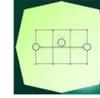


CONCEDENTE



CONCESSIONARIA



SOCIETÀ DI PROGETTO
BREBEMI SPA

CUP E3 1 B05000390007

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

PROCEDURA AUTORIZZATIVA D. LGS 163/2006
DELIBERA C.I.P.E. DI APPROVAZIONE DEL PROGETTO DEFINITIVO N° 42/2009

INTERCONNESSIONE A35-A4
PROGETTO DEFINITIVO

INTERCONNESSIONE A35-A4

PARTE GENERALE

IMPIANTI SPECIALI E TELECOMUNICAZIONI

PANNELLO A MESSAGGIO VARIABILE DI ITINERE

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

PROGETTAZIONE:



CONSORZIO B.B.M.

VERIFICA:

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

PER IL CONSORZIO
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: MARZO 2015 SCALA:
	EMIT.	TIPO	FASE	M.A.	LOTTO	OPERA	PROG. OPERA	TRATTO	PARTI	PROGR.	PARTI DOC.	STATO	REV.	
60089	04	RC	D	0	00	00	016	00	00	002	00	A	00	

ELABORAZIONE PROGETTUALE	REVISIONE									
	N.	REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	DATA	CONTROLLATO	DATA	APPROVATO	
IL PROGETTISTA IMPRESA PIZZAROTTI E C. S. P. A. DOTT. ING. PIETRO MAZZOLI ORDINE DEGLI INGEGNERI DI PARMA N. 821	A	00	EMISSIONE	04/03/2015	MAZZOLI	04/03/2015	MAZZOLI	04/03/2015	MAZZOLI	

IL CONCEDENTE	IL CONCESSIONARIO

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

	Doc. N. 60089-00016-A00	CODIFICA DOCUMENTO 60089-04-RC-D-0-00-00- 016-00-00-002-00	REV. A00	FOGLIO 2 di 72
---	----------------------------	--	-------------	-------------------

I N D I C E

1	PREMESSA.....	3
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	5
3	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	7
4	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	7
4.1	Conglomerato cementizio per sottofondazioni	7
4.2	Conglomerato cementizio per pali di fondazione.....	7
4.3	Conglomerato cementizio per fondazioni	7
4.4	Acciaio per cemento armato.....	8
5	DURABILITÀ E PRESCRIZIONI SUI MATERIALI.....	8
5.1	Copriferro minimo e copriferro nominale	9
6	CRITERI DI CALCOLO	9
6.1	Criteri e definizione dell'azione sismica.....	10
6.2	Combinazioni di carico agli stati limite	14
7	METODO DI CALCOLO.....	16
8	ANALISI DELLA STRUTTURA.....	19
8.1	Dati relativi all'elevazione	19
8.1.1	Geometria dell'elevazione	19
8.1.2	Azioni trasmesse dall'elevazione.....	20
8.2	Palificata di fondazione	26
8.2.1	Geometria della palificata	26
8.2.2	Carichi elementari in testa palificata.....	26
8.2.3	Combinazioni di carico	27
8.2.4	Sollecitazioni sulla palificata di fondazione	28
8.3	Sollecitazioni e verifiche del basamento.....	29
8.3.1	Verifiche strutturali	31
8.4	Sollecitazioni e verifiche dei pali.....	38
8.4.1	Verifiche strutturali	56
8.4.2	Verifiche di portanza	72



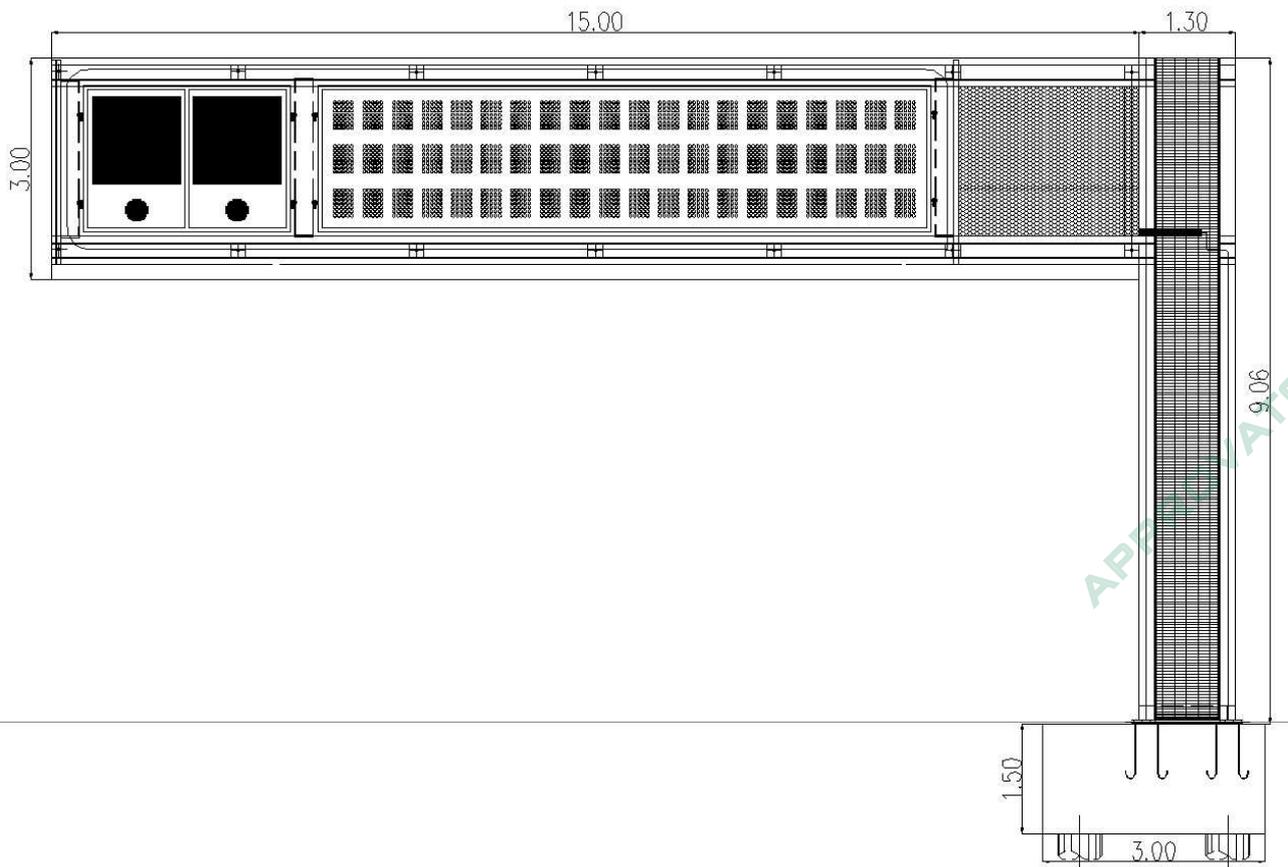
	Doc. N. 60089-00016-A00	CODIFICA DOCUMENTO 60089-04-RC-D-0-00-00- 016-00-00-002-00	REV. A00	FOGLIO 3 di 72
---	-----------------------------------	---	--------------------	--------------------------

1 PREMESSA

La presente relazione tratta l'analisi e le verifiche strutturali del basamento di fondazione su pali dei pannelli a messaggi variabili (PMV) nell'ambito dei lavori inerenti l'interconnessione Autostradale A4-A35 ed all'adeguamento a due carreggiate del lotto 0A.

