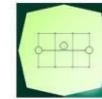


CONCEDENTE



CONCESSIONARIA



SOCIETÀ DI PROGETTO
BREBEMI SPA

CUP E3 1 B05000390007

COLLEGAMENTO AUTOSTRADALE
DI CONNESSIONE TRA LE CITTA' DI
BRESCIA E MILANO

PROCEDURA AUTORIZZATIVA D. Lgs 163/2006
DELIBERA C.I.P.E. DI APPROVAZIONE DEL PROGETTO DEFINITIVO N° 19/2016

INTERCONNESSIONE A35-A4
PROGETTO ESECUTIVO

O-PARTE GENERALE

OO-GENERALE

00002 - ELABORATI TIPOLOGICI

MURI SPARTITRAFFICO E ANDATORI

RELAZIONE DI CALCOLO

PROGETTAZIONE:



VERIFICA:

IL PROGETTISTA RESPONSABILE INTEGRAZIONE
PRESTAZIONI SPECIALISTICHE
IMPRESA PIZZAROTTI E C. S.P.A.
DOTT. ING. PIETRO MAZZOLI
ORDINE DEGLI INGEGNERI DI PARMA N. 821

IL DIRETTORE TECNICO
IMPRESA PIZZAROTTI E C. S.P.A.
DOTT. ING. SABINO DEL BALZO
ORDINE DEGLI INGEGNERI DI POTENZA N. 631

APPROVATO SDP

I.D.	IDENTIFICAZIONE ELABORATO												PROGR.		DATA:	
	EMITE	TIPO	FASE	M.A.	LOTTO	OPERA	PROG. OPERA	TRATTO	PARTI	PROGR.	PART. DOC.	STATO	REV.	LUG	2016	
65969	04	RC	E	I	11	00	002	00	00	003	00	A	00	SCALA:		

ELABORAZIONE PROGETTUALE	REVISIONE									
	N.	REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	DATA	CONTROLLATO	DATA	APPROVATO	
IL PROGETTISTA PIACENTINI INGEGNERI S.R.L. DOTT. ING. LUGA PIACENTINI ORDINE DEGLI INGEGNERI DI BOLOGNA N. 4152	A	00	EMISSIONE	29/07/2016	PIACENTINI	29/07/2016	MAZZOLI	29/07/2016	MAZZOLI	

	IL CONCEDENTE 	IL CONCESSIONARIO Società di Progetto Brebemi SpA
--	--------------------------	---

IL PRESENTE DOCUMENTO NON POTRA' ESSERE COPIATO, RIPRODOTTO O ALTIMENTI PUBBLICATO, IN TUTTO O IN PARTE, SENZA IL CONSENSO SCRITTO DELLA SdP BREBEMI S.P.A. OGNI UTILIZZO NON AUTORIZZATO SARA' PERSEGUITO A NORMA DI LEGGE
 THIS DOCUMENT MAY NOT BE COPIED, REPRODUCED OR PUBLISHED, EITHER IN PART OR IN ITS ENTIRETY, WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF SdP BREBEMI S.P.A. UNAUTHORIZED USE WILL BE PROSECUTE BY LAW

INDICE

1.	PREMESSA	2
2.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	3
3.	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	4
3.1	CALCESTRUZZO	4
3.2	ACCIAIO	4
3.3	CARATTERISTICHE DI PROGETTO	4
4.	CRITERI DI CALCOLO	6
4.1	STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI	6
4.2	CARATTERIZZAZIONE SISMICA	6
4.3	ANALISI DEI CARICHI	7
4.4	COMBINAZIONI DI CARICO	8
4.5	VERIFICHE GEOTECNICHE	11
4.6	VERIFICHE STRUTTURALI	14
5.	VERIFICHE GEOTECNICHE	15
6.	SOLLECITAZIONI SUGLI ELEMENTI STRUTTURALI	19
7.	VERIFICHE STRUTTURALI	20
7.1	ELEVAZIONE.....	20
7.2	FONDAZIONE	24

APPROVATO SDP

1. PREMESSA

In questo documento si riportano le verifiche strutturali e geotecniche dei muri spartitraffico e andatori presenti nell'ambito progetto esecutivo del raddoppio di carreggiata del lotto 0A della autostrada BreBeMi e dell'interconnessione A35 - A4.

I muri sono stati dimensionati considerando l'azione dell'urto veicolare in quanto tale azione risulta di gran lunga più onerosa rispetto a tutte le altre sollecitazioni la struttura.

I muri sono caratterizzati da elevazione e fondazione in conglomerato cementizio armato gettata in opera. I muri vengono tutti fondati su una platea continua di larghezza pari a 2,60 m e altezza pari a 0,50 m.

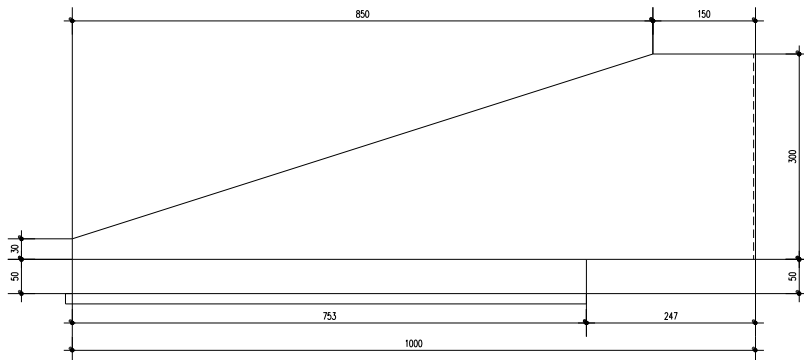
Si riportano le verifiche per il muro andatore MA2 in quanto quello dotato di minor peso in elevazione e quindi quello più gravoso ai fini delle verifiche geotecniche.

Nelle figure seguenti si riportano le caratteristiche geometriche del muro oggetto di verifica.

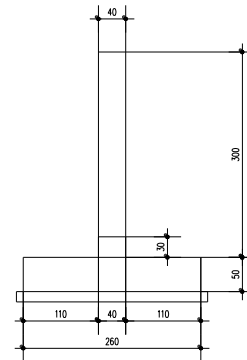
MURO -MA2-

SEZIONE LONGITUDINALE 1:50

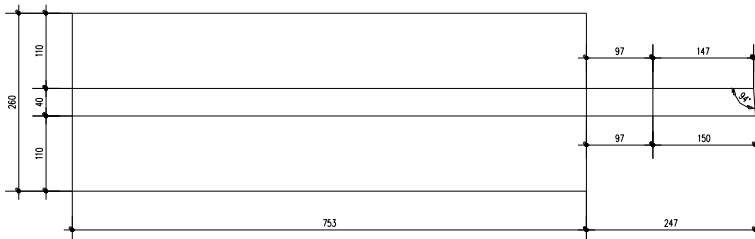
Progr. 0+501




SEZIONE TRASVERSALE 1:50



PIANTA 1:50



APPROVATO SDP

	Doc. N. 65969-00002-A00	CODIFICA DOCUMENTO 04RCEI1100002000000300	REV. A00	FOGLIO 3 di 26
---	----------------------------	--	-------------	-------------------

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

I calcoli e le verifiche effettuate sono state condotte in accordo alle seguenti normative:

- Norme Tecniche per le Costruzioni, D.M. 14-01-2008
- Circolare n. 617 del 02-02-2009 "Istruzione per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008"

APPROVATO SDP

Società di Progetto
Brebemi SpA



3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Nel seguito si elencano le caratteristiche dei materiali utilizzati per le fondazioni dei muri in parola.

3.1 Calcestruzzo

		Classe di esposizione/c
X0	Calcestruzzo per sottofondazione:	C12/15
XC2	Calcestruzzo per fondazione: 0.52	C28/35

CLASSE DI CONSISTENZA S4

DIAMETRO MASSIMO INERTI 32mm (Calcestruzzo fondazione e Calcestruzzo elevazione).

3.2 Acciaio

- Acciaio per c.a. in barre ad aderenza migliorata: Tipo
B450C

3.3 Caratteristiche di progetto

Nel seguito si elencano le caratteristiche di progetto dei materiali utilizzati per la struttura.

3.3.1 C28/35


Classe di resistenza	=	C 28/35
Rck	=	35 MPa Valore caratteristico resistenza cubica
fck	=	29.05 MPa Valore caratteristico resistenza cilindrica
fcm	=	37.05 MPa Valore medio resistenza cilindrica
fctm	=	2.83 MPa Valore medio resistenza a trazione semplice
fcfm	=	3.40 MPa Valore medio resistenza a trazione per flessione
ν	=	0.2 Coefficiente di Poisson
Ecm	=	32588 MPa Modulo elastico
γ_c	=	1.5 Coefficiente parziale di sicurezza
α_{cc}	=	0.85 Coefficiente risuttivo per resistenze di lunga durata
fcd	=	16.46 MPa Resistenza di calcolo a compressione
fctd	=	1.32 MPa Resistenza di calcolo a trazione
ϵ_{cu}	=	0.0035 Deformazione a rottura per il calcestruzzo
ϵ_{c0}	=	0.002 Deformazione limite del tratto a parabola del legame costitutivo del calcestruzzo

APPROVATO SDP

Società di Progetto

Brebemi SpA



	Doc. N. 65969-00002-A00	CODIFICA DOCUMENTO 04RCEI1100002000000300	REV. A00	FOGLIO 5 di 26
---	----------------------------	--	-------------	-------------------


3.3.2 B450C

fyk nom=	450	MPa	Valore nominale della tensione caratteristica di snervamento
ftk nom=	540	MPa	Valore nominale della tensione caratteristica di rottura
γ_s	=	1.15	Coefficiente parziale di sicurezza
Es	=	210000	MPa Modulo elastico
fyd	=	391.3	MPa Resistenza di calcolo
ϵ_{su}	=	0.01	Deformazione a rottura per l'acciaio

APPROVATO SDP

Società di Progetto
Brebemi SpA



	Doc. N. 65969-00002-A00	CODIFICA DOCUMENTO 04RCEI100002000000300	REV. A00	FOGLIO 6 di 26
---	----------------------------	---	-------------	-------------------

4. CRITERI DI CALCOLO

4.1 Stratigrafia e parametri geotecnici

Il dimensionamento e le verifiche delle opere in oggetto sono state effettuate considerando i seguenti parametri geotecnici caratteristici in accordo alla Relazione Geotecnica di riferimento.

Per quanto riguarda le verifiche relative al terreno di fondazione dei muri spartitraffico e andatori si assume quanto segue:

Ghiaia sabbiosa

$\gamma_k =$	20 kN/m ³	peso specifico
$\phi'_k =$	35°	angolo di attrito
$c'_k =$	0 kN/m ²	coesione


4.2 Caratterizzazione sismica

Per la struttura in parola l'azione sismica non risulta dimensionante.

APPROVATO SDP

Società di Progetto
Brebemi SpA



	Doc. N. 65969-00002-A00	CODIFICA DOCUMENTO 04RCEI1100002000000300	REV. A00	FOGLIO 7 di 26
---	----------------------------	--	-------------	-------------------

4.3 Analisi dei carichi

4.3.1 *Peso proprio*

Nel calcolo della struttura in oggetto è stato considerato il peso proprio delle strutture in conglomerato cementizio armato con peso specifico:

$$\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$$

4.3.2 *Urto veicolare*

L'azione dell'urto veicolare è stata valutata sulla base delle indicazioni riportate nel paragrafo 3.6.3 del D.M. 2008.

Si considera quindi una forza orizzontale equivalente di collisione pari a 100 kN, applicata su una linea di 0,50 m ad una quota +1,00 m rispetto al livello del piano di marcia.


Si assumono conservativamente 4,0 m di sviluppo della fondazione del muro ai fini della collaborazione dovuta all'azione da urto.

Si ottengono le seguenti azioni ad intradosso fondazione:

$$T_{URTO} = 100 \text{ kN}$$

$$M_{URTO} = T_{URTO} \times (1 + 0,20 + 0,50) \text{ m} = 170 \text{ kNm}$$

APPROVATO SDP

	Doc. N. 65969-00002-A00	CODIFICA DOCUMENTO 04RCEI100002000000300	REV. A00	FOGLIO 8 di 26
---	----------------------------	---	-------------	-------------------

4.4 Combinazioni di carico

In ottemperanza al D.M. del 14.01.2008 (Norme tecniche per le costruzioni), le verifiche sono state condotte con il metodo semi-probabilistico agli Stati Limite.

Le combinazioni di carico, considerate ai fini delle verifiche, sono stabilite in modo da garantire la sicurezza in conformità a quanto prescritto al cap. 2 del sovracitato *D.M. 14/01/2008*.

Le verifiche agli stati limite ultimi devono essere eseguiti in riferimento ai seguenti stati limite:

- SLU di tipo geotecnico (GEO), di stabilità globale (STAB) e di equilibrio di corpo rigido (EQU)
 - stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno (STAB);
 - scorrimento sul piano di posa (GEO);
 - collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno (GEO);
 - ribaltamento (EQU).
- SLU di tipo strutturale (STR)
 - raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali.

Le verifiche saranno condotte secondo l'approccio progettuale "Approccio 2", che prevede, per le verifiche STR e GEO, le due seguenti combinazioni di calcolo:

Combinazione unica	A1+M1+R3	STR e GEO
--------------------	----------	-----------

per la quale valgono i coefficienti parziali di seguito riportati.

La verifica al ribaltamento viene seguita secondo la combinazione EQU, i cui coefficienti di sicurezza sono di seguito riportati, adottando per il calcolo delle spinte i coefficienti parziali del gruppo (M2).

Si omette la verifica di stabilità globale in quanto largamente soddisfatta.

Simbologia adottata

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

Coefficienti di partecipazione combinazioni statiche

APPROVATO SDP

Società di Progetto
Brebemi SpA


Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>EQU</i>	<i>A1</i>	<i>A2</i>
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	0.90	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.10	1.30	1.00
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.50	1.50	1.30

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>			<i>M1</i>	<i>M2</i>
Tangente dell'angolo di attrito		$\gamma_{\tan\phi'}$	1.00	1.25
Coesione efficace		$\gamma_{c'}$	1.00	1.25
Resistenza non drenata		γ_{cu}	1.00	1.40
Resistenza a compressione uniassiale		γ_{qu}	1.00	1.60
Peso dell'unità di volume		γ_{γ}	1.00	1.00


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

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>EQU</i>	<i>A1</i>	<i>A2</i>
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1.00	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.00	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.00	1.00	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>			<i>M1</i>	<i>M2</i>
Tangente dell'angolo di attrito		$\gamma_{\tan\phi'}$	1.00	1.25
Coesione efficace		$\gamma_{c'}$	1.00	1.25
Resistenza non drenata		γ_{cu}	1.00	1.40
Resistenza a compressione uniassiale		γ_{qu}	1.00	1.60
Peso dell'unità di volume		γ_{γ}	1.00	1.00

APPROVATO SDP

	Doc. N. 65969-00002-A00	CODIFICA DOCUMENTO 04RCEI1100002000000300	REV. A00	FOGLIO 10 di 26
---	----------------------------	--	-------------	--------------------

FONDAZIONE SUPERFICIALE

Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO

<i>Verifica</i>	<i>Coefficienti parziali</i>		
	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 carichi da traffico	$\Psi_0 = 0.70$	$\Psi_1 = 0.50$	$\Psi_2 = 0.20$
Coeff. di combinazione carichi da vento	$\Psi_0 = 1.00$	$\Psi_1 = 1.00$	$\Psi_2 = 0.00$

Ai fini delle verifiche degli stati limite ultimi si definiscono le seguenti combinazioni:

Eccezionale $\Rightarrow G_1 + G_2 + A_d + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$ (urto da svio veicolare)

Ai fini delle verifiche degli stati limite di esercizio si definiscono le seguenti combinazioni:


Rara $\Rightarrow G_1 + G_2 + Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$

Frequente $\Rightarrow G_1 + G_2 + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$

Quasi permanente $\Rightarrow G_1 + G_2 + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$

Le verifiche agli stati limite di esercizio non risultano significative.

Si riportano di seguito le verifiche relative alla sola combinazione eccezionale con urto in quanto l'unica dimensionante.

	Doc. N. 65969-00002-A00	CODIFICA DOCUMENTO 04RCEI100002000000300	REV. A00	FOGLIO 11 di 26
---	----------------------------	---	-------------	--------------------

4.5 Verifiche geotecniche

4.5.1 Ribaltamento del muro

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

Eseguito 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 del muro 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 δ è positivo, ribaltante se δ è negativo. δ 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.

Con riferimento alla combinazione EQU dell'Approccio 2, la stabilità del muro risulta accettabile se il coefficiente di sicurezza μ_r è maggiore o uguale a 1.0.

4.5.2 Traslazione sul piano di posa

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

Eseguito 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.

APPROVATO SDP

Società di Progetto
Brebemi SpA



	Doc. N. 65969-00002-A00	CODIFICA DOCUMENTO 04RCEII100002000000300	REV. A00	FOGLIO 12 di 26
---	----------------------------	--	-------------	--------------------

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

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

La Normativa consente di computare, nelle forze resistenti, una aliquota dell'eventuale spinta dovuta al terreno posto a valle del muro. In tal caso, però, il coefficiente di sicurezza deve essere aumentato opportunamente. L'aliquota di spinta passiva che si può considerare ai fini della verifica a scorrimento non può comunque superare il 50 per cento.

Per quanto riguarda l'angolo d'attrito terra-fondazione, δ_f , diversi autori suggeriscono di assumere un valore di δ_f pari all'angolo d'attrito del terreno di fondazione.

Con riferimento alla combinazione GEO dell'Approccio 2, il coefficiente di sicurezza imposto dalla normativa deve rispettare la condizione $\mu_s \geq 1.1$.

4.5.3 Carico limite fondazione terreno

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

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

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

Le espressioni di Hansen per il calcolo della capacità portante si differenziano a secondo se siamo in presenza di un terreno puramente coesivo ($\phi=0$) o meno e si esprimono nel modo seguente:

Caso generale


$$q_u = c N_c s_c d_c i_c g_c b_c + q N_q s_q d_q i_q g_q b_q + 0.5 B \gamma N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma$$

Caso di terreno puramente coesivo $\phi=0$

$$q_u = 5.14 c (1 + s_c + d_c - i_c - g_c - b_c) + q$$

in cui d_c, d_q, d_γ , sono i fattori di profondità; s_c, s_q, s_γ , sono i fattori di forma; i_c, i_q, i_γ , sono i fattori di inclinazione del carico; b_c, b_q, b_γ , sono i fattori di inclinazione del piano di posa; g_c, g_q, g_γ , sono i fattori che tengono conto del fatto che la fondazione poggia su un terreno in pendenza.

I fattori N_c, N_q, N_γ sono espressi come:

	Doc. N. 65969-00002-A00	CODIFICA DOCUMENTO 04RCEII100002000000300	REV. A00	FOGLIO 13 di 26
---	----------------------------	--	-------------	--------------------

$$N_q = e^{\pi \text{tg} \phi} K_p$$

$$N_c = (N_q - 1) \text{ctg} \phi$$

$$N_\gamma = 1.5(N_q - 1) \text{tg} \phi$$

Con riferimento alla combinazione GEO dell'Approccio 2, il coefficiente di sicurezza imposto dalla normativa deve rispettare la condizione $\mu_s \geq 1.4$.

4.5.4 Stabilità globale

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento viene supposta circolare e determinata in modo tale da non avere intersezione con il profilo del muro o con i pali di fondazione. Si determina il minimo coefficiente di sicurezza su una maglia di centri di dimensioni 10x10 posta in prossimità della sommità del muro. Il numero di strisce è pari a 50.

Si adotta per la verifica di stabilità globale il metodo di Bishop.

Il coefficiente di sicurezza nel metodo di Bishop si esprime secondo la seguente formula:

$$\eta = \frac{\sum_i \left(\frac{c_i b_i + (W_i - u_i b_i) \text{tg} \phi_i}{m} \right)}{\sum_i W_i \sin \alpha_i}$$


dove il termine m è espresso da

$$m = \left(1 + \frac{\text{tg} \phi_i \text{tg} \alpha_i}{\eta} \right) \cos \alpha_i$$

In questa espressione n è il numero delle strisce considerate, b_i e α_i sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia i -esima rispetto all'orizzontale, W_i è il peso della striscia i -esima, c_i e ϕ_i sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed u_i è la pressione neutra lungo la base della striscia.

L'espressione del coefficiente di sicurezza di Bishop contiene al secondo membro il termine m che è funzione di η . Quindi essa viene risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per η da inserire nell'espressione di m ed iterare finquando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

Con riferimento alla combinazione A2+M2+R2 STAB, il coefficiente di sicurezza imposto dalla normativa deve rispettare la condizione $\mu_s \geq 1.1$.

	Doc. N. 65969-00002-A00	CODIFICA DOCUMENTO 04RCEI100002000000300	REV. A00	FOGLIO 14 di 26
---	----------------------------	---	-------------	--------------------

4.6 Verifiche strutturali

In ottemperanza al D.M. del 14.01.2008, gli elementi strutturali verranno verificati per i seguenti Stati Limite:

- ✓ Stato Limite Ultimo (flessione e taglio)

4.6.1 Verifiche nei confronti degli stati limite ultimi (SLU)

Per ogni stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

dove E_d è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione:

$$E_d = E \left[\gamma_F F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right]$$

Ovvero

$$E_d = \gamma_E \cdot E \left[F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right]$$


con $\gamma_E = \gamma_F$,

e dove R_d è il valore di progetto della resistenza dell'elemento strutturale in oggetto.

APPROVATO SDP

Società di Progetto
Brebemi SpA



	Doc. N. 65969-00002-A00	CODIFICA DOCUMENTO 04RCEII100002000000300	REV. A00	FOGLIO 15 di 26
---	----------------------------	--	-------------	--------------------

5. VERIFICHE GEOTECNICHE

Le verifiche geotecniche del muro vengono riassunte di seguito. Esse risultano tutte soddisfatte in quanto i coefficienti di sicurezza calcolati risultano maggiori di quelli limite imposti dalla normativa.

Lunghezza collaborante di muro L	4m
Larghezza muro B	2,6m
Spessore fondazione s	0,5m
Peso specifico calcestruzzo γ_{cls}	25kN/m ³
Peso fondazione P_{fond}	130,00kN

Azioni Permanenti in sommità fondazione

Sforzo normale (Peso elevazione) N_p	37,50kN
Momento in direzione trasversale M_{tp}	0,00kNm
Taglio in direzione trasversale T_{tp}	0,00kN
Momento in direzione lunghezza M_{lp}	0,00kNm
Taglio in direzione lunghezza T_{lp}	0,00kN

Azioni Eccezionali a base plinto

Sforzo normale N_v	0,00kN
Momento in direzione trasversale M_{tv}	170,00kNm
Taglio in direzione trasversale T_{tv}	100,00kN
Momento in direzione lunghezza M_{lv}	0,00kNm
Taglio in direzione lunghezza T_{lv}	0,00kN

Peso Terreno imbarcato

Larghezza terreno imbarcato B_t	2,20m
Lunghezza terreno imbarcato L_t	4,00m
Altezza terreno imbarcato H_t	0,20m
Peso specifico terreno γ_t	20kN/m ³
Peso totale terreno imbarcato P_{terr}	35,20kN

Verifica a ribaltamento - EQU

Coefficiente γ_{g1} - Permanente favorevole		0,90
Momento ribaltante di design in direzione trasversale	M_{r_d}	170,00kNm
Momento stabilizzante caratteristico in direzione trasversale	$M_s = (P+P_{terr}) \times B / 2$	263,51kNm
Momento stabilizzante di design in direzione trasversale	$M_{s_d} = M_s \times \gamma_{g1}$	237,16kNm
FS_{rib_trasv}		1,40

Società di Progetto
Brebemi SpA



Azioni ad intradosso plinto - Combinazione Eccezionale URTO

Sforzo normale totale $N' = N_p + P_{fond} + P_{terr}$	202,70kN
Momento in direzione trasversale M_t'	170,00kNm
Taglio in direzione trasversale T_t'	100,00kN
Momento in direzione lunghezza M_l'	0,00kNm
Taglio in direzione lunghezza T_l'	0,00kN

Verifica allo scivolamento

Forza orizzontale destabilizzante H_d	100,00kN
Carico verticale ad intradosso fondazione V_d	202,70kN
Angolo di attrito per lo scorrimento (ϕ'_{cv})	38,00°
Coefficiente d'attrito in fondazione α	0,781
Taglio resistente in fondazione $V_d \cdot \alpha$	158,37kN
Forza orizzontale stabilizzante $V_d \cdot \alpha$	158,37kN
$FS_{scivolamento}$	1,58
γ_R minimo scivolamento	1,10

Dimensioni efficaci fondazione

Larghezza efficace B'	0,92m
Lunghezza efficace L'	4,00m

Pressione media sul terreno q **54,9kPa**

Affondamento da p.c. D **0,70m**

Caratteristiche del terreno di fondazione

Peso specifico totale del terreno di fondazione γ	20,00kN/m ³
Profondità della falda da p.c. z_f	50,00m
Distanza quota di falda - piano di imposta fondazione z_w	49,30m
Peso specifico efficace base fondazione B γ'_{cB}	20,00kN/m ³
Peso specifico efficace base fondazione L γ'_{cL}	20,00kN/m ³
Angolo di attrito del terreno di fondazione ϕ'	35,00°

Inclinazione terreno rispetto a orizzontale (dir trasv - B) ω_B 0,00°

Inclinazione terreno rispetto a orizzontale (dir long - L) ω_L 0,00°

Peso specifico del terreno latistante la fondazione γ' 20,00kN/m³

Pressione verticale efficace a quota imposta fondazione q'_0 14kPa

Società a progetto
Brebemi SpA



Coefficienti di capacità portante

N_γ	33,92
N_q	33,30
N_c	-

Coefficienti di inclinazione del carico

$i_{\gamma B'}$	0,12
$i_{q B'}$	0,24
$i_{\gamma L'}$	1,00
$i_{q L'}$	1,00

Coefficienti di forma

$s_{\gamma B'}$	0,99
$s_{q B'}$	1,032
$s_{\gamma L'}$	-13,42
$s_{q L'}$	3,49

Coefficienti di affondamento

$d_{\gamma B'}$	1,00
$d_{q B'}$	1,19
$d_{\gamma L'}$	1,00
$d_{q L'}$	1,04

Coefficienti per inclinazione terreno

$g_{\gamma B'} = g_{q B'}$	1,00
$g_{\gamma L'} = g_{q L'}$	1,00

Capacità portante limite di base

$$Q_{lim\gamma B'} = \frac{1}{2} \cdot \gamma'_{cB'} \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot s_{\gamma B'} \cdot d_{\gamma B'} \cdot i_{\gamma B'} \cdot g_{\gamma B'}$$

$$Q_{lim\gamma L'} = \frac{1}{2} \cdot \gamma'_{cL'} \cdot L' \cdot N_\gamma \cdot s_{\gamma L'} \cdot d_{\gamma L'} \cdot i_{\gamma L'} \cdot g_{\gamma L'}$$

$Q_{lim\gamma B'}$	37kPa
$Q_{lim\gamma L'}$	-18210kPa

Capacità portante limite per sovraccarico laterale

$$Q_{limq B'} = q_0' \cdot N_q \cdot s_{q B'} \cdot d_{q B'} \cdot i_{q B'} \cdot g_{q B'}$$

$$Q_{limq L'} = q_0' \cdot N_q \cdot s_{q L'} \cdot d_{q L'} \cdot i_{q L'} \cdot g_{q L'}$$

$Q_{limq B'}$	139kPa
$Q_{limq L'}$	1698kPa

Nella valutazione del termine di capacità portante $q_{lim\gamma}$ viene assunto $q_{lim\gamma B'}$ o $q_{lim\gamma L'}$ in base al valore calcolato di s_γ ; si assumerà l'espressione per la quale risulta $s_\gamma > 0.6$.

Nella valutazione del termine di capacità portante q_{limq} tra q_{limqB} e q_{limqL} viene scelto quello minore.

	q_{limy}	37kPa
	q_{limq}	139kPa
Capacità portante a rottura	q_{lim}	176kPa
γ_R minimo capacità portante		1,40
Capacità portante di design	q_{res_d}	126,1kPa
Pressione media sollecitante di design	q_{soll_d}	54,9kPa
FS capacità portante		2,30

APPROVATO SDP

6. SOLLECITAZIONI SUGLI ELEMENTI STRUTTURALI

Di seguito si riassumono le sollecitazioni significative agenti sulla mensola in elevazione e sulla fondazione.

Mensola in elevazione

Il massimo momento SLU nella combinazione urto vale:

$$M_{SLU\ URTO} = 100\text{ kN} \times 1,20\text{ m} / (0,50 + 1,20)\text{ m} = 70,6\text{ kNm/m}$$

$$T_{SLU\ URTO} = 100\text{ kN} / (0,50 + 1,20)\text{ m} = 58,9\text{ kN/m}$$

Fondazione

Le azioni allo SLU agenti ad intradosso fondazione valgono:

$$M_{SLU\ URTO} = 170\text{ kNm}$$

$$N_{SLU\ URTO} = 203\text{ kN}$$

N°	b [cm]	h [cm]
1	400	260

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 203 kN
M_{xEd} 0 170 kNm
M_{yEd} 0 0

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Materiali

B450C	C25/30
ϵ_{su} 67.5 ‰	ϵ_{c2} 2 ‰
f_{yd} 391.3 N/mm ²	ϵ_{cu} 3.5
E_s 200.000 N/mm ²	f_{cd} 14.17
E_s/E_c 15	f_{cc}/f_{cd} 0.8 ?
ϵ_{syd} 1.957 ‰	$\sigma_{c,adm}$ 9.75
$\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm ²	τ_{co} 0.6
	τ_{c1} 1.829

σ_c -0.07314 N/mm²
 σ_s N/mm²
 ϵ_s ‰
d cm
x 138.8 x/d
 δ

Verifica N° iterazioni: 5

Precompresso

La massima tensione sul terreno risulta quindi:

$$\sigma_{max_SLU} = 74\text{ kPa}$$

Da cui si ottengono le seguenti sollecitazioni SLU conservative sulla platea di fondazione:

$$M_{SLU\ URTO} = 74 \times 1,1^2 / 2 = 45\text{ kNm/m}$$

$$T_{SLU\ URTO} = 74 \times 1,1 = 82\text{ kN/m}$$

7. VERIFICHE STRUTTURALI

Si riportano di seguito le verifiche strutturali dell'elevazione e della fondazione.

7.1 Elevazione

$$M_{SLU\ URTO} = 70,6 \text{ kNm/m}$$

$$T_{SLU\ URTO} = 58,9 \text{ kN/m}$$

Mensola di spessore pari a 0,20 m

Verifica a flessione SLU : la sezione risulta armata con ϕ 20 passo 20 cm ambo i lati.

Titolo : _____

N° figure elementari **Zoom** N° strati barre **Zoom**

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	20	1	15,71	14

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni
 S.L.U. **Metodo n**

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

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipo flessione
 Retta Deviata

Materiali
 B450C C25/30
 ϵ_{su} 67,5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391,3 N/mm² ϵ_{cu} 3,5 ‰
 E_s 200.000 N/mm² f_{cd} 14,17
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0,8 ?
 ϵ_{syd} 1,957 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 9,75
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0,6
 τ_{cl} 1,829

Tipo rottura
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M_{xRd} 72,36 kN m
 σ_c -14,17 N/mm²
 σ_s 391,3 N/mm²
 ϵ_c 3,5 ‰
 ϵ_s 5,646 ‰
 d 14 cm
 x 5,358 x/d 0,3827
 δ 0,9184

Calcola MRd **Dominio M-N**
 L_0 cm **Col. modello**
 Precompresso

N° rett. 100

APPROVATO SDP

Essendo $M_{Res} = 72,4 \text{ kNm/m} > M_{SLU\ URTO} = 70,6 \text{ kNm/m}$ la verifica risulta soddisfatta.

Si riporta inoltre la verifica a taglio SLU.

V_{sdu}	58,8	kN
M_{sdu}	71	kNm
N_{sdu}	0	kN
R_{ck}	35	N/mm ²
f_{ck}	28	N/mm ²
γ_c	1,5	
f_{yk}	450	N/mm ²
bw	100	cm
d	15,00	cm
Asl	15,71	cm ²
c	5,00	cm
α	90	gradi
α	1,57	rad
θ	0,00	gradi
$ctg\theta$	#DIV/0!	
$\theta_{imposto}$	-	gradi
Asw	0	cm ²
passo staffe	40	cm
f_{cd}	15,867	N/mm ²
$f_{ctd_{0,05}}$	1,240	N/mm ²
f_{yd}	391,304	N/mm ²
σ_{cp}	0,0000	N/mm ²
<i>verifica senza armatura resistente a taglio</i>		
V_{Rd}	111,015	kN

La verifica risulta soddisfatta senza armatura a taglio.

APPROVATO SDP

Mensola di spessore pari a 0,47 m

Verifica a flessione SLU : la sezione risulta armata con ϕ 16 passo 20 cm ambo i lati.

Titolo :			Tipo Sezione		
N° figure elementari <input type="text" value="1"/> Zoom			N° strati barre <input type="text" value="1"/> Zoom		
N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm ²]	d [cm]
1	100	47	1	10,05	41
Sollecitazioni S.L.U. <input type="button" value="→"/> Metodo n <input type="button" value="←"/>			P.to applicazione N <input checked="" type="radio"/> Centro <input type="radio"/> Baricentro cls <input type="radio"/> Coord.[cm] xN <input type="text" value="0"/> yN <input type="text" value="0"/>		
N _{Ed}	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/> kN	Tipo rottura Lato calcestruzzo - Acciaio snervato		
M _{xEd}	<input type="text" value="71"/>	<input type="text" value="0"/> kNm	Metodo di calcolo <input checked="" type="radio"/> S.L.U.+ <input type="radio"/> S.L.U.- <input checked="" type="radio"/> Metodo n		
M _{yEd}	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	Tipo flessione <input checked="" type="radio"/> Retta <input type="radio"/> Deviata		
Materiali B450C C25/30			M _{xRd} <input type="text" value="155,6"/> kNm		
ε _{su}	<input type="text" value="67,5"/> ‰	ε _{c2} <input type="text" value="2"/> ‰	σ _c	<input type="text" value="-14,17"/> N/mm ²	
f _{yd}	<input type="text" value="391,3"/> N/mm ²	ε _{cu} <input type="text" value="3,5"/> ‰	σ _s	<input type="text" value="391,3"/> N/mm ²	
E _s	<input type="text" value="200.000"/> N/mm ²	f _{cd} <input type="text" value="14,17"/>	ε _c	<input type="text" value="3,5"/> ‰	
E _s /E _c	<input type="text" value="15"/>	f _{cc} / f _{cd} <input type="text" value="0,8"/> ?	ε _s	<input type="text" value="38,5"/> ‰	
ε _{syd}	<input type="text" value="1,957"/> ‰	σ _{c,adm} <input type="text" value="9,75"/>	d	<input type="text" value="41"/> cm	
σ _{s,adm}	<input type="text" value="255"/> N/mm ²	τ _{co} <input type="text" value="0,6"/>	x	<input type="text" value="3,417"/> x/d <input type="text" value="0,08334"/>	
		τ _{c1} <input type="text" value="1,829"/>		δ <input type="text" value="0,7"/>	
			N° rett. <input type="text" value="100"/>		
			Calcola MRd <input type="button" value=""/> Dominio M-N <input type="button" value=""/>		
			L ₀ <input type="text" value="0"/> cm Col. modello <input type="button" value=""/>		
			<input type="checkbox"/> Precompresso		

Essendo $M_{Res} = 155,6 \text{ kNm/m} > M_{SLU \text{ URTO}} = 70,6 \text{ kNm/m}$ la verifica risulta soddisfatta.

APPROVATO SDP

Si riporta inoltre la verifica a taglio SLU.

V_{sdu}	58,8	kN
M_{sdu}	71	kNm
N_{sdu}	0	kN
R_{ck}	35	N/mm ²
f_{ck}	28	N/mm ²
γ_c	1,5	
f_{yk}	450	N/mm ²
b_w	100	cm
d	42,00	cm
As_l	10	cm ²
c	5,00	cm
α	90	gradi
α	1,57	rad
θ	0,00	gradi
$ctg\theta$	#DIV/0!	
$\theta_{imposto}$	-	gradi
As_w	0	cm ²
passo staffe	40	cm
f_{cd}	15,867	N/mm ²
$f_{ctd_{0,05}}$	1,240	N/mm ²
f_{yd}	391,304	N/mm ²
σ_{cp}	0,0000	N/mm ²
<i>verifica senza armatura resistente a taglio</i>		
V_{Rd}	160,314	kN

La verifica risulta soddisfatta senza armatura a taglio.

APPROVATO SDP

7.2 Fondazione

$$M_{SLU\ URTO} = 45 \text{ kNm/m}$$

$$T_{SLU\ URTO} = 82 \text{ kN/m}$$

Si effettua la verifica a flessione SLU della sezione $b \times h = 100 \times 50 \text{ cm}$ armata con $\phi 16$ passo 20 cm sia sopra che sotto.

Titolo :			Tipo Sezione																		
N° figure elementari <input type="text" value="1"/> Zoom			N° strati barre <input type="text" value="1"/> Zoom																		
N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm ²]	d [cm]																
1	100	50	1	10,05	45																
Sollecitazioni			P.to applicazione N																		
S.L.U. <input type="text"/> Metodo n <input type="text"/>			<input checked="" type="radio"/> Centro <input type="radio"/> Baricentro cls <input type="radio"/> Coord.[cm] xN <input type="text" value="0"/> yN <input type="text" value="0"/>																		
N _{Ed}	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/> kN	Tipo rottura																		
M _{xEd}	<input type="text" value="45"/>	<input type="text" value="0"/> kNm	Lato calcestruzzo - Acciaio snervato																		
M _{yEd}	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input checked="" type="radio"/> S.L.U.+ <input type="radio"/> S.L.U.- <input type="radio"/> Metodo n																		
Materiali			M _{xRd} <input type="text" value="171,3"/> kN m																		
<table border="1"> <tr> <th>B450C</th> <th>C25/30</th> </tr> <tr> <td>ϵ_{su} <input type="text" value="67,5"/> ‰</td> <td>ϵ_{c2} <input type="text" value="2"/> ‰</td> </tr> <tr> <td>f_{yd} <input type="text" value="391,3"/> N/mm²</td> <td>ϵ_{cu} <input type="text" value="3,5"/> ‰</td> </tr> <tr> <td>E_s <input type="text" value="200.000"/> N/mm²</td> <td>f_{cd} <input type="text" value="14,17"/> ‰</td> </tr> <tr> <td>E_s/E_c <input type="text" value="15"/></td> <td>f_{cc}/f_{cd} <input type="text" value="0,8"/> ?</td> </tr> <tr> <td>ϵ_{syd} <input type="text" value="1,957"/> ‰</td> <td>$\sigma_{c,adm}$ <input type="text" value="9,75"/></td> </tr> <tr> <td>$\sigma_{s,adm}$ <input type="text" value="255"/> N/mm²</td> <td>τ_{co} <input type="text" value="0,6"/></td> </tr> <tr> <td></td> <td>τ_{cl} <input type="text" value="1,829"/></td> </tr> </table>			B450C	C25/30	ϵ_{su} <input type="text" value="67,5"/> ‰	ϵ_{c2} <input type="text" value="2"/> ‰	f_{yd} <input type="text" value="391,3"/> N/mm ²	ϵ_{cu} <input type="text" value="3,5"/> ‰	E_s <input type="text" value="200.000"/> N/mm ²	f_{cd} <input type="text" value="14,17"/> ‰	E_s/E_c <input type="text" value="15"/>	f_{cc}/f_{cd} <input type="text" value="0,8"/> ?	ϵ_{syd} <input type="text" value="1,957"/> ‰	$\sigma_{c,adm}$ <input type="text" value="9,75"/>	$\sigma_{s,adm}$ <input type="text" value="255"/> N/mm ²	τ_{co} <input type="text" value="0,6"/>		τ_{cl} <input type="text" value="1,829"/>	σ_c <input type="text" value="-14,17"/> N/mm ² σ_s <input type="text" value="391,3"/> N/mm ² ϵ_c <input type="text" value="3,5"/> ‰ ϵ_s <input type="text" value="42,6"/> ‰ d <input type="text" value="45"/> cm x <input type="text" value="3,416"/> x/d <input type="text" value="0,07592"/> δ <input type="text" value="0,7"/>		
B450C	C25/30																				
ϵ_{su} <input type="text" value="67,5"/> ‰	ϵ_{c2} <input type="text" value="2"/> ‰																				
f_{yd} <input type="text" value="391,3"/> N/mm ²	ϵ_{cu} <input type="text" value="3,5"/> ‰																				
E_s <input type="text" value="200.000"/> N/mm ²	f_{cd} <input type="text" value="14,17"/> ‰																				
E_s/E_c <input type="text" value="15"/>	f_{cc}/f_{cd} <input type="text" value="0,8"/> ?																				
ϵ_{syd} <input type="text" value="1,957"/> ‰	$\sigma_{c,adm}$ <input type="text" value="9,75"/>																				
$\sigma_{s,adm}$ <input type="text" value="255"/> N/mm ²	τ_{co} <input type="text" value="0,6"/>																				
	τ_{cl} <input type="text" value="1,829"/>																				
			<input checked="" type="radio"/> Retta <input type="radio"/> Deviata N° rett. <input type="text" value="100"/>																		
			<input type="button" value="Calcola MRd"/> <input type="button" value="Dominio M-N"/>																		
			L _o <input type="text" value="0"/> cm <input type="button" value="Col. modello"/>																		
			<input type="checkbox"/> Precompresso																		

Essendo $M_{Res} = 171 \text{ kNm/m} > M_{SLU\ URTO} = 45 \text{ kNm/m}$ la verifica risulta soddisfatta.

APPROVATO SDP

Si riporta inoltre la verifica a taglio SLU.

V_{sdu}	82,0	kN
M_{sdu}	45	kNm
N_{sdu}	0	kN
R_{ck}	35	N/mm ²
f_{ck}	28	N/mm ²
γ_c	1,5	
f_{yk}	450	N/mm ²
b_w	100	cm
d	45,00	cm
Asl	10	cm ²
c	5,00	cm
α	90	gradi
α	1,57	rad
θ	0,00	gradi
$ctg\theta$	#DIV/0!	
$\theta_{imposto}$	-	gradi
Asw	0	cm ²
passo staffe	40	cm
f_{cd}	15,867	N/mm ²
$f_{ctd_{0,05}}$	1,240	N/mm ²
f_{yd}	391,304	N/mm ²
σ_{cp}	0,0000	N/mm ²
<i>verifica senza armatura resistente a taglio</i>		
V_{Rd}	165,535	kN

La verifica risulta soddisfatta senza armatura a taglio.

APPROVATO SDP