1,5 = 5.422 \text{ daN} \quad \text{Forza su un montante}$$

La forza dell'urto complessiva è riferita a n.3 paletti:

$$F_{urto,t} = F_{urto} \cdot 3 = 16.265 \text{ daN}$$

Lunghezza cordolo di riferimento:

$$L_{cordolo} = 840 \text{ cm}$$



i	=	Interasse montanti	=	225	cm
$F_{urto, cordolo}$	=	19,36	daN/cm		
m_{urto}	=	2478,49	daNcm/cm		
q_k	=	0,20	daN/cm ²		

Per il terreno in esame, tipo rilevato autostradale classe A1, si assumono i seguenti parametri geologici:

angolo d'attrito	$\phi = 32^\circ$
coesione efficace	$c' = 0 \text{ kg/m}^2$
peso dell'unità di volume	$\gamma = 1.900 \text{ kg/m}^3$

Verifiche

1	Descrizione del software	21
2	Normative di riferimento	21
3	Geometria del muro	22
3.1	Sistema di riferimento	22
3.2	Rappresentazione geometrica, sezione trasversale	22
3.3	Rappresentazione analitica	22
4	Caratteristiche dei terreni	23
5	Geometria degli strati	23
6	Geometria dei carichi	24
6.1	Carichi uniformi	24
7	Metodi di calcolo delle azioni e delle verifiche	24
7.1	Descrizione della normativa sismica	24
7.2	Descrizione del metodo di calcolo delle spinte	24
7.3	Descrizione del metodo di calcolo della portanza	25
8	Distribuzioni di spinte e pressioni	26
8.1	Coefficienti di spinta	26
8.2	Pressioni	27
8.2.1	Pressioni sul paramento a monte in combinazione EQU-1	27
8.2.2	Pressioni sul paramento a monte in combinazione EQU-2	27
8.2.3	Pressioni sul paramento a monte in combinazione EQU-3	28
8.2.4	Pressioni sul paramento a monte in combinazione STR-1	28
8.2.5	Pressioni sul paramento a monte in combinazione STR-2	28
8.2.6	Pressioni sul paramento a monte in combinazione STR-3	28
8.2.7	Pressioni sul paramento a monte in combinazione STR-4	28
8.2.8	Pressioni sul paramento a monte in combinazione GEO-1	29
8.2.9	Pressioni sul paramento a monte in combinazione GEO-2	29
8.2.10	Pressioni sul paramento a monte in combinazione SLE-1	29
8.2.11	Pressioni sul paramento a monte in combinazione SLE-2	29
8.2.12	Pressioni sul paramento a valle in combinazione EQU-1	29
8.2.13	Pressioni sul paramento a valle in combinazione EQU-2	30
8.2.14	Pressioni sul paramento a valle in combinazione EQU-3	30
8.2.15	Pressioni sul paramento a valle in combinazione STR-1	30
8.2.16	Pressioni sul paramento a valle in combinazione STR-2	30
8.2.17	Pressioni sul paramento a valle in combinazione STR-3	31
8.2.18	Pressioni sul paramento a valle in combinazione STR-4	31
8.2.19	Pressioni sul paramento a valle in combinazione GEO-1	31
8.2.20	Pressioni sul paramento a valle in combinazione GEO-2	31
8.2.21	Pressioni sul paramento a valle in combinazione SLE-1	31
8.2.22	Pressioni sul paramento a valle in combinazione SLE-2	32
9	Risultante delle azioni agenti sul muro	32
9.1	Combinazioni di calcolo	32
9.1.1	Combinazione di carico EQU-1	32
9.1.2	Combinazione di carico EQU-2	32
9.1.3	Combinazione di carico EQU-3	33
9.1.4	Combinazione di carico STR-1	33
9.1.5	Combinazione di carico STR-2	33
9.1.6	Combinazione di carico STR-3	33
9.1.7	Combinazione di carico STR-4	33
10	Verifiche di stabilità locale	34
10.1	Tensioni trasmesse sul terreno	34
10.2	Verifica allo scorrimento sul piano di posa	34
10.3	Verifica a ribaltamento	34
10.4	Verifica di collasso per carico limite del complesso fondazione-terreno	34
11	Verifica di stabilità globale dell'opera sul pendio	35
12	Parametri per dimensionamento armatura	35
13	Sollecitazioni e verifiche strutturali	35

1 Descrizione del software

Si tratta di un programma di calcolo strutturale dedicato al progetto e verifica di Opere di Sostegno in cemento armato e a gravità. Il programma permette il calcolo delle spinte nelle diverse combinazioni di calcolo analizzate, l'esecuzione di verifiche di stabilità locale e globale di natura geotecnica, la progettazione delle parti in cemento armato e la verifica di resistenza strutturale. Nella determinazione delle sollecitazioni strutturali può utilizzare un proprio solutore agli elementi finiti tridimensionale fornito col pacchetto. Nella relazione di calcolo vengono riportati i dati di input, le combinazioni di calcolo adottate, le pressioni e le spinte trovate, nonché i risultati delle verifiche geotecniche e strutturali. Vengono anche prodotte le tavole con i prospetti e le distinte di armatura, ed il computo metrico delle principali grandezze.

SPECIFICHE TECNICHE

Denominazione del software: WallCAD 7

Produttore del software: Concrete

Concrete srl, via della Pieve, 15, 35121 PADOVA - Italy

<http://www.concrete.it>

Rivenditore: CONCRETE SRL - Via della Pieve 19 - 35121 Padova - tel.049-8754720

Versione: 7.29

Identificatore licenza: WP-4126629

Versione regolarmente licenziata

SCHEMATIZZAZIONE STRUTTURALE E CRITERI DI CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI

Il programma permette il calcolo della spinta delle terre mediante metodi propri dell'Equilibrio limite e la valutazione della stabilità globale con metodi propri della stabilità dei pendii; le azioni sismiche vengono valutate mediante un approccio pseudo-statico, in accordo alle varie normative adottate. Le spinte vengono pensate agenti su un tratto di lunghezza unitaria di un muro di lunghezza indefinita, con sezione che resta quindi in stato piano di deformazione; nel caso di elementi discontinui con lo sviluppo del muro (come pali, tiranti, contrafforti, carichi puntuali) viene invece creato un modello 3D ad elementi finiti, di lunghezza e condizioni di vincolo alle estremità deciso dal progettista. In quest'ultimo caso le sollecitazioni sono calcolate dal modello numerico per integrazione nel tratto di verifica. La reazione del suolo è quella teorica di fondazione rigida su suolo elastico non reagente al sollevamento; nel caso di studio con modello fem il suolo è modellato mediante un numero elevato di molle elastoplastiche verticali, non reagenti al sollevamento; in direzione orizzontale sono altresì presenti molle elastiche di modulo di reazione proporzionale al verticale. I pali sono modellati suddividendo l'asta in più aste immerse nei terreni della stratigrafia definita. Nei nodi di divisione tra le aste vengono inserite molle assialsimmetriche elastoplastiche precaricate dalla spinta a riposo che hanno come pressione limite minima la spinta attiva e come pressione limite massima la spinta passiva modificabile attraverso opportuni coefficienti. I tiranti sono modellati mediante molle elastoplastiche di rigidità equivalente al sistema terreno/tratto libero/tratto ancorato, e di limiti plastici a trazione e compressione assegnati. I carichi possono essere inseriti sia sul muro che sul terreno; in quest'ultimo caso il carico uniforme è trattato come uno strato di spessore equivalente, mentre gli altri tipi di carico (lineare o nastriforme) vengono diffusi in orizzontale e sovrapposti alle restanti azioni.

VERIFICHE DELLE MEMBRATURE IN CEMENTO ARMATO

Nel caso più generale le verifiche degli elementi in c.a. possono essere condotte agli stati limite in accordo al D.M. 17/01/18, al D.M. 14/01/08, al D.M. 09/01/96 o secondo Eurocodice 2, oppure ove consentito col metodo delle tensioni ammissibili (D.M. 14/01/92). Le membrature in c.a. sono verificate a pressoflessione e taglio come piastre non espressamente armate a taglio, i pali sono verificati a pressoflessione, taglio e punzonamento verso la suola; nel caso di micropali si considera la sola resistenza del tubolare in acciaio, verificato secondo Eurocodice 3 in accordo al D.M. 17/01/18 o al D.M. 14/01/08

2 Normative di riferimento

Normative di analisi e verifica:

Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 17.01.2018 (NTC 2018)

Valutazione delle azioni sismiche:

Calcolo condotto per la condizione statica

Verifiche strutturali:

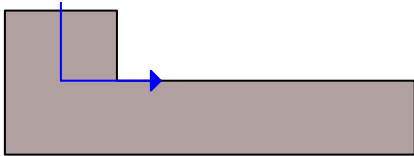
Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 17.01.2018 (NTC 2018) Cap.4

3 Geometria del muro

La descrizione della geometria del muro si avvale di una duplice rappresentazione, una schematica, tramite la sezione trasversale, e l'altra in forma analitica tramite le dimensioni principali degli elementi costituenti.

3.1 Sistema di riferimento

Nella seguente rappresentazione schematica viene rappresentata la posizione e l'orientamento del sistema di riferimento rispetto ai vertici principali della sagoma del muro.



Sistema di riferimento adottato per le coordinate:

Ascisse X (esprese in centimetri) positive verso destra

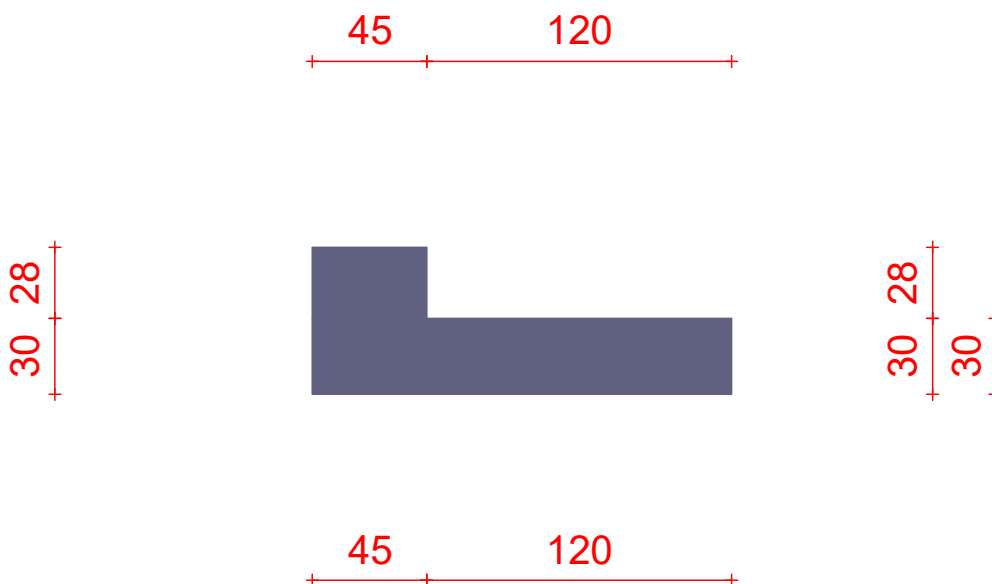
Ordinate Y (esprese in centimetri) positive verso l'alto

Le forze orizzontali sono considerate positive se agenti da sinistra verso destra

Le forze verticali sono considerate positive se agenti dal basso verso l'alto

Tutti i valori in output sono riferiti ad 1 centimetro di muro.

3.2 Rappresentazione geometrica, sezione trasversale



3.3 Rappresentazione analitica

Il muro viene convenzionalmente suddiviso in blocchi principali ed eventuali accessori.

Ingombro globale

Larghezza totale del muro	: 165 cm
Altezza totale del muro	: 58 cm
Peso specifico del muro	: 2500 daN/m ³
Peso specifico delle falde	: 1000 daN/m ³

Paramento

Base inf.	: 45 cm
Base sup.	: 45 cm
Altezza	: 28 cm
Disassamento	: 0 cm

Zoccolo centrale in fondazione

Larghezza	: 45 cm
Altezza a sx	: 30 cm
Altezza a dx	: 30 cm
Sfalsamento	: 0 cm

Mensola destra in fondazione

Larghezza	: 120 cm
Alt.interna	: 30 cm
Alt.esterna	: 30 cm
Disassamento	: 0 cm

4 Caratteristiche dei terreni

Significato dei simboli e unità di misura:

Gsat: Peso specifico saturo del terreno, utilizzato nelle zone immerse (daN/m3)

Gnat: Peso specifico naturale del terreno, utilizzato nelle zone non immerse (daN/m3)

Fi: Angolo di attrito interno del terreno (deg)

C': Coesione drenata del terreno (daN/cm2)

Cnd: Coesione non drenata del terreno (daN/cm2)

Delta: Angolo di attrito all'interfaccia terreno/paramento (deg)

Al: Adesione della coesione all'interfaccia terreno/cis (-)

OCR: Coefficiente di sovraconsolidazione del terreno (-)

Ko: Coefficiente di spinta a riposo del terreno (-)

E: Modulo elastico longitudinale del terreno (daN/cm2)

G: Modulo elastico tangenziale del terreno (daN/cm2)

Perm: Permeabilità del terreno (cm/sec)

N	Denominazione	Gsat	Gnat	Fi	C'	Cnd	Delta	Al	OCR	Ko	E	G	Perm
1	Ghiaia	2150	1950	38,00	0,000	0,000	0,00	1,00	1,00	0,60	900	345	3,30E-03

5 Geometria degli strati

Vengono mostrate in forma tabellare le sequenze di punti che costituiscono le poligonali di separazione degli strati di terreno.

Strato n.1, materiale sottostante: Ghiaia

Progressivo	N.	X [cm]	Y [cm]
1	1	23	28
2	2	1697	28

Strato n.2, materiale sottostante: Ghiaia

Progressivo	N.	X [cm]	Y [cm]
1	3	-1697	0
2	4	-23	0

Strato n.3, materiale sottostante: Ghiaia

Stratigrafia adattata al profilo del muro.

Progressivo	N.	X [cm]	Y [cm]
1	-	-23	-30
2	-	23	-30
3	-	143	-30

6 Geometria dei carichi

Le coordinate e le componenti dei carichi stampate in questo paragrafo sono riferite al sistema di riferimento relativo alla sezione trasversale, dove gli assi X e Y locali coincidono rispettivamente con gli assi X e Z globali. L'asse Y globale si sviluppa nella profondità del muro. Tutte le tipologie di carico, esclusa quella puntuale, hanno componenti e coordinate diverse da zero solo lungo gli assi locali X e Y. Nel caso di carichi puntuali viene indicata anche la posizione in profondità (P), riferita rispetto alla sezione trasversale iniziale dell'intervento e quindi lungo l'asse Y globale.

Carico n.1

Tipo di carico: concentrato

Punto di inserimento:

X (asse X globale): 2 cm

Y (asse Z globale): 0 cm

Condizione: Permanenti

Componente Fx: 0,00 daN/cm

Componente Fy: 0,00 daN/cm

Condizione: Variabili

Componente Fx: -20,08 daN/cm

Componente Fy: 0,00 daN/cm

Carico n.2

Tipo di carico: coppia

Punto di inserimento:

X (asse X globale): 2 cm

Y (asse Z globale): 0 cm

Condizione: Permanenti

Valore: 0,00 daN cm/cm

Condizione: Variabili

Valore: 2570,00 daN cm/cm

6.1 Carichi uniformi

Comp.permanente di carico uniforme a monte

: 0 daN/cm²

Comp.variabale di carico uniforme a monte

: -0.27 daN/cm²

7 Metodi di calcolo delle azioni e delle verifiche

Metodo di calcolo della spinta del terreno

: Mononobe-Okabe

Metodo di calcolo della portanza del terreno

: Terzaghi

Normativa adottata per le verifiche locali
le Costruzioni

: D.M. 17/01/2018 Norme Tecniche per

Non è stata applicata alcuna normativa sismica.

7.1 Descrizione della normativa sismica

7.2 Descrizione del metodo di calcolo delle spinte

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

Le ipotesi che stanno alla base del metodo sono quindi:

1. Terreno isotropo, omogeneo e dotato di attrito e/o coesione.

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

Le spinte Attiva e Passiva si calcolano come:

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

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

ϕ = angolo di attrito interno del terreno.

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

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

δ = angolo di attrito terreno-muro.

θ = angolo di rotazione addizionale definito come segue.

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

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

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

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

Il coefficiente per stati di spinta passiva è invece:

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

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

7.3 Descrizione del metodo di calcolo della portanza

La capacità portante viene valutata attraverso la formula di Terzaghi per la quale risulta

$$Q_{lim} = c \cdot N_c \cdot s_c + q \cdot N_q + \frac{1}{2} \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma$$

dove:

γ = peso di volume dello strato di fondazione;

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

c = coesione dello strato di fondazione;
q = sovraccarico del terreno sovrastante il piano di fondazione;
N_c, N_q, N_γ = fattori di capacità portante;
s_c, s_γ = fattori di forma della fondazione;

Per la teoria di Terzaghi i coefficienti sopra definiti assumono le espressioni che seguono:

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \text{ctg} \phi; \quad N_q = \frac{e^{2 \cdot (0.75 \cdot \pi - \phi/2) \cdot \text{tg} \phi}}{2 \cdot \cos^2 \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right)}; \quad N_\gamma = \frac{\text{tg} \phi}{2} \cdot \left(\frac{K_{p\gamma}}{\cos^2 \phi} - 1 \right)$$

nelle quali si sono considerati i seguenti dati:

φ = angolo di attrito dello strato di fondazione;

K_{py} è un valore empirico che Terzaghi non ha mai definito in modo chiaro. Nel calcolo viene impiegato un valore interpolato linearmente dalla seguente tabella (φ / K_{py}), ricavata da Bowles interpretando i fattori di capacità portante di Terzaghi a ritroso: 0°/10.8; 5°/12.2; 10°/14.7; 15°/18.6; 20°/25; 25°/35; 30°/52; 35°/82; 40°/141; 45°/298; 50°/800;

I fattori di forma s_c ed s_γ valgono 1 per la fondazione nastriforme.

* La formula di Terzaghi non considera gli effetti dell'inclinazione del carico, del piano di posa e del piano campagna.

8 Distribuzioni di spinte e pressioni

8.1 Coefficienti di spinta

Coefficienti di spinta sul paramento a monte							
Strato	Tratto di calcolo				Combinazione		Coefficiente
N.	Xini	Xfin	Yini	Yfin	Index	Nome	K _a
1	23	23	28	0	1	EQU-1	0.24
1	23	23	28	0	2	EQU-2	0.24
1	23	23	28	0	3	EQU-3	0.24
1	23	23	28	0	4	STR-1	0.24
1	23	23	28	0	5	STR-2	0.24
1	23	23	28	0	6	STR-3	0.24
1	23	23	28	0	7	STR-4	0.24
1	23	23	28	0	8	GEO-1	0.31
1	23	23	28	0	9	GEO-2	0.31
1	23	23	28	0	10	SLE-1	0.24
1	23	23	28	0	11	SLE-2	0.24

Coefficienti di spinta sul paramento a valle							
Strato	Tratto di calcolo				Combinazione		Coefficiente
N.	Xini	Xfin	Yini	Yfin	Index	Nome	K _p
1	23	23	0	-30	1	EQU-1	4.2
1	23	23	0	-30	2	EQU-2	4.2
1	23	23	0	-30	3	EQU-3	4.2
1	23	23	0	-30	4	STR-1	4.2
1	23	23	0	-30	5	STR-2	4.2
1	23	23	0	-30	6	STR-3	4.2
1	23	23	0	-30	7	STR-4	4.2
1	23	23	0	-30	8	GEO-1	3.26
1	23	23	0	-30	9	GEO-2	3.26
1	23	23	0	-30	10	SLE-1	4.2
1	23	23	0	-30	11	SLE-2	4.2


Coefficienti di spinta sul filo mensola a monte							
Strato	Tratto di calcolo				Combinazione		Coefficiente
N.	Xini	Xfin	Yini	Yfin	Index	Nome	K _a
1	143	143	28	-30	1	EQU-1	0.24
1	143	143	28	-30	2	EQU-2	0.24
1	143	143	28	-30	3	EQU-3	0.24
1	143	143	28	-30	4	STR-1	0.24
1	143	143	28	-30	5	STR-2	0.24
1	143	143	28	-30	6	STR-3	0.24
1	143	143	28	-30	7	STR-4	0.24
1	143	143	28	-30	8	GEO-1	0.31
1	143	143	28	-30	9	GEO-2	0.31
1	143	143	28	-30	10	SLE-1	0.24
1	143	143	28	-30	11	SLE-2	0.24

Coefficienti di spinta sul filo mensola a valle							
Strato	Tratto di calcolo				Combinazione		Coefficiente
N.	Xini	Xfin	Yini	Yfin	Index	Nome	K _p
1	23	23	0	-30	1	EQU-1	4.2
1	23	23	0	-30	2	EQU-2	4.2
1	23	23	0	-30	3	EQU-3	4.2
1	23	23	0	-30	4	STR-1	4.2
1	23	23	0	-30	5	STR-2	4.2
1	23	23	0	-30	6	STR-3	4.2
1	23	23	0	-30	7	STR-4	4.2
1	23	23	0	-30	8	GEO-1	3.26
1	23	23	0	-30	9	GEO-2	3.26
1	23	23	0	-30	10	SLE-1	4.2
1	23	23	0	-30	11	SLE-2	4.2

8.2 Pressioni

Le distribuzioni delle pressioni esercitate dai terreni circostanti il muro sono date attraverso un insieme di segmenti generalmente coincidenti i profili laterali dell'intervento murario. Ogni segmento presenta una distribuzione lineare di pressione che può variare vettorialmente da un valore (VX1, VY1) sino ad un valore (VX2, VY2). Le distribuzioni di pressione sono fornite per causa originante (pressione del terreno o pressione dell'acqua) e sommate globalmente.

8.2.1 Pressioni sul paramento a monte in combinazione EQU-1



N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	Vx ₁	Vy ₁	Vx ₂	Vy ₂	Vx ₁	Vy ₁	Vx ₂	Vy ₂	Vx ₁	Vy ₁	Vx ₂	Vy ₂
1	23	28	23	0	-0.1	0	-0.11	0	0	0	0	0	-0.1	0	-0.11	0


8.2.2 Pressioni sul paramento a monte in combinazione EQU-2



N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
----	-------------------	--	--	--	---------	--	--	--	-------	--	--	--	--------	--	--	--


	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	V _{x1}	V _{y1}	V _{x2}	V _{y2}	V _{x1}	V _{y1}	V _{x2}	V _{y2}	V _{x1}	V _{y1}	V _{x2}	V _{y2}
1	23	28	23	0	-0.1	0	-0.11	0	0	0	0	0	-0.1	0	-0.11	0

8.2.3 Pressioni sul paramento a monte in combinazione EQU-3




N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	V _{x1}	V _{y1}	V _{x2}	V _{y2}	V _{x1}	V _{y1}	V _{x2}	V _{y2}	V _{x1}	V _{y1}	V _{x2}	V _{y2}
1	23	28	23	0	-0.1	0	-0.11	0	0	0	0	0	-0.1	0	-0.11	0

8.2.4 Pressioni sul paramento a monte in combinazione STR-1




N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	V _{x1}	V _{y1}	V _{x2}	V _{y2}	V _{x1}	V _{y1}	V _{x2}	V _{y2}	V _{x1}	V _{y1}	V _{x2}	V _{y2}
1	23	28	23	0	0	0	-0.01	0	0	0	0	0	0	0	-0.01	0

8.2.5 Pressioni sul paramento a monte in combinazione STR-2




N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	V _{x1}	V _{y1}	V _{x2}	V _{y2}	V _{x1}	V _{y1}	V _{x2}	V _{y2}	V _{x1}	V _{y1}	V _{x2}	V _{y2}
1	23	28	23	0	-0.1	0	-0.11	0	0	0	0	0	-0.1	0	-0.11	0

8.2.6 Pressioni sul paramento a monte in combinazione STR-3



N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	V _{x1}	V _{y1}	V _{x2}	V _{y2}	V _{x1}	V _{y1}	V _{x2}	V _{y2}	V _{x1}	V _{y1}	V _{x2}	V _{y2}
1	23	28	23	0	0	0	-0.02	0	0	0	0	0	0	0	-0.02	0


8.2.7 Pressioni sul paramento a monte in combinazione STR-4



N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	V _{x1}	V _{y1}	V _{x2}	V _{y2}	V _{x1}	V _{y1}	V _{x2}	V _{y2}	V _{x1}	V _{y1}	V _{x2}	V _{y2}


1	23	28	23	0	-0.1	0	-0.11	0	0	0	0	0	-0.1	0	-0.11	0
---	----	----	----	---	------	---	-------	---	---	---	---	---	------	---	-------	---

8.2.8 Pressioni sul paramento a monte in combinazione GEO-1




N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	V _{x1}	V _{y1}	V _{x2}	V _{y2}	V _{x1}	V _{y1}	V _{x2}	V _{y2}	V _{x1}	V _{y1}	V _{x2}	V _{y2}
1	23	28	23	0	0	0	-0.02	0	0	0	0	0	0	0	-0.02	0

8.2.9 Pressioni sul paramento a monte in combinazione GEO-2




N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	V _{x1}	V _{y1}	V _{x2}	V _{y2}	V _{x1}	V _{y1}	V _{x2}	V _{y2}	V _{x1}	V _{y1}	V _{x2}	V _{y2}
1	23	28	23	0	-0.11	0	-0.12	0	0	0	0	0	-0.11	0	-0.12	0

8.2.10 Pressioni sul paramento a monte in combinazione SLE-1




N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	V _{x1}	V _{y1}	V _{x2}	V _{y2}	V _{x1}	V _{y1}	V _{x2}	V _{y2}	V _{x1}	V _{y1}	V _{x2}	V _{y2}
1	23	28	23	0	0	0	-0.01	0	0	0	0	0	0	0	-0.01	0

8.2.11 Pressioni sul paramento a monte in combinazione SLE-2



N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	V _{x1}	V _{y1}	V _{x2}	V _{y2}	V _{x1}	V _{y1}	V _{x2}	V _{y2}	V _{x1}	V _{y1}	V _{x2}	V _{y2}
1	23	28	23	0	-0.02	0	-0.03	0	0	0	0	0	-0.02	0	-0.03	0


8.2.12 Pressioni sul paramento a valle in combinazione EQU-1



N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	V _{x1}	V _{y1}	V _{x2}	V _{y2}	V _{x1}	V _{y1}	V _{x2}	V _{y2}	V _{x1}	V _{y1}	V _{x2}	V _{y2}


1	-23	28	-23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	-23	0	-23	-30	0	0	0.22	0	0	0	0	0	0	0	0.22	0

8.2.13 Pressioni sul paramento a valle in combinazione EQU-2




N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	V _{x1}	V _{y1}	V _{x2}	V _{y2}	V _{x1}	V _{y1}	V _{x2}	V _{y2}	V _{x1}	V _{y1}	V _{x2}	V _{y2}
1	-23	28	-23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	-23	0	-23	-30	0	0	0.27	0	0	0	0	0	0	0	0.27	0

8.2.14 Pressioni sul paramento a valle in combinazione EQU-3




N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	V _{x1}	V _{y1}	V _{x2}	V _{y2}	V _{x1}	V _{y1}	V _{x2}	V _{y2}	V _{x1}	V _{y1}	V _{x2}	V _{y2}
1	-23	28	-23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	-23	0	-23	-30	0	0	0.22	0	0	0	0	0	0	0	0.22	0

8.2.15 Pressioni sul paramento a valle in combinazione STR-1




N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	V _{x1}	V _{y1}	V _{x2}	V _{y2}	V _{x1}	V _{y1}	V _{x2}	V _{y2}	V _{x1}	V _{y1}	V _{x2}	V _{y2}
1	-23	28	-23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	-23	0	-23	-30	0	0	0.25	0	0	0	0	0	0	0	0.25	0

8.2.16 Pressioni sul paramento a valle in combinazione STR-2




N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	V _{x1}	V _{y1}	V _{x2}	V _{y2}	V _{x1}	V _{y1}	V _{x2}	V _{y2}	V _{x1}	V _{y1}	V _{x2}	V _{y2}
1	-23	28	-23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	-23	0	-23	-30	0	0	0.25	0	0	0	0	0	0	0	0.25	0

8.2.17 Pressioni sul paramento a valle in combinazione STR-3




N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	Vx ₁	Vy ₁	Vx ₂	Vy ₂	Vx ₁	Vy ₁	Vx ₂	Vy ₂	Vx ₁	Vy ₁	Vx ₂	Vy ₂
1	-23	28	-23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	-23	0	-23	-30	0	0	0.32	0	0	0	0	0	0	0	0.32	0

8.2.18 Pressioni sul paramento a valle in combinazione STR-4




N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	Vx ₁	Vy ₁	Vx ₂	Vy ₂	Vx ₁	Vy ₁	Vx ₂	Vy ₂	Vx ₁	Vy ₁	Vx ₂	Vy ₂
1	-23	28	-23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	-23	0	-23	-30	0	0	0.32	0	0	0	0	0	0	0	0.32	0

8.2.19 Pressioni sul paramento a valle in combinazione GEO-1



N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	Vx ₁	Vy ₁	Vx ₂	Vy ₂	Vx ₁	Vy ₁	Vx ₂	Vy ₂	Vx ₁	Vy ₁	Vx ₂	Vy ₂
1	-23	28	-23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	-23	0	-23	-30	0	0	0.19	0	0	0	0	0	0	0	0.19	0

8.2.20 Pressioni sul paramento a valle in combinazione GEO-2




N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	Vx ₁	Vy ₁	Vx ₂	Vy ₂	Vx ₁	Vy ₁	Vx ₂	Vy ₂	Vx ₁	Vy ₁	Vx ₂	Vy ₂
1	-23	28	-23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	-23	0	-23	-30	0	0	0.19	0	0	0	0	0	0	0	0.19	0

8.2.21 Pressioni sul paramento a valle in combinazione SLE-1

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	V _{x1}	V _{y1}	V _{x2}	V _{y2}	V _{x1}	V _{y1}	V _{x2}	V _{y2}	V _{x1}	V _{y1}	V _{x2}	V _{y2}
1	-23	28	-23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	-23	0	-23	-30	0	0	0.25	0	0	0	0	0	0	0	0.25	0

8.2.22 Pressioni sul paramento a valle in combinazione SLE-2



N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	V _{x1}	V _{y1}	V _{x2}	V _{y2}	V _{x1}	V _{y1}	V _{x2}	V _{y2}	V _{x1}	V _{y1}	V _{x2}	V _{y2}
1	-23	28	-23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	-23	0	-23	-30	0	0	0.25	0	0	0	0	0	0	0	0.25	0

9 Risultante delle azioni agenti sul muro

Vengono riportate le combinazioni di calcolo ed il riepilogo delle azioni risultanti agenti sul muro per le verifiche geotecniche.

9.1 Combinazioni di calcolo

La seguente tabella mostra i coefficienti moltiplicatori delle azioni utilizzati nelle combinazioni ed i relativi gruppi di coefficienti di sicurezza parziale, definiti nella normativa.

Con l'indice stampato n uguale a 0 (A0, M0 e R0), si intendono le situazioni in cui non sono definiti dei gruppi specifici da parte della normativa ed i coefficienti moltiplicatori sono da intendersi implicitamente unitari.

Famiglia	A	M	R	Indice	Nome	Perm.	Variabili	Sisma H	Sisma V
EQU	A3	M1	R3	1	EQU-1	0.9	1.5	0	0
EQU	A3	M1	R3	2	EQU-2	1.1	1.5	0	0
EQU	A1	M1	R3	3	EQU-3	0.9	1.5	0	0
STR	A1	M1	R3	1	STR-1	1	0	0	0
STR	A1	M1	R3	2	STR-2	1	1.5	0	0
STR	A1	M1	R3	3	STR-3	1.3	0	0	0
STR	A1	M1	R3	4	STR-4	1.3	1.5	0	0
GEO	A2	M2	R2	1	GEO-1	1	0	0	0
GEO	A2	M2	R2	2	GEO-2	1	1.3	0	0
SLE	A0	M0	R0	1	SLE-1	1	0	0	0
SLE	A0	M0	R0	2	SLE-2	1	0.3	0	0

9.1.1 Combinazione di carico EQU-1

Descrizione	x _p	y _p	F _x	F _y
	cm	cm	daN/cm	daN/cm
Peso proprio del muro	48	-9	0	-13.97
Peso proprio del terreno/acqua a monte	83	14	0	-5.9
Spinta del terreno a monte	0	-2	-6.29	0
Spinta del terreno a valle	0	-20	3.32	0
Carichi applicati al muro	0	0	-30.12	0
Carichi su terreno a monte	83	0	0	-48.6

9.1.2 Combinazione di carico EQU-2

Descrizione	x _p	y _p	F _x	F _y
	cm	cm	daN/cm	daN/cm

Peso proprio del muro	48	-9	0	-17.08
Peso proprio del terreno/acqua a monte	83	14	0	-7.21
Spinta del terreno a monte	0	-2	-6.45	0
Spinta del terreno a valle	0	-20	4.06	0
Carichi applicati al muro	0	0	-30.12	0
Carichi su terreno a monte	83	0	0	-48.6

9.1.3 Combinazione di carico EQU-3

Descrizione	x_p	y_p	F_x	F_y
	cm	cm	daN/cm	daN/cm
Peso proprio del muro	48	-9	0	-13.97
Peso proprio del terreno/acqua a monte	83	14	0	-5.9
Spinta del terreno a monte	0	-2	-6.29	0
Spinta del terreno a valle	0	-20	3.32	0
Carichi applicati al muro	0	0	-30.12	0
Carichi su terreno a monte	83	0	0	-48.6

9.1.4 Combinazione di carico STR-1

Descrizione	x_p	y_p	F_x	F_y
	cm	cm	daN/cm	daN/cm
Peso proprio del muro	48	-9	0	-15.53
Peso proprio del terreno/acqua a monte	83	14	0	-6.55
Spinta del terreno a monte	0	-11	-0.78	0
Spinta del terreno a valle	0	-20	3.69	0

9.1.5 Combinazione di carico STR-2

Descrizione	x_p	y_p	F_x	F_y
	cm	cm	daN/cm	daN/cm
Peso proprio del muro	48	-9	0	-15.53
Peso proprio del terreno/acqua a monte	83	14	0	-6.55
Spinta del terreno a monte	0	-2	-6.37	0
Spinta del terreno a valle	0	-20	3.69	0
Carichi applicati al muro	0	0	-30.12	0
Carichi su terreno a monte	83	0	0	-48.6

9.1.6 Combinazione di carico STR-3

Descrizione	x_p	y_p	F_x	F_y
	cm	cm	daN/cm	daN/cm
Peso proprio del muro	48	-9	0	-20.18
Peso proprio del terreno/acqua a monte	83	14	0	-8.52
Spinta del terreno a monte	0	-11	-1.01	0
Spinta del terreno a valle	0	-20	4.8	0

9.1.7 Combinazione di carico STR-4

Descrizione	x_p	y_p	F_x	F_y
	cm	cm	daN/cm	daN/cm
Peso proprio del muro	48	-9	0	-20.18
Peso proprio del terreno/acqua a monte	83	14	0	-8.52
Spinta del terreno a monte	0	-2	-6.6	0
Spinta del terreno a valle	0	-20	4.8	0
Carichi applicati al muro	0	0	-30.12	0

Carichi su terreno a monte	83	0	0	-48.6
----------------------------	----	---	---	-------

10 Verifiche di stabilità locale

10.1 Tensioni trasmesse sul terreno

Moltiplicatore spinta passiva per equilibrio	: 1
Pressione limite sul terreno per abbassamento	: 2 daN/cm ²
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	: 54.4 cm (comb. STR-2)
Momento rispetto al baricentro della fondazione	: 3853 daN cm (comb. STR-4)
Larghezza reagente minima in fondazione	: 84 cm (comb. STR-2)
Tensione max sul terreno allo spigolo di valle	: 1.68 daN/cm ² (comb. STR-2)
Tensione max sul terreno allo spigolo di monte	: 0.17 daN/cm ² (comb. STR-3)

10.2 Verifica allo scorrimento sul piano di posa

Combinazione che ha prodotto il valore peggiore	: STR-2
Verifica peggiore per condizione	: LT (lungo termine)
Moltiplicatore spinta passiva per traslazione	: 0.5
Coefficiente di attrito caratteristico terreno-fondazione	: 0.78
Coefficiente di attrito di progetto terreno-fondazione	: 0.78
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	: 71 daN
Sforzo tangenziale positivo all'intradosso della fondazione	: 2 daN
Sforzo tangenziale negativo all'intradosso della fondazione	: 36 daN
Coefficiente parziale gammaR scorrimento	: 1.1
Coefficiente limite verifica alla traslazione	: 1
Coefficiente di sicurezza alla traslazione	: 1.42

10.3 Verifica a ribaltamento

Combinazione che ha prodotto il valore peggiore	: EQU-1
Moltiplicatore spinta passiva per ribaltamento	: 0
Momento ribaltante rispetto allo spigolo di valle	: 4934 daN cm
Momento stabilizzante rispetto a spigolo di valle	: -6705 daN cm
Coefficiente parziale gammaR ribaltamento	: 1.15
Coefficiente limite verifica al ribaltamento	: 1
Coefficiente di sicurezza al ribaltamento	: 1.18

10.4 Verifica di collasso per carico limite del complesso fondazione-terreno

Combinazione che ha prodotto il valore peggiore	: STR-2
Verifica peggiore per condizione	: LT (lungo termine)
Moltiplicatore spinta passiva per portanza terreno	: 0.5
Inclinazione media del pendio circostante la fondazione	: 0 °
Profondità del piano di posa	: 30 cm
Sovraccarico agente sul piano di posa	: 0.059 daN/cm ²
Angolo di attrito di progetto del suolo di fondazione	: 38 °
Peso specifico di progetto del suolo di fondazione	: 0.00195 daN/cm ³
Inclinazione della risultante rispetto alla normale	: 26.1 °
Base efficace	: 56 cm
Carico tangenziale al piano di posa	: 34.6 daN/cm
Carico di progetto della fondazione (normale al P.P.)	: 70.7 daN/cm
Carico ultimo della fondazione	: 421.8 daN/cm
Lunghezza Fondazione per verifica carico limite	: 1000 cm
Coefficiente parziale gammaR carico limite	: 1.4
Coefficiente limite verifica al carico limite	: 1
Coefficiente di sicurezza al carico limite	: 4.26

Tabella dei coefficienti di capacità portante

Coefficienti	Coesione	Sovraccarico	Attrito
--------------	----------	--------------	---------

Coefficienti di capacità portante	N _c = 77	N _q = 62	N _g = 73
-----------------------------------	---------------------	---------------------	---------------------

11 Verifica di stabilità globale dell'opera sul pendio

L'analisi di stabilità non è stata effettuata.

12 Parametri per dimensionamento armatura

Metodo di calcolo : D.M. 17-01-18 Norme Tecniche per le Costruzioni

R _{ck} (resistenza caratteristica cubica del calcestruzzo)	: 450 daN/cm ²
Modulo elastico longitudinale E _c	: 346255 daN/cm ²
Rapporto E _a /E _c per calcolo tensioni in esercizio	: 15
Rapporto E _a /E _c per calcolo ampiezza fessure	: 7
F _{yk} (tensione di snervamento caratteristica dell'acciaio)	: 4500 daN/cm ²
Fattore parziale di sicurezza dell'acciaio	: 1.15
Fattore parziale di sicurezza del calcestruzzo	: 1.5
Coefficiente Beta ₂ per calcolo ampiezza fessure	: 0.5
Riduzione della tau di aderenza per cattiva aderenza	: 0.7
f _{ct,eff} /f _{ctm} per calcolo ampiezza fessure	: 0.83
Limite sigma _c /f _{ck}	: 0.45
Limite sigma _a /f _{yk}	: 0.8
Ampiezza limite delle fessure	: 0.3 mm
Coefficiente Beta per punzonamento pali interni	: 1.15
Coefficiente Beta per punzonamento pali sul bordo	: 1.4
Coefficiente Beta per punzonamento pali sull'angolo	: 1.5

13 Sollecitazioni e verifiche strutturali

Tutte le verifiche sono riferite su sezioni di profondità nominale di un metro.

Verifiche sismiche condotte in campo sostanzialmente elastico

Eps_S% max : 0.186 %

Eps_C% max : 0.2 %

Significato dei simboli:

X: ascissa del baricentro della sezione

Y: ordinata del baricentro della sezione

H: altezza della sezione

A_s: area efficace dello strato superiore per metro

C_s: copriferro medio dello strato superiore

A_i: area efficace dello strato inferiore per metro

C_i: copriferro medio dello strato inferiore

v_{ml}: soddisfacimento delle percentuali minime di armatura

c_{res}: combinazione di carico critica per la verifica di resistenza in pressoflessione retta

M_d: momento di calcolo

N_d: sforzo normale di calcolo

M_u: momento ultimo

N_u: sforzo normale ultimo

c.s.: coefficiente di sicurezza

v_{res}: soddisfacimento della resistenza alla pressoflessione retta

X: ascissa del baricentro della sezione

Y: ordinata del baricentro della sezione

H: altezza della sezione

c_{es}: combinazione di carico critica delle tensioni in esercizio in pressoflessione retta

M_e: momento in esercizio

N_e: sforzo normale in esercizio

σ_t: trazione massima sull'armatura

σ_c: compressione massima sul calcestruzzo

v_{es}: soddisfacimento tensioni ammissibili a pressoflessione retta

c_f: combinazione di carico critica per la verifica di fessurazione

M_f: momento di calcolo per la verifica di fessurazione

N_f: sforzo normale di calcolo per la verifica di fessurazione

S_{rm}: interasse delle fessure

W_k: ampiezza caratteristica delle fessure

v_f : soddisfacimento verifica fessurazione

X: ascissa del baricentro della sezione

Y: ordinata del baricentro della sezione

H: altezza della sezione

c_i : combinazione di carico critica per la verifica a taglio

VSd: taglio di calcolo

VRdc: taglio resistente in assenza di armatura a taglio

VRdmax: taglio resistente massimo dell'elemento, limitato dalla rottura delle bielle compresse

VRds: taglio resistente in presenza di armatura a taglio

v_t : soddisfacimento verifica taglio

Paramento (sezioni longitudinali) (attraversate da barre trasversali)

X	Y	H	A _s	C _s	A _i	C _i	V _{ml}	C _{res}	M _d	N _d	M _u	N _u	c.s.	V _{res}
cm	cm	cm	cm ²	cm	cm ²	cm			daN cm	daN		daN cm		
0	0	45	10.1	4.3	10.1	4.3	ok	STR-2	389443	-315	1583007	-1280	4.06	ok

X	Y	H	C _{es}	M _e	N _e	σ _f	σ _c	V _{es}	C _f	M _f	N _f	S _{rm}	W _k	v _f
cm	cm	cm		daN cm	daN	daN/cm ²	daN/cm ²			daN cm	daN	cm	mm	
0	0	45	SLE-2	78024	-315	192	-4	ok	SLE-2	78024	-315	-	-	ok

X	Y	H	c _i	VSd	VRdc	VRdmax	VRds	v _t
cm	cm	cm		daN	daN	daN	daN	
0	0	45	STR-4	-3305	19369	-	-	ok

Mensola di fondazione a monte (mensola destra) (sezioni longitudinali) (attraversate da barre trasversali)

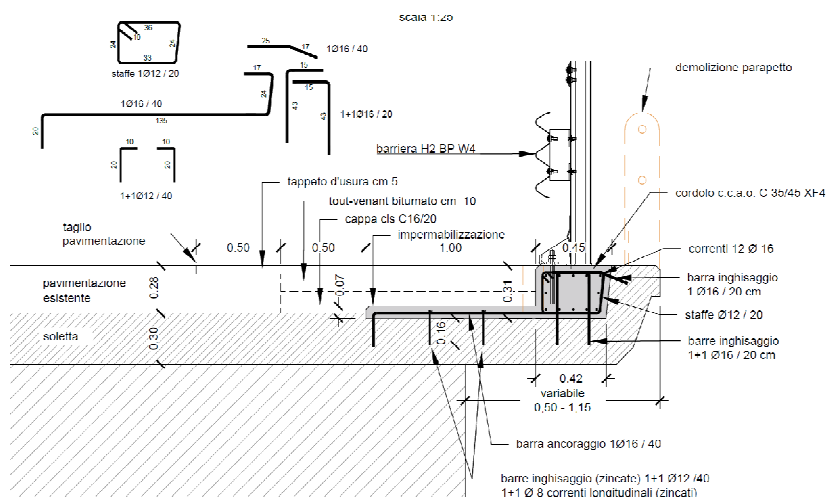
X	Y	H	A _s	C _s	A _i	C _i	V _{ml}	C _{res}	M _d	N _d	M _u	N _u	c.s.	V _{res}
cm	cm	cm	cm ²	cm	cm ²	cm			daN cm	daN		daN cm		
23	-15	30	6.7	4.3	3.8	4.1	no	STR-4	-373138	-367	-674848	-663	1.81	ok
53	-15	30	6.7	4.3	3.8	4.1	no	STR-4	-229141	-367	-680436	-1089	2.97	ok
83	-15	30	6.7	4.3	3.8	4.1	no	STR-4	-103362	-367	-698645	-2479	6.76	ok
113	-15	30	6.7	4.3	3.8	4.1	ok	STR-4	-25942	-367	-816205	-11541	31.5	ok

X	Y	H	C _{es}	M _e	N _e	σ _f	σ _c	V _{es}	C _f	M _f	N _f	S _{rm}	W _k	v _f
cm	cm	cm		daN cm	daN	daN/cm ²	daN/cm ²			daN cm	daN	cm	mm	
23	-15	30	SLE-2	-77170	-118	480	-10	ok	SLE-2	-77170	-118	-	-	ok
53	-15	30	SLE-2	-51949	-118	320	-7	ok	SLE-2	-51949	-118	-	-	ok
83	-15	30	SLE-2	-26922	-118	162	-4	ok	SLE-2	-26922	-118	-	-	ok
113	-15	30	SLE-2	-7753	-118	40	-1	ok	SLE-2	-7753	-118	-	-	ok

X	Y	H	c _i	VSd	VRdc	VRdmax	VRds	v _t
cm	cm	cm		daN	daN	daN	daN	
23	-15	30	STR-2	-4883	14240	-	-	ok
53	-15	30	STR-4	-4736	14242	-	-	ok
83	-15	30	STR-4	-3441	14242	-	-	ok
113	-15	30	STR-4	-1720	14242	-	-	ok

In corrispondenza dei tratti con presenza di manufatti di soletta da ponte o muri di sostegno in calcestruzzo armato si è optato per l'installazione di barriera tipo H2 BP su cordolo ancorato alle strutture esistenti

Di seguito si riportano le verifiche di ancoraggio, taglio e torsione del cordolo:



DATI DI PROGETTO
caratteristiche geometriche materiali

connettori/cordoli soletta

tipologia di acciaio

livello di conoscenza

FATTORE DI CONFIDENZA
diametro nominale connettore
Area resistente connettori
Diametro effettivo connettori
lunghezza di ancoraggio effettiva connettori
Tensione di rottura
Tensione di snervamento
Lunghezza di soletta considerata
Numero connettori file orizzontali
Numero connettori file verticali
interasse connettori //
distanza dal bordo //
interasse connettori ort
distanza bordo ort
distanza bordo //
copriferro connettori ed armatura cordolo

Fe B 450 C

LC3	
FC	1
d	14 mm
A _{res}	153,86 mm ²
d _{eff}	14 mm
h _{eff}	165 mm
f _{uk}	540 N/mm ²
f _{yk}	450 N/mm ²
L _s	1250 mm
n _h	2
n _v	10
s ₁	330 mm
C ₁	160 mm
s ₂	250 mm
c ₂	247,5 mm
c ₃	247,5 mm
C	30 mm

geometria del cordolo ricostruito

Larghezza del cordolo	Bc	420 mm
altezza del cordolo	Hc	310 mm
spessore pavimentazione	Hp	240 mm
distanza	H ₁	0 mm
larghezza del cordolo appeso	B ₁	0 mm
larghezza del sormonto del cordolo	B ₂	450 mm

Soletta c.a. esistente

classe del cls

Livello di conoscenza

FATTORE DI CONFIDENZA	FC	1,35
Resistenza cilindrica caratteristica	F _c	32 N/mm ²
Resistenza caratteristica cubica	R _{ck}	40 N/mm ²
Coefficiente riduttivo per CLS esistente	α _c	0,83
Resistenza caratteristica cilindrica esistente	f _{ck}	24,59 N/mm ²
Resistenza caratteristica cubica media	f _{cm}	32,59 N/mm ²
spessore soletta	H _s	220 mm

Barre esistenti di armatura lenta

tipologia di acciaio

livello di conoscenza

FATTORE DI CONFIDENZA	FC	1,35
tensione caratteristica di snervamento	f _{yk}	318,52 N/mm ²
Diametro barre longitudinali superiori	Φ _l	8 mm
Passo barre longitudinali superiori	p _l	240 mm

CARICHI

Carichi permanenti

CLS	Y _{cls}	25 KN/mc
Pavimentazione	Y _{pav}	22 KN/mc
Barriera	P _{sv}	1 KN/m

Azioni eccezionali da urto

Forza orizzontale	F _{h,urto}	100 KN
Altezza di applicazione F _{h,urto}	H _f	1 m
Momento indotto	M _{urto}	100 KNm

Sollecitazioni su cordolo

Sforzo normale	N	1 kN/m
Momento torcente	T _{urto}	130,5 kNm/m
Taglio	V _{urto}	100 kN/m

Verifiche dell'ancoraggio

Lato acciaio

Verifica a trazione

Braccio coppia interna	Z _h	360 mm
Coeff. Parziale di sicurezza per carichi	Y _s	1
sforzo normale gruppo ancoranti	N _{g,sd}	362,5 KN
taglio gruppo ancoranti	V _{g,sd}	100 KN
Sforzo normale singolo ancorante	N _{sd}	18,13 KN
Taglio singolo ancorante	V _{sd}	5,00 KN
Coeff. Parziale di sicurezza per resistenza	Y _{ms}	1
Trazione resistente di progetto singolo ancorante	N _{rd}	83,08 KN
Coefficiente di sicurezza a trazione	β _N	0,22 verificato

Verifiche a taglio

Taglio res. Di progetto singolo ancorante	V _{RD}	41,54 KN
Coeff. Di sicurezza a taglio	β _V	0,12 verificato

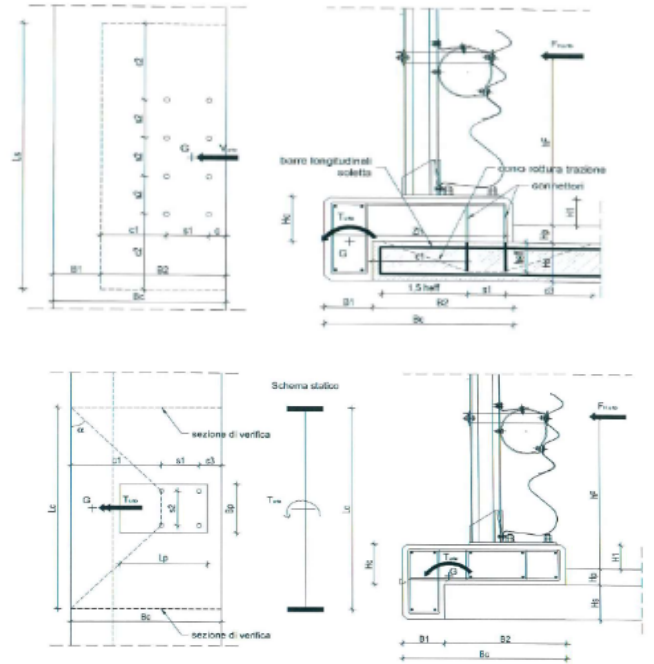
Lato calcestruzzo

Temperatura di posa > 5°C; Temperatura di esercizio -40°C7+40°C

Fori nel cls eseguiti con trapano

SISTEMA DI ANCORAGGIO TIPO HILTI HIT-V CON BARRE FILETTATE O BULLONI

verifica a trazione con rottura conica del calcestruzzo



verifica per ancorante	gruppo		
Verifica per calcestruzzo	fessurato		
Presenza di armatura $i > 150 \text{ mm}$ o $\phi < 10 \text{ mm}$ e $i > 100 \text{ mm}$	si		
Coeff. Di efficacia nel cls	$K_{c,cr}$	7,2	
Resistenza caratteristica iniziale singolo ancorante	$N_{rk,c}^0$	87,12 KN	
Interasse critico tra ancoraggi	$S_{cr,N}$	495 mm	
Distanza critica di bordo ancorante	$C_{cr,N}$	247,5 mm	
Area effettiva cono cls gruppo ancoranti	$A_{c,N}$	2024437,5 mm ²	
Area cono cls singolo ancorante senza effetti bordo	$A_{c,N}^0$	245025 mm ²	
Coeff. Correttivo per effetti di bordo	$\psi_{s,N}$	1	
Coff. Correttivo per armatura	$\psi_{re,N}$	1	
Eccentricità del carico x	e_{NX}	50 mm	
Eccentricità del carico y	e_{NY}	0 mm	
Coff. Correttivo per eccentricità x	$\psi_{ec,N(x)}$	0,83	
Coff. Correttivo per eccentricità y	$\psi_{ec,N(y)}$	1	
Coff. Correttivo per fessurazione cls	$\psi_{ucr,N}$	1	
Resistenza caratteristica icono cls	$N_{rk,c}$	598,83 KN	
Coff. Parziale di sicurezza per resistenza	γ_{Mc}	1	
Resistenza di progetto cono cls	$N_{rd,c}$	598,83 KN	
Azione di sfilamento sul gruppo di ancoranti	$N_{g,sd}$	362,5 KN	
Coeff. Di sicurezza per rottura conica	β_N	0,61	verificato

Verifi ca ad estrazione pull-out dell'ancorante con superficie conica del cls - Rottura combinata

Resistenza caratteristica sfilamento cls	τ_{RK}	7,2 N/mm ²		
Resistenza caratteristica iniziale singolo ancorante	$N_{RK,p}^0$	52,22 KN		
Coeff. Di efficacia nel cls	K	2,3		
Resistenza caratteristica allo sfilamento acciaio	$\tau_{RK,ucr}$	15 N/mm ²		
Interasse critico degli ancoranti	$S_{cr,Np}$	495 mm	395,9797975	495
Distanza critica dell'ancorante dal bordo	$C_{cr,Np}$	247,5 mm		
Area effettiva cono cls gruppo ancorante	$A_{c,Np}$	2024437,5 mm ²		
Area cono cls singolo anc.senza effetti bordo	$A_{c,Np}^0$	245025 mm ²		
Coefficiente correttivo per effetti di bordo	$\psi_{s,Np}$	1		
Coefficiente correttivo per armatura	$\psi_{re,Np}$	1		
Coefficiente correttivo per eccentricità (x)	$\psi_{ec,Np(x)}$	0,83		
Coefficiente correttivo per eccentricità (y)	$\psi_{ec,Np(y)}$	1	per singolo ancorante	
Coefficiente correttivo gruppo ancoranti	$\psi_{g,Np}^0$	2,16		
Interasse medio degli ancoranti	S_{medio}	100 mm		
Coefficiente correttivo gruppo ancoranti	$\psi_{g,Np}$	1,64		
Resistenza caratteristica pull-out	$N_{K,p}$	588,86 KN		
Coeff. parziale di sicurezza per resistenza	γ_{mp}	1		
Resistenza di progetto pull-out	$N_{rd,p}$	588,86 KN		
Azione di sfilamento sul gruppo di ancoranti	$N_{g,sd}$	362,5 KN		
Coefficiente di sicurezza per pull out	β_n	0,62	verificato	

Verifica a trazione con rottura per splitting del cls

Interasse critico tra ancoraggi	$S_{cr,sp}$	495 mm		
Distanza critica di bordo ancorante	$C_{cr,sp}$	247,5 mm		
Area effettiva cono ds gruppo ancoranti	A_{cN}	2024437,5 mm ²		
Area cono cls singolo anc. senza effetti bordo	$A_{c,sp}^0$	245025 mm ²		
Coefficiente correttivo per eccentricità (x)	$\psi_{ec,N(x)}$	0,83		
Coefficiente correttivo per eccentricità (y)	$\psi_{ec,N(y)}$	1		
coefficiente correttivo per effetti di bordo	$\psi_{s,sp}$	1		
Spessore min. materiale base (ETA prodotto)	h_{min}	193 mm		
Coeff. Per spessore materiale di base	$\psi_{h,sp}$	0,76		
Resistenza caratteristica sfilamento cls	$N_{K,sp}$	456,99 KN		
Coefficiente per spessore materiale di base	γ_{Msp}	1		
Resistenza caratteristica cono cls	$N_{rd,sp}$	456,99 KN		
Azione di sfilamento sulgruppo di ancoranti	$N_{g,sd}$	362,5 KN		
Coefficiente di sicurezza per splitting	β_n	0,79	verificato	

Verifica a taglio per scalzamento dell'ancorante dal cls - Pry-Out

Coefficiente correttivo profondità ancoraggio	K_{cp}	2		
Resistenza caratteristica per pry-out	$V_{rk,cp}$	1197,65 KN		
Coeff. parziale di sicurezza per resistenza	γ_{Mcp}	1		
Resistenza di progetto per pry-out	$V_{rd,cp}$	1197,65 KN		
Azione di taglio sul gruppo di ancoranti	V_{sd}	100 KN		
Coefficiente di sicurezza per pry-out	β_V	0,08	verificato	

Verifica a taglio con rottura di bordo

Distanza bordo per supporto sottile	c'_1	165 mm		
Coefficiente per cls	k_1	1,7		
Esponente	α	0,1		
Esponente	β	0,06		
Resistenza caratt. Iniziale singolo ancorante	$V_{rk,p}^0$	36,58 KN		
Area latera cono cls singolo ancorante s. eff. bordo	$A_{c,v}^0$	122512,5 mm ²		
Area effettiva laterale cono cls gruppo ancor.	$A_{c,v}$	122512,5 mm ²		
Coefficiente correttivo per effetti di bordo	$\psi_{s,v}$	1		
Coefficiente correttivo proporz. con spessore	$\psi_{h,v}$	1,03		
Angolo tra direz. carico e perpen. Bordo	α_v			
Coefficiente correttivo inclinazione carico	$\psi_{a,v}$	1		
Eccentricità del carico (y)	$e_{v(y)}$	mm		

Coefficiente correttivo eccentricità carico	$\psi_{ec,v}$	1	
Coefficiente correttivo x armatura in cls fess.	$\psi_{re,n}$	1	
Resistenza caratteristica singolo ancorante	$V_{rk,c}$	37,66 KN	
Coeff. parziale di sicurezza per resistenza	γ_{mp}	1	
Resistenza di progetto singolo ancorante	$V_{rd,c}$	37,66 KN	
Azione taglio singolo ancorante di bordo	$V_{sd,s}$	10 KN	
Coefficiente di sicurezza per rottura bordo	β_v	0,27	verificato

Verifica per rottura combinata trazione-Taglio

Coeff. Sicurezza massima prestazione	β_N	0,62	
Coeff. Sicurezza massima per taglio	β_v	0,08	
Coeff. Per rottura lato cls	α	1,5	
Coeff. Di sicurezza per rottura combinata	$\beta_{N,v}$	0,70 $\leq 1,2$	verificato
Coeff. Di sicurezza per rottura combinata	$\beta^0_{N,v}$	0,51 ≤ 1	verificato

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E MATERIALI

Interasse tirafondi (parallele)	s_1	330 mm
distanza dal bordo parallela	c_1	160 mm
Interasse tirafondi ortogonale	s_2	250 mm
distanza dal bordo parallela	c_3	160 mm

Cordolo in C.A.

Classe del calcestruzzo

Livello di conoscenza

Fattore di confidenza	F_c	1
Resistenza caratteristica cilindrica del cls	F_{ck}	35 N/mm ²
Resistenza caratteristica cubica del cls	R_{ck}	45 N/mm ²
deformazione contrazione uniforme cls	ϵ_{c1}	0,002
deformazione ultima del cls	ϵ_{cu}	0,0035
modulo elastico del cls	E_c	34625 N/mm ²
coeff. Parziale di sicurezza per resistenza	γ_c	1
coeff. Riduttivo per effetto lungo termine	α_{cc}	0,85
resist. Di calcolo a compressione cls	F_{cd}	29,75 N/mm ²
larghezza del cordolo	B_c	420 mm
altezza del cordolo	H_c	310 mm
spessore pavimentazione	H_p	160 mm
distanza	H_1	150 mm
larghezza del cordolo a sbalzo	B_1	0 mm
larghezza del sormonto del cordolo	B_2	420 mm
spessore soletta	H_s	250 mm

Barre armatura cordolo

tipologia di acciaio

livello di conoscenza

fattore di confidenza	F_c	1
tensione caratteristiche di snervamento	F_{yk}	450 N/mm ²
modulo elastico dell'acciaio	E_s	210000 N/mm ²
deformazione acciaio a snervamento	ϵ_{yd}	0,0021
deformazione ultima dell'acciaio	ϵ_{su}	0,01
coeff. Parziale di sicurezza per resistenza	γ_s	1
resistenza di progetto a trazione (acc. Teso)	F_{yd}	450 N/mm ²
copriferro armatura	C	30 mm

CARICHI

Carichi permanenti

CLS	γ_{cls}	25 KN/mc
Pavimentazione	γ_{pav}	22 KN/mc
Barriera	P_{sv}	1 KN/m

Azioni eccezionali da urto

Forza orizzontale	F_{hurto}	100 KN
Altezza di applicazione $F_{H,urto}$	H_f	1 m
Momento indotto	M_{urto}	100 KNm

VERIFICA A TAGLIO

Sollecitazioni su sezione di verifica

Angolo di diffusione della sollecitazione	α	45 °
Larghezza reagente alla sollecitazione	L_c	570 mm
Taglio	V_{urto}	100 KNm

Geometria della sezione di verifica

BASE DELLA SEZIONE	B	420 mm
ALTEZZA DELLA SEZIONE	H	310
COPRIFERRO ARMATURA TESA	c	30 mm

COPRIFERRO ARMATURA compressa	c'	30 mm
ALTEZZA UTILE DELLA SEZIONE	d	670 mm
Area bracci staffe	A_{sw}	158 mmq
Passo delle staffe	p_{st}	250 mm
Area armatura tesa	A_s	904 mmq

Sollecitazione di progetto

Coeff. Parziale di sicurezza dei carichi	γ_s	1
Taglio di progetto	V_{sd}	100 kN

Calcolo del TAGLIO RESISTENTE torcente resistente

Coefficiente	k	1,55	
Armatura tesa efficiente per il taglio	A_{sl}	402 mmq	2fi16
Rapporto geometrico armatura	ρ_l	0,0014	
Tensione media di compressione	σ	0 kN/mm ²	
Resistenza offerta cls teso	V_{rdc}	134,25 kN	
resistenza minima cls teso	$V_{rd,min}$	138,03 kN	
Resistenza a taglio del cls teso	V_{rd}	138,03 kNm	
Verifica a taglio resistente	V_{sd}/V_{rd}	0,72 kNm	
Verifica armatura tesa minima	$A_{sl,min}$	222 mmq	verificato
inclinazione puntoni	$ctg\theta$	1 °	
inclinazione staffe	α_s	90 °	
resistenza offerta dalle staffe	V_{rsd}	428,73 kN	
resistenza offerta dai puntoni cls	V_{rcd}	1883,62 kN	
resistenza a taglio delle armature trasversali	V_{rd1}	428,73	
resistenza massimo a taglio della trave	V_{rd2}	2092,91	
Taglio resistente	V_{rd}	428,73	
Verifica a taglio resistente	V_{ed}/V_{rd}	0,23	verificato

VERIFICA A TAGLIO E TORSIONE

coefficiente di sicurezza max per torsione	β_t	0,54	
coefficiente di sicurezza max per taglio	β_v	0,23	
Verifica a rottura combinata T-V	$\beta_{t,v}$	0,77	verificato

DATI DI PROGETTO

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E MATERIALI

Interasse tirafondi (parallele)	s_1	330 mm
distanza dal bordo parallela	c_1	160 mm
Interasse tirafondi ortogonale	s_2	250 mm
distanza dal bordo parallela	c_3	160 mm

Cordolo in C.A.

Classe del calcestruzzo		C35/45
Livello di conoscenza		LC3
Fattore di confidenza	F_c	1
Resistenza caratteristica cilindrica del cls	F_{ck}	35 N/mm ²
Resistenza caratteristica cubica del cls	R_{ck}	45 N/mm ²
deformazione contrazione uniforme cls	ϵ_{C1}	0,002
deformazione ultima del cls	ϵ_{CU}	0,0035
modulo elastico del cls	E_c	34625 N/mm ²
coeff. Parziale di sicurezza per resistenza	γ_c	1
coeff. Riduttivo per effetto lungo termine	α_{cc}	0,85
resist. Di calcolo a compressione cls	F_{cd}	29,75 N/mm ²
larghezza del cordolo	B_c	420 mm
altezza del cordolo	H_c	310 mm
spessore pavimentazione	H_p	240 mm
distanza	H_1	0 mm
larghezza del cordolo a sbalzo	B_1	0 mm
larghezza del sormonto del cordolo	B_2	450 mm
spessore soletta	H_s	300 mm

Barre armatura cordolo

tipologia di acciaio		B450C
livello di conoscenza		FC3
fattore di confidenza	F_c	1
tensione caratteristiche di snervamento	F_{yk}	450 N/mm ²
modulo elastico dell'acciaio	E_s	210000 N/mm ²
deformazione acciaio a snervamento	ϵ_{yd}	0,0021
deformazione ultima dell'acciaio	ϵ_{su}	0,01
coeff. Parziale di sicurezza per resistenza	γ_s	1
resistenza di progetto a trazione (acc. Teso)	F_{yd}	450 N/mm ²
copriferro armatura	C	30 mm

CARICHI

Carichi permanenti		
CLS	γ_{cls}	25 KN/mc
Pavimentazione	γ_{pav}	22 KN/mc
Barriera	P_{sv}	1 KN/m

Azioni eccezionali da urto

Forza orizzontale	F_{hurto}	100 KN
Altezza di applicazione $F_{H,\text{urto}}$	H_f	1 m
Momento indotto	M_{urto}	100 KNm

VERIFICA A TORSIONE

Sollecitazioni su sezione di verifica

Angolo di diffusione della sollecitazione	α	45 °
Distanza dei ritegni torsionali fittizi	L_c	570 mm
Momento torcente	T_{urto}	130,5 KNm

Geometria della sezione di verifica

Copriferro armatura tesa	C	30 mm
Numero bracci staffe di bordo del cordolo	n_b	2
Area bracci staffe di bordo del cordolo	A_{st}	158 mmq
passo delle staffe	p_{st}	250 mm
Area armatura superiore di bordo	A'_s	904 mmq
Area armatura inferiore di bordo	A_s	904 mmq
Inclinazione delle bielle complesse nel calcestruzzo	θ	45 °
Valore cotangente	$\cotg\theta$	1

Sollecitazione di progetto

Coeff. Parziale di sicurezza dei carichi	γ_s	1
Momento torcente di progetto	T_{sd}	65,25 KNm

Calcolo del momento torcente resistente

Area delle sezione in calcestruzzo	A_c	130200 mmq
Perimetro della sez. in CLS	u	2060 mm
Spessore parete cava resistente	t	63,20 mm
Area racchiusa dalla mediana di parete	A_k	57110,54 mmq
Perimetro area mediana di parete	U_k	1807,18 mmc
Resistenza di calcolo a compressione cls ridotta	f'_{cd}	14,88 N/mmq
Resistenza torcente armatura longitudinale	T_{rds}	51,42 KNm
Resistenza torcente staffe di bordo	T_{rdst}	32,48 KNm
Resistenza torcente biella cls	T_{rdc}	53,69 KNm
Resistenza torcente di progetto	T_{rd}	32,48 KNm
VERIFICA A TORSIONE	T_{sd}/T_{rd}	2,01 verificato