I PMV in oggetto sono di altezza pari a 9.06 m con struttura reticolare orizzontale a sbalzo di lunghezza pari a circa 15.00 m ed altezza pari a 3.00 m.

La geometria della struttura in elevazione e del basamento di fondazione viene riportata nella seguente immagine:



Le analisi e le verifiche strutturali riportate nel presente documento sono da ritenersi valide per tutti i pannelli a messaggio variabile Itinere installati dai lotti di competenza.

Società di Progetto
Brebemi SpA

	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	60089-00016-A00	60089-04-RC-D-0-00-00-016-00-00-002-00	A00	4 di 72

Si riporta un riepilogo dei PMV previsti:

carr.	progr. Piazzola	Pannello messaggio variabile	
		itinere	H ril
LOTTO 0A			
NORD	2+644	1	trincea
SUD	3+862	1	1.00
LOTTO A4			
NORD	212+400	1	2.00

APPROVATO SDP

Società di Progetto
Brebemi SpA




	Doc. N. 60089-00016-A00	CODIFICA DOCUMENTO 60089-04-RC-D-0-00-00- 016-00-00-002-00	REV. A00	FOGLIO 5 di 72
---	----------------------------	--	-------------	-------------------

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le verifiche sono effettuate nello spirito del metodo *semiprobabilistico agli Stati Limite* nel rispetto della normativa vigente, prendendo in particolare a riferimento le seguenti leggi, normative e circolari:

- D. M. Min. Il. TT. del 14 gennaio 2008 – Norme tecniche per le costruzioni;
- CIRCOLARE 2 febbraio 2009, n.617 “Istruzione per l’applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008;
- UNI EN 1990 (Eurocodice 0) – Aprile 2006: “Criteri generali di progettazione strutturale”;
- UNI EN 1991-2-4 (Eurocodice 1) – Agosto 2004 – Azioni in generale: “Pesi per unità di volume, pesi propri e sovraccarichi per gli edifici”;
- UNI EN 1991-1-1 (Eurocodice 1) – Agosto 2004 – Azioni in generale- Parte 1-1: “Pesi per unità di volume, pesi propri e sovraccarichi per gli edifici”;
- UNI EN 1991-2 (Eurocodice 1) – Marzo 2005 – Azioni sulle strutture- Parte 2: “Carico da traffico sui ponti”;
- UNI EN 1992-1-1 (Eurocodice 2) – Novembre 2005: “Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1-1: “Regole generali e regole per gli edifici”;
- UNI EN 1992-2 (Eurocodice 2) – Gennaio 2006: “Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 2: “Ponti in calcestruzzo - progettazione e dettagli costruttivi”;
- UNI EN 1993-1-1 (Eurocodice 3) – Ottobre 1993: “Progettazione delle strutture in acciaio – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici”;
- UNI EN 1997-1 (Eurocodice 7) – Febbraio 2005: “Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali”;
- UNI EN 1998-1 (Eurocodice 8) – Marzo 2005: “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 1: Regole generali – Azioni sismiche e regole per gli edifici”;

APPROVATO SDR

Società di Progetto
Brebemi SpA

	Doc. N. 60089-00016-A00	CODIFICA DOCUMENTO 60089-04-RC-D-0-00-00- 016-00-00-002-00	REV. A00	FOGLIO 6 di 72
---	-----------------------------------	---	--------------------	--------------------------

- UNI EN 1998-2 (Eurocodice 8) – Febbraio 2006: “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 2: Ponti”;
- UNI EN 1998-5 (Eurocodice 8) – Gennaio 2005: “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 2: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”.
- Linee guida sul calcestruzzo strutturale - Presidenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Servizio Tecnico Centrale;
- UNI EN 197-1 giugno 2001 – “Cemento: composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi comuni”;
- UNI EN 11104 marzo 2004 – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”, Istruzioni complementari per l'applicazione delle EN 206-1;
- UNI EN 206-1 ottobre 2006 – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”.
- CNR 10024/86 – Analisi mediante elaboratore: impostazione e redazione delle relazioni di calcolo.

APPROVATO SDP

Società di Progetto
Brebemi SpA



	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	60089-00016-A00	60089-04-RC-D-0-00-00-016-00-00-002-00	A00	7 di 72

3 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

[1] Consorzio B.B.M. – Progetto Definitivo – Pannello a messaggio variabile di itinere – Relazione di calcolo delle fondazioni. Doc. N° 6009004RCD00000016000000100A00

4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Per la realizzazione dell'opera è previsto l'impiego dei sottoelencati materiali.

4.1 Conglomerato cementizio per sottofondazioni

Classe	C12/15
Resistenza caratteristica cubica	$f_{ck,cube} = 15 \text{ N/mm}^2$
Resistenza caratteristica cilindrica	$f_{ck,cyl} = 12 \text{ N/mm}^2$
Classe di esposizione	-
Classe di consistenza	S4 / S5
Copriferro minimo	-

4.2 Conglomerato cementizio per pali di fondazione

Classe	C25/30
Resistenza caratteristica cubica	$f_{ck,cube} = 30 \text{ N/mm}^2$
Resistenza caratteristica cilindrica	$f_{ck,cyl} = 25 \text{ N/mm}^2$
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = \alpha_{cc} * f_{ck} / \gamma_c = 0,85 * f_{ck} / 1,5 = 14,167 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione media	$f_{ctm} = 0,30 * f_{ck}^{2/3} = 2,565 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione (frattile 5%)	$f_{ctk 0,05} = 0,7 * f_{ctm} = 1,795 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione di calcolo	$f_{ctd} = f_{ctk 0,05} / \gamma_c = 1,197 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a compressione (comb. Rara)	$\sigma_c = 0.60 * f_{ck} = 15.00 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a compressione (comb. Quasi permanente)	$\sigma_c = 0.45 * f_{ck} = 11.25 \text{ N/mm}^2$

4.3 Conglomerato cementizio per fondazioni

Classe	C28/35
Resistenza caratteristica cubica	$f_{ck,cube} = 35 \text{ N/mm}^2$
Resistenza caratteristica cilindrica	$f_{ck,cyl} = 28 \text{ N/mm}^2$

File mod.:Normal.dotm

Società di Progetto
Brebemi SpA



File doc.: 60089-00016-A00.doc

	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	60089-00016-A00	60089-04-RC-D-0-00-00-016-00-00-002-00	A00	8 di 72

Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = \alpha_{cc} * f_{ck} / \gamma_c = 0,85 * f_{ck} / 1,5 = 15,867 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione media	$f_{ctm} = 0,30 * f_{ck}^{2/3} = 2,766 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione (frattile 5%)	$f_{ctk 0,05} = 0,7 * f_{ctm} = 1,936 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione di calcolo	$f_{ctd} = f_{ctk 0,05} / \gamma_c = 1,2911 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a compressione (comb. Rara)	$\sigma_c = 0.60 * f_{ck} = 16.80 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a compressione (comb. Quasi permanente)	$\sigma_c = 0.45 * f_{ck} = 13.07 \text{ N/mm}^2$

4.4 Acciaio per cemento armato

Per le armature metalliche si adottano tondini in acciaio del tipo B450C controllato in stabilimento che presentano le seguenti caratteristiche:

Tensione di snervamento caratteristica	$f_{yk} \geq 450 \text{ N/mm}^2$
Tensione caratteristica a rottura	$f_{tk} \geq 540 \text{ N/mm}^2$
Resistenza di calcolo	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 450 / 1,15 = 391,30 \text{ N/mm}^2$
Deformazione caratteristica al carico massimo	$\epsilon_{uk} = 7,5 \%$
Deformazione di progetto	$\epsilon_{ud} = 6,75 \%$

5 DURABILITÀ E PRESCRIZIONI SUI MATERIALI

Per garantire la durabilità delle strutture in calcestruzzo armato ordinario, esposte all'azione dell'ambiente, si devono adottare i provvedimenti atti a limitare gli effetti di degrado indotti dall'attacco chimico, fisico e derivante dalla corrosione delle armature e dai cicli di gelo e disgelo.

Al fine di ottenere la prestazione richiesta in funzione delle condizioni ambientali, nonché per la definizione della relativa classe, si fa riferimento alle indicazioni contenute nelle Linee Guida sul calcestruzzo strutturale edite dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici ovvero alle norme UNI EN 206-1:2006 ed UNI 11104:2004.

Per le opere della presente relazione si adotta quanto segue:

<u>Pali</u>	CLASSE DI ESPOSIZIONE	XC2
<u>Fondazione</u>	CLASSE DI ESPOSIZIONE	XC4-XD1-XF1

Condizioni ambientali	Classe di esposizione
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Tabella 4.1.III: Descrizione delle condizioni ambientali

Nella tabella 4.1.IV sono indicati i criteri di scelta dello stato limite di fessurazione con riferimento alle condizioni ambientale e al tipo di armatura.

	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	60089-00016-A00	60089-04-RC-D-0-00-00-016-00-00-002-00	A00	9 di 72

Gruppi di esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	w _d	Stato limite	w _d
a	Ordinarie	frequente	ap. fessure	≤ w ₂	ap. fessure	≤ w ₃
		quasi permanente	ap. fessure	≤ w ₁	ap. fessure	≤ w ₂
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	≤ w ₁	ap. fessure	≤ w ₂
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	≤ w ₁
c	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	≤ w ₁
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	≤ w ₁

Tabella 4.1.IV: Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione

In **grigio chiaro** sono indicate gli stati limite di fessurazione da utilizzare per le verifiche degli elementi strutturali costituenti la fondazione.

5.1 Copriferro minimo e copriferro nominale

Ai fini di preservare le armature dai fenomeni di aggressione ambientale, dovrà essere previsto un idoneo copriferro; il suo valore, misurato tra la parete interna del cassero e la generatrice dell'armatura metallica più vicina, individua il cosiddetto "copriferro nominale".

Il copriferro nominale C_{nom} è somma di due contributi, il copriferro minimo C_{min} e la tolleranza di posizionamento h . Vale pertanto: $C_{nom} = C_{min} + h$.

La tolleranza di posizionamento delle armature h , per le strutture gettate in opera, può essere assunta pari ad almeno 5 mm. Considerata la Classe di esposizione ambientale dell'opera, si adotta un copriferro minimo pari a 35mm, pertanto $C_{nom}=40$ mm.

6 CRITERI DI CALCOLO

Le verifiche sono condotte, in osservanza al *D.M. del 14.01.2008 "Norme tecniche per le costruzioni"*, attraverso il metodo semiprobabilistico agli Stati Limite.

Gli Stati Limite Ultimi delle opere di fondazione si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno, e al raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali che compongono le opere stesse.

Per le strutture assimilabili alle opere di fondazione § 6.4.3 (NTC) devono essere effettuate le verifiche con riferimento almeno ai seguenti Stati Limite:

- ✓ SLU di tipo geotecnico (GEO) e di equilibrio di corpo rigido (EQU)
- ✓ SLU di tipo strutturale (STR)

Nel paragrafo "Combinazioni di carico agli stati limite" saranno esplicitati i singoli SLU appena citati e impiegati per le verifiche.

	Doc. N. 60089-00016-A00	CODIFICA DOCUMENTO 60089-04-RC-D-0-00-00- 016-00-00-002-00	REV. A00	FOGLIO 10 di 72
---	-----------------------------------	---	--------------------	---------------------------

6.1 Criteri e definizione dell'azione sismica

L'effetto dell'azione sismica di progetto sull'opera nel suo complesso, includendo il volume significativo di terreno, la struttura di fondazione, gli elementi strutturali, deve rispettare gli stati limite ultimi e di esercizio definiti al § 3.2.1 (NTC), i cui requisiti di sicurezza sono indicati nel § 7.1 delle NTC.

Il rispetto degli Stati Limite si considera conseguito quando:

- nei confronti degli stati limite di esercizio siano rispettate le verifiche relative al solo Stato Limite di Danno;
- nei confronti degli stati limite ultimi siano rispettate le indicazioni progettuali e costruttive riportate nel § 7 delle (NTC) e siano soddisfatte le verifiche relative al solo Stato Limite di salvaguardia della Vita.

Per Stato Limite di Danno (SLD) s'intende che l'opera, nel suo complesso, a seguito del terremoto, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali. Lo stato limite di esercizio comporta la verifica delle tensioni di lavoro, in conformità al § 4.1.2.2.5 (NTC).

Per Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV) s'intende che l'opera a seguito del terremoto subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali e impiantistici e significativi danni di componenti strutturali, cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali.

Gli stati limite, sia di esercizio sia ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni che l'opera da realizzarsi deve assolvere durante un evento sismico; per la funzione che l'opera deve espletare nella sua vita utile, è significativo calcolare lo Stato Limite di Danno (SLD) per l'esercizio e lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) per lo stato limite ultimo.

A riguardo del calcolo allo SLV, dovendo la struttura mantenere durante l'evento sismico un comportamento elastico, vengono eseguite le verifiche alle tensioni di esercizio (§ 4.1.2.2.5), assumendo come limite delle tensioni di esercizio quelle adottate per la combinazione caratteristica (rara). Tale condizione, in accordo al punto § 7.10.6.1., consente di ritenere soddisfatte anche le verifiche nei confronti dello SLD.

Per la definizione dell'azione sismica, occorre definire il periodo di riferimento (P_{VR}) in funzione dello stato limite considerato.

La vita nominale (V_N) dell'opera è stata assunta pari a 100 anni;

Società di Progetto
Brebemi SpA



	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	60089-00016-A00	60089-04-RC-D-0-00-00-016-00-00-002-00	A00	11 di 72

La classe d'uso assunta è la IV;

Dalla tabella Tab.2.4. II delle (NTC) è possibile risalire al valore del coefficiente d'uso (C_u)

$$C_u = 2.0$$

Il periodo di riferimento (V_R) per l'azione sismica, data la vita nominale e la classe d'uso vale:

$$V_R = V_N \cdot C_u = 200 \text{ anni}$$

I valori di probabilità di superamento nel periodo di riferimento (P_{VR}), cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente è:

$$P_{VR}(SLV) = 10 \%$$

Il periodo di ritorno dell'azione sismica (T_R) espresso in anni, vale:

$$T_R(SLV) = 1898 \text{ anni}$$

Dato il valore del periodo di ritorno suddetto, tramite le tabelle riportate nell'Allegato B della norma o tramite la mappatura messa a disposizione in rete dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), è possibile definire i valori di a_g , F_0 , T^*_c , dove:

a_g : accelerazione orizzontale massima del terreno;

F_0 : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T^*_c : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;

S : coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_s) e dell'amplificazione topografica (S_t) di cui al § 3.2.3.2.;

I parametri spettrali per il calcolo dell'azione sismica vengono individuati sulla base del rischio sismico massimo presente sull'intero tracciato:

Parametri di pericolosità Sismica

"Stato Limite"	T_r [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T^*_c [s]
Operatività	120	0.080	2.398	0.256
Danno	201	0.100	2.422	0.263
Salvaguardia Vita	1898	0.222	2.476	0.298
Prevenzione Collasso	2475	0.242	2.480	0.302

I valori delle caratteristiche sismiche (a_g , F_0 , T^*_c) per lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita sono:

Società di Progettazione
Brebemi SpA

	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	60089-00016-A00	60089-04-RC-D-0-00-00-016-00-00-002-00	A00	12 di 72

STATO LIMITE	T _R [anni]	a _g [g]	F _o [-]	T _c [*] [s]
SLV	1898	0.222	2.476	0.298

Il calcolo viene eseguito con i metodi pseudostatici (§ 7.11.6 NTC). L'analisi pseudostatica si effettua mediante i metodi dell'equilibrio limite. Nell'analisi pseudostatica, l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico.

L'azione sismica derivante dalla dinamica struttura in elevazione viene calcolata mediante un'analisi pseudo-statica, considerando il valore di accelerazione fornito dallo spettro di risposta di progetto. In particolare si assume a favore di sicurezza, che il periodo di oscillazione del modo di vibrare principale della struttura sia compreso tra i valori di T_B e T_C.

I valori delle accelerazioni di progetto orizzontali si calcolano come:

$$S_d = a_g * S * F_o * 1/q$$

Dove q = 2.00 secondo quanto indicato al punto 7.5.2.2 del DM del 14 Gennaio 2008 nei riguardi delle "Strutture a mensola o a pendolo inverso".

Si riporta l'accelerazione di progetto considerata:

$$S_d = 0.222g * 1.371 * 2.476 * 1/2 = 0.377g$$

I valori delle accelerazioni di progetto verticali si calcolano come:

$$S_d = a_g * S * F_v * 1/q$$

Dove q = 2.00 secondo quanto indicato al punto 7.5.2.2 del DM del 14 Gennaio 2008 nei riguardi delle "Strutture a mensola o a pendolo inverso".

$$F_v = 1.35 * F_o * \sqrt{a_g/g}$$

Si riporta l'accelerazione di progetto considerata:

File mod.:Normal.dotm

APPROVATO SDR

Società di Progetto
Brebemi SpA

File doc.: 60089-00016-A00.doc

	Doc. N. 60089-00016-A00	CODIFICA DOCUMENTO 60089-04-RC-D-0-00-00- 016-00-00-002-00	REV. A00	FOGLIO 13 di 72
---	----------------------------	--	-------------	--------------------

$$S_d = 0.222g \cdot 1.371 \cdot 1.575 \cdot 1/2 = 0.240g$$

Dove:

$$F_v = 1.35 \cdot 2.476 \cdot \sqrt{0.222} = 1.575$$

Nelle verifiche allo Stato Limite Ultimo, i valori dei coefficienti sismici orizzontali k_h e verticale k_v possono essere valutati mediante le espressioni:

$$k_h = \beta_m \cdot \frac{a_{max}}{g} \qquad k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

dove:

a_{max} = accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g = accelerazione di gravità.

Il sottosuolo su cui insiste l'opera può essere inserito nella categoria " C ".

Il valore del *coefficiente di amplificazione stratigrafico* risulta:

$$S_s(\text{SLV}) = 1.4 \cdot 0.4 \cdot F_0 \cdot a_g / g = 1.371$$

Il coefficiente di amplificazione topografica St viene assunto pari ad 1.

Pertanto: $a_{max}(\text{SLV}) = S^* \cdot a_g = S_s \cdot St \cdot a_g = 1.371 \cdot 1.00 \cdot 0.222g = 0.304g$

I valori del coefficiente β_m sono in funzione della categoria di sottosuolo, del range di valori che può assumere l'accelerazione orizzontale massima attesa sul sito di riferimento e della possibilità o meno di subire spostamenti relativi rispetto al terreno (traslare e ruotare intorno al piede).

Il coefficiente β_m assume i valori riportati nella Tab. 7.11-II (NTC) e nel caso in esame, considerando l'impossibilità per il basamento di subire spostamenti rispetto al terreno, si avrebbe: $\beta_m = 1.00$.

Pertanto, i due *coefficienti sismici* orizzontali e verticali valgono:

$$(\text{SLV}) \quad k_h = \beta_m \cdot \frac{a_{max}}{g} = 0.304 \qquad k_v = \pm 0.5 \cdot k_h = 0.152$$

	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	60089-00016-A00	60089-04-RC-D-0-00-00-016-00-00-002-00	A00	14 di 72

L'azione sismica è rappresentata da un insieme di forze statiche orizzontali, date dal prodotto delle forze di gravità per i coefficienti sismici in precedenza definiti e combinata con le altre azioni in modo tale da produrre gli effetti più sfavorevoli.

6.2 Combinazioni di carico agli stati limite

Le combinazioni di carico agli stati limite considerate ai fini delle verifiche, sono stabilite in modo da garantire la sicurezza in conformità a quanto prescritto nel Cap. 2 delle (NTC).

Per le opere di fondazione su pali § 6.4.3.1 (NTC) devono essere effettuate le verifiche con riferimento almeno ai seguenti Stati Limite:

- ✓ SLU di tipo geotecnico (GEO) e di equilibrio di corpo rigido (EQU)
 - Collasso per carico limite della palificata nei riguardi dei carichi assiali;
 - Collasso per carico limite della palificata nei riguardi dei carichi trasversali;
 - Stabilità globale;

- ✓ SLU di tipo strutturale (STR)
 - Raggiungimento della resistenza dei pali
 - Raggiungimento della resistenza della struttura di collegamento dei pali,

accertando che la condizione (6.2.1 delle NTC) sia soddisfatta per ogni stato limite preso in considerazione.

Le verifiche saranno condotte secondo l'approccio progettuale "Approccio 1", utilizzando i coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II, 6.4.II, rispettivamente per le azioni e i parametri geotecnici.

- ✓ combinazione 1 → (A1+M1+R1) → STR
- ✓ combinazione 2 → (A2+M1+R2) → GEO (carico limite)

Tabella 6.2.I - Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni.

CARICHI	EFFETTO	SIMBOLO γ_F	EQU	A1 (STR)	A2 (GEO)
Permanenti	favorevole	γ_{G1}	0.9	1.0	1.0

APPROVATO SDP

Società di Progetto
Brebem SpA

	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	60089-00016-A00	60089-04-RC-D-0-00-00-016-00-00-002-00	A00	15 di 72

	sfavorevole		1.1	1.3	1.0
Permanenti non strutturali	favorevole	γ_{G2}	0.0	0.0	0.0
	sfavorevole		1.5	1.5	1.3
Variabili	favorevole	γ_{Qi}	0.0	0.0	0.0
	sfavorevole		1.5	1.5	1.3
Variabili da traffico (da Tab. 5.1.V NTC)	favorevole	γ_Q	0.0	0.0	0.0
	sfavorevole		1.35	1.35	1.15

Tabella 6.2.II - Coefficienti parziali per i parametri del terreno.

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFF. PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE γ_m	M1	M2
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1	1.25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1	1.25
Resistenza non drenata	c'_{uk}	γ_{cu}	1	1.4
Peso dell'unità di volume	γ	γ_r	1	1

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

$$\text{STR)} \Rightarrow \gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki} \Rightarrow (\Phi_d' = \Phi_k')$$

$$\text{GEO)} \Rightarrow \gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki} \Rightarrow (\text{spinte } \Phi_d' = \tan^{-1}(\tan \Phi_k' / \gamma_{\phi}))$$

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

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

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

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

Per la condizione sismica, le combinazioni per gli stati limite ultimi da prendere in considerazione sono le seguenti:

$$\text{STR)} \Rightarrow E + G_1 + G_2 + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki} \Rightarrow (\Phi_d' = \Phi_k')$$

	Doc. N. 60089-00016-A00	CODIFICA DOCUMENTO 60089-04-RC-D-0-00-00- 016-00-00-002-00	REV. A00	FOGLIO 16 di 72
---	----------------------------	--	-------------	--------------------

GEO) $\Rightarrow E+G_1+G_2+\sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki} \Rightarrow$ (spinte $\Phi_d' = \tan^{-1}(\tan \Phi_k' / \gamma_\Phi)$)

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G_1+G_2+\sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

Ai fini delle verifiche per gli SLU connessi alle azioni eccezionali di progetto A_d si definisce la seguente combinazione:

$$G_1 + G_2 + A_d + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

I valori del coefficiente ψ_{2i} sono quelli riportati nella tabella 2.5.I della norma.

7 METODO DI CALCOLO

Il procedimento di progettazione della palificata di fondazione si basa su di uno scambio di dati tra Progettista strutturale e Progettista geotecnico che viene di seguito esposto.

• Verranno fornite dal Progettista strutturale al Progettista geotecnico i seguenti dati:

Verranno fornite dal Progettista strutturale al Progettista geotecnico i seguenti dati:

- Caratteristiche dei pali previsti (diametro, numero, tipologia)
- Terne all'intradosso fondazione nelle varie combinazioni a considerate
- Posizione lungo l'asse stradale dei pannelli a messaggistica variabile (allo scopo di definire la stratigrafia)
- Altezza di rilevato autostradale relative ad ogni struttura presente sui lotti di competenza
- Profondità della testa dei pali rispetto al piano del rilevato autostradale
- Posizionamento della fondazione rispetto all'intero rilevato autostradale

Il Progettista geotecnico definirà la lunghezza dei pali di fondazione in funzione delle sollecitazioni sul palo e delle reazioni del terreno generate dai carichi trasversali ovvero dal confronto tra le massime sollecitazioni assiali e le curve di portanza.

Società di Progetto
Brebemi SpA

APPROVATO SDP



	Doc. N. 60089-00016-A00	CODIFICA DOCUMENTO 60089-04-RC-D-0-00-00- 016-00-00-002-00	REV. A00	FOGLIO 17 di 72
---	----------------------------	--	-------------	--------------------

La totalità dei pannelli a messaggistica variabile è stata studiata dal Progettista geotecnico definendo cinque tipologie che si differenziano in funzione dell'altezza di rilevato di calcolo considerata. In particolare le altezze prese in considerazione sono:

- $H_{ril} = 6.00m$
- $H_{ril} = 4.00m$
- $H_{ril} = 3.00m$
- $H_{ril} = 2.00m$
- $H_{ril} = 0.00m$

Verifica di portanza:

Per ognuna delle cinque tipologie definite verranno fornite dal Progettista geotecnico al Progettista strutturale le curve di portanza del terreno nelle combinazioni:

- ✓ approccio 1: combinazione 1 (da confrontare con azioni SLU-STR)
- ✓ approccio 1: combinazione 2 (da confrontare con azioni SLU-GEO)

In base ai valori delle sollecitazioni in testa alle palificate ed alle geometrie delle fondazioni verranno determinati da parte del Progettista Strutturale le sollecitazioni di sforzo normale e taglio nei pali e conseguentemente verificate eseguendo un confronto sui diagrammi di capacità portante.

Verifica strutturale

Per ognuna delle cinque tipologie definite verranno fornite dal Progettista geotecnico al Progettista strutturale i seguenti diagrammi:

- Diagramma degli spostamenti
- Diagramma del taglio
- Diagramma del momento flettente
- Diagramma di reazione del terreno
- Diagramma del momento flettente massimo in testa palo in funzione del taglio applicato

Tali diagrammi verranno forniti nelle combinazioni:

APPROVATO SDR



	Doc. N. 60089-00016-A00	CODIFICA DOCUMENTO 60089-04-RC-D-0-00-00- 016-00-00-002-00	REV. A00	FOGLIO 18 di 72
---	-----------------------------------	---	--------------------	---------------------------

- ✓ approccio 1: combinazione 1 (da confrontare con azioni SLU-STR)
- ✓ approccio 1: combinazione 2 (da confrontare con azioni SLU-GEO)

I diagrammi forniti dal Progettista geotecnico sono costruiti per diverse entità di sollecitazione tagliante in testa palo, in particolare i casi che verranno analizzati sono:

- T = 20
- T = 50
- T = 100
- T = 150
- T = 200
- T = 250
- T = 300
- T = 350
- T = 400

In base ai valori delle sollecitazioni in testa alle palificate ed alle geometrie delle fondazioni e delle palificate, verranno determinati da parte del Progettista Strutturale, le sollecitazioni di sforzo normale e taglio in sommità dei pali, di conseguenza, in funzione dello sforzo di taglio calcolato, si otterranno le restanti caratteristiche di sollecitazioni.

Le verifiche di presso-flessione del palo verranno quindi svolte considerando le sollecitazioni presso-flettenti fornite dal Progettista geotecnico, considerando alternativamente associati al massimo valore di momento flettente i valori massimi e minimi di carico verticale sul palo.

Società di Progetto
 Brebemi SpA



	Doc. N. 60089-00016-A00	CODIFICA DOCUMENTO 60089-04-RC-D-0-00-00- 016-00-00-002-00	REV. A00	FOGLIO 19 di 72
---	-----------------------------------	---	--------------------	---------------------------

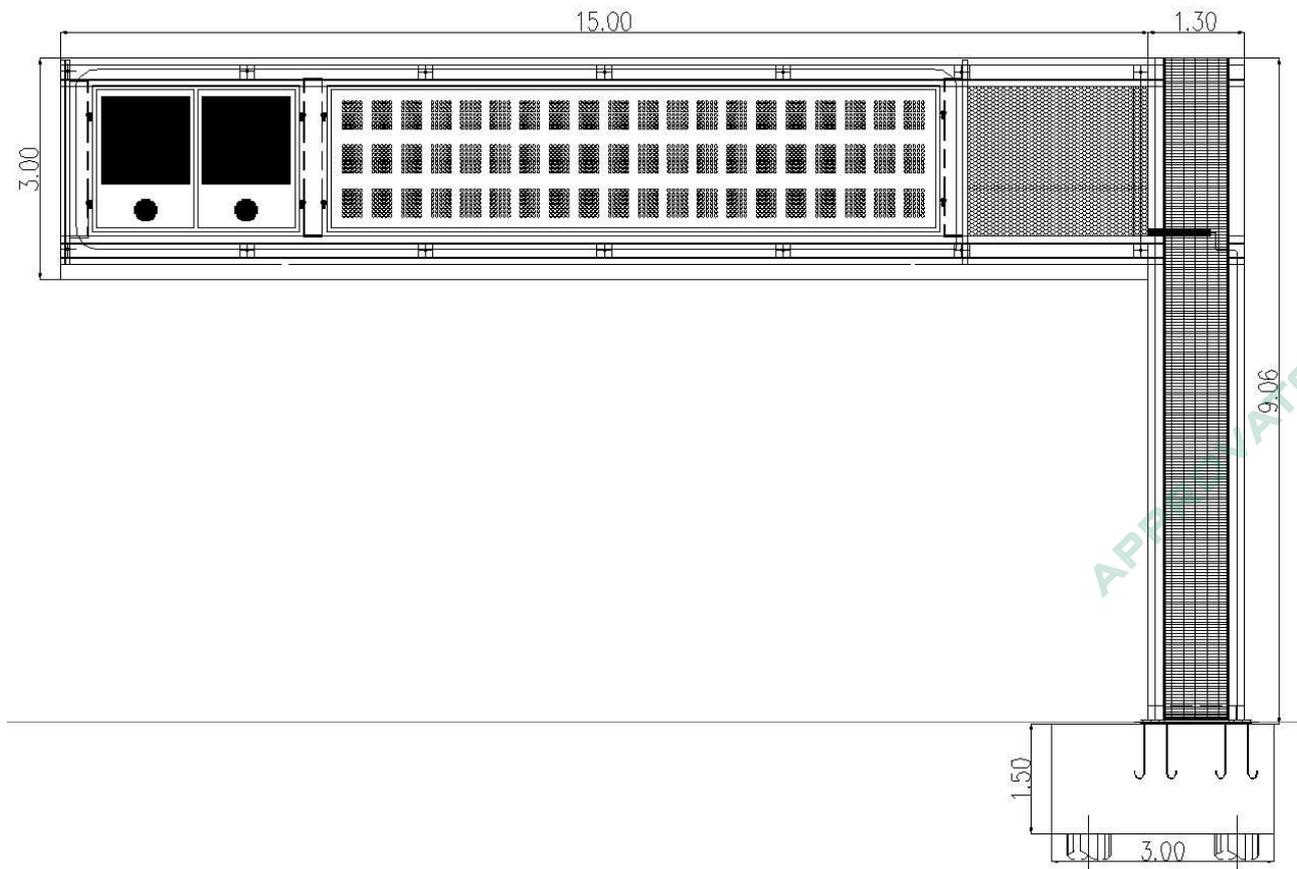
8 ANALISI DELLA STRUTTURA

8.1 Dati relativi all'elevazione

Si riportano nel seguito le geometrie e l'analisi dei carichi relativi alla struttura in elevazione.

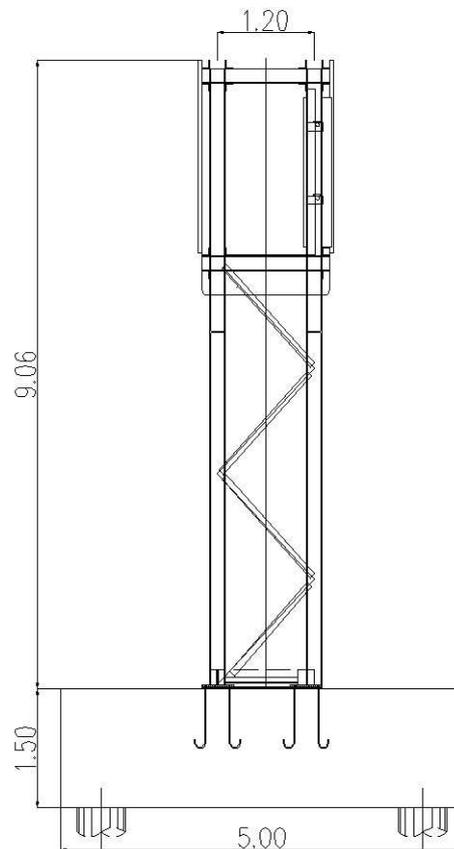
8.1.1 Geometria dell'elevazione

Si riportano le viste frontale e trasversale della pila e la pianta della fondazione, nelle quali sono riassunte le informazioni principali sulla geometria dell'elevazione.



Società di Progetto
Brebemi SpA

	Doc. N. 60089-00016-A00	CODIFICA DOCUMENTO 60089-04-RC-D-0-00-00- 016-00-00-002-00	REV. A00	FOGLIO 20 di 72
---	-----------------------------------	---	--------------------	---------------------------



8.1.2 Azioni trasmesse dall'elevazione

8.1.2.1 Carichi permanenti

Si riportano i pesi permanenti dei diversi elementi della struttura:

Per il peso proprio struttura reticolare orizzontale si è fatto riferimento alla Tabella 3.1.I delle NTC2008, in particolare per l'acciaio è riportato un peso per unità di volume pari a 78.50kN/m^3 .

$$P_{\text{Str},o} = 63.00 \text{ kN}$$

Per il peso proprio struttura reticolare verticale si è fatto riferimento alla Tabella 3.1.I delle NTC2008, in particolare per l'acciaio è riportato un peso per unità di volume pari a 78.50kN/m^3 .

$$P_{\text{Str},v} = 77.00 \text{ kN}$$

PMV itinere alfanumerico (3 righe x 20 caratteri $h = 400\text{mm}$): $8300 \times 2000 \times 300 \text{ mm}$

$P_{\text{PMV},a} = 10.00 \text{ kN}$ Progetto
Brebemi SpA

PMV itinere doppio grafico (unica cassa con due aree grafiche da $1200 \times 1200\text{mm}$): $2800 \times 2000 \times 300 \text{ mm}$

APPROVATO SDP

	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	60089-00016-A00	60089-04-RC-D-0-00-00-016-00-00-002-00	A00	21 di 72

$$P_{PMV,g} = 4.00 \text{ kN}$$

Plinto di fondazione: 5.00x3.00x1.50x25

$$P_{Plinto} = 562.50 \text{ kN}$$

8.1.2.2 Azioni da vento

La totalità dei pannelli a messaggistica variabile presenti sui lotti di competenza sono stati suddivisi in due categorie in funzione dell'altezza di rilevato stradale sul quale sono allocati:

- $H_{ril} > 3.90\text{m}$
- $H_{ril} < 3.90\text{m}$

Il D.M. del 14 Gennaio 2008 al punto 3.3, fornisce indicazioni per il calcolo della velocità di riferimento e della velocità media del vento. L'azione statica equivalente del vento è ricavabile, secondo quanto indicato dallo stesso documento, in funzione della velocità calcolata. Ai fini del calcolo delle sollecitazioni si fa riferimento al vento nella sola direzione parallela all'asse stradale.

La pressione del vento è data dall'espressione:

$$p = q_b * C_e * C_p * C_d$$

dove:

- q_b pressione cinetica di riferimento
- C_e coefficiente di esposizione
- C_p coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico)
- C_d coefficiente dinamico

I dati di ingresso sono i seguenti:

- Regione:

	$v_{b,o} \text{ (m/s)}$	$a_o \text{ (m)}$	$k_a \text{ (1/s)}$
Zona 1 = Regione Lombardia.	25	1000	0.010

Si assumono inoltre i seguenti parametri:

Società di Progetto
Brebemi SpA

APPROVATO SDP



	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	60089-00016-A00	60089-04-RC-D-0-00-00-016-00-00-002-00	A00	22 di 72

- Classe di rugosità : D Aree prive di ostacoli o con al più rari ostacoli isolati (aperta campagna, aree agricole, ...)
- Altezza s.l.m. di ubicazione dell'opera e corrispondente categoria di classificazione del luogo oggetto dell'intervento in funzione della rugosità < 500 m

La Categoria di esposizione risulta in funzione della rugosità:

Altitudine	Classe di Rugosità	Categoria di esposizione
fino a 500 m	D	II

Da cui :

Categoria	kr	zo (m)	Z min (m)
II	0,19	0,05	4

- La pressione cinetica di riferimento è data dall'espressione:

$$q_b = 0,5 * \rho * V_b^2 = 390.63 \text{ N/m}^2$$

dove ρ è la densità dell'aria e vale $1,25 \text{ kg/m}^3$.

- Il coefficiente di esposizione dipende dall'altezza z dal piano di campagna (rilevato compreso, se presente) del punto considerato, dalla topografia e dalla categoria di esposizione. Si calcola il coefficiente di esposizione c_e per le due altezze di rilevato considerate in funzione dell'altezza z sul suolo con coefficiente di topografia $c_t = 1$:

$$c_e(z) = k_r^2 \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \left[7 + \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \right]$$

per $z \geq Z_{min}$

per $z < Z_{min}$ si calcola con $z = Z_{min}$.

I valori di c_e per la categorie di esposizione II, assumono i seguenti valori:

Altezza di rilevato $H_{ril} > 3.90\text{m}$

$$c_{e,max}(z = 13.98\text{m}) = 2.56$$

File mod.:Normal.dotm

Società di Progetto
Brebemi SpA

File doc.: 60089-00016-A00.doc

	Doc. N. 60089-00016-A00	CODIFICA DOCUMENTO 60089-04-RC-D-0-00-00- 016-00-00-002-00	REV. A00	FOGLIO 23 di 72
---	-----------------------------------	---	--------------------	---------------------------

Altezza di rilevato $H_{ril} < 3.90m$

$C_{e,max}(Z = 11.40m) = 2.43$

- Coefficiente dinamico c_d

Facendo riferimento a quanto riportato nel D.M. 2008, per l'opera in oggetto si assume un valore di $c_d = 1$.

- Coefficiente di forma c_p

Il coefficiente di forma c_p viene ottenuto facendo riferimento alle indicazioni fornite dalla CNT-DT 207/2008 nell'Allegato G al punto G7 per le insegne ed i tabelloni:

$C_F = 1.80$

Come indicato nell'Allegato stesso, il punto di applicazione della forza statica equivalente viene preso con un'eccentricità orizzontale pari ad $\frac{1}{4} B$ rispetto al baricentro della superficie esposta.

Da quanto sopra riportato si ha:

Altezza di rilevato $H_{ril} > 3.90m$

$$p_{max} = q_b * C_e * C_p * C_d = 390.63 * 2.56 * 1.80 = 1.80 \text{ kPa}$$

Altezza di rilevato $H_{ril} < 3.90m$

$$p_{max} = q_b * C_e * C_p * C_d = 390.63 * 2.43 * 1.80 = 1.70 \text{ kPa}$$

La pressione di calcolo viene applicata come pressione uniforme rispettivamente sulle superfici di esposizione identificate dalla struttura orizzontale e verticale.

8.1.2.3 Azioni da neve

La pressione del vento è data dall'espressione:

$$q_s = \mu_i * q_{ek} * C_E * C_t$$

dove:

q_s carico da neve

μ_i coefficiente di forma

C_E coefficiente di esposizione

APPROVATO SDP

	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	60089-00016-A00	60089-04-RC-D-0-00-00-016-00-00-002-00	A00	24 di 72

C_t coefficiente termico

I dati di ingresso sono i seguenti:

- Zona:

	a_s	q_{sk} (kN/m ²)
Zona I - Alpina	> 200m	1.87

Si assumono inoltre i seguenti parametri:

- Coefficiente di forma: $\mu_i = 0.80$
- Coefficiente di esposizione: $C_E = 1.00$
- Coefficiente di termico: $C_t = 1.00$

Il valore del carico da neve risulta:

$$q_s = \mu_i * q_{sk} * C_E * C_t = 0.80 * 1.87 * 1.00 * 1.00 = 1.50 \text{ kN/m}^2$$

Il carico da neve viene applicato alla passerella di larghezza pari a 1.20 m, si ottiene un carico lineare da neve pari a:

$$q_N = q_s * 1.20 = 1.50 * 1.20 = 1.80 \text{ kN/m}$$

8.1.2.4 Azioni sismiche

L'azione sismica dovuta alla struttura in elevazione si ottiene mediante la relazione:

$$F_h = S_d * W / g$$

Dove:

W = peso della struttura in elevazione

Mentre l'azione sismica dovuta all'inerzia della fondazione si ottiene mediante la relazione: Società di Progetto
Brebemi SpA

$$F_h = k_h * W / g$$

File mod.:Normal.dotm

File doc.: 60089-00016-A00.doc

APPROVATO SDP



	Doc. N. 60089-00016-A00	CODIFICA DOCUMENTO 60089-04-RC-D-0-00-00- 016-00-00-002-00	REV. A00	FOGLIO 25 di 72
---	----------------------------	--	-------------	--------------------

Dove:

W = peso del plinto di fondazione

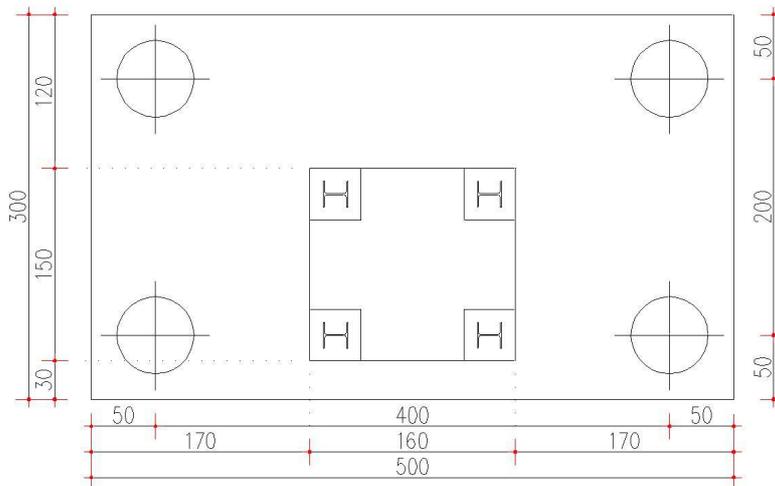
La forza orizzontale ottenuta dall'analisi, distribuita sull'altezza della struttura, segue la forma del modo di vibrare principale nella direzione in esame, valutata in modo approssimato.

APPROVATO SDP

8.2 Palificata di fondazione

Si riporta l'analisi della palificata di fondazione.

8.2.1 Geometria della palificata



Si riporta il riepilogo della geometria della palificata:

Diametro pali	0.60 m
Numero totale pali (n)	4

Si riporta nella tabella seguente le coordinate dei pali rispetto agli assi baricentrici della platea; si considera l'asse x parallelo all'asse longitudinale della carreggiata e l'asse y in direzione trasversale e perpendicolare ad essa.

n° palo	x(m)	y(m)
p1	2.00	1.00
p2	2.00	-1.00
p3	-2.00	-1.00
p4	-2.00	1.00

8.2.2 Carichi elementari in testa palificata

Vengono riportate nel seguito le caratteristiche di sollecitazione elementari relative alla palificata per i due casi descritti in precedenza, riferite agli assi baricentrici della palificata.

	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	60089-00016-A00	60089-04-RC-D-0-00-00-016-00-00-002-00	A00	27 di 72

Carichi elementari – $H_{rit} < 3.90m$:

	N (kN)	V_l (kN)	V_t (kN)	M_l (kNm)	M_t (kNm)	T (kN)
P.p. Struttura orizzontale	63.00	0.00	0.00	0.00	472.50	0.00
P.p. PMV	15.00	0.00	0.00	0.00	112.50	0.00
P.p. Struttura verticale	77.00	0.00	0.00	0.00	-42.35	0.00
P.p. Fondazione	562.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Carico da neve	27.00	0.00	0.00	0.00	203.85	0.00
Carico da vento	0.00	96.39	0.00	846.09	0.00	868.28
Azione sismica Ox (Long)	0.00	270.50	0.00	612.58	0.00	204.58
Azione sismica Ox (Trasv)	0.00	0.00	270.50	0.00	612.58	0.00
Azione sismica Vx	171.84	0.00	0.00	0.00	130.24	0.00

Carichi elementari – $H_{rit} > 3.90m$:

	N (kN)	V_l (kN)	V_t (kN)	M_l (kNm)	M_t (kNm)	T (kN)
P.p. Struttura orizzontale	63.00	0.00	0.00	0.00	472.50	0.00
P.p. PMV	15.00	0.00	0.00	0.00	112.50	0.00
P.p. Struttura verticale	77.00	0.00	0.00	0.00	-42.35	0.00
P.p. Fondazione	562.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Carico da neve	27.00	0.00	0.00	0.00	203.85	0.00
Carico da vento	0.00	102.06	0.00	895.86	0.00	919.35
Azione sismica Ox (Long)	0.00	270.50	0.00	612.58	0.00	204.58
Azione sismica Ox (Trasv)	0.00	0.00	270.50	0.00	612.58	0.00
Azione sismica Verticale	171.84	0.00	0.00	0.00	130.24	0.00

8.2.3 Combinazioni di carico

Le combinazioni di carico sono state determinate in riferimento al par. 2.5.3 del D.M. 14/01/2008.

I carichi variabili sono stati suddivisi in carichi da neve e vento; di conseguenza, le combinazioni sono state generate assumendo alternativamente ciascuno dei due suddetti carichi come azione variabile di base.

Di seguito si riporta la tabella riepilogativa delle combinazioni di carico prese in considerazione per le verifiche degli elementi della struttura:

Società di Progetto
Brebemi SpA

	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	60089-00016-A00	60089-04-RC-D-0-00-00-016-00-00-002-00	A00	28 di 72

	P.p. Str. Ox	Pp PMV	P.p. Str. Vx	Fondazione	Neve	Vento	Sisma
C1 SLU-STR (Vento)	1.35	1.35	1.35	1.35	0.75	1.5	0
C2 SLU-STR (Neve)	1.35	1.35	1.35	1.35	1.5	0.9	0
C3 SLE-Rara (Vento)	1	1	1	1	0.5	1	0
C4 SLE-Rara (Neve)	1	1	1	1	1	0.6	0
C5 SLE-Freq (Vento)	1	1	1	1	0	0.2	0
C6 SLE-Freq (Neve)	1	1	1	1	0.2	0	0
C7 SLE-Q.Perm	1	1	1	1	0	0	1
C8 SLV-(Sisma long.)	1	1	1	1	0	0	1
C9 SLV-(Sisma trasv.)	1	1	1	1	0	0	1
C10 SLV-(Sisma vert.)	1	1	1	1	0	0	1
C11 SLU-GEO (Vento)	1	1	1	1	0.65	1.3	0
C12 SLU-GEO (Neve)	1	1	1	1	1.3	0.78	0

8.2.4 Sollecitazioni sulla palificata di fondazione

Nelle tabelle successive vengono riportati, per ciascuna delle combinazioni di carico descritte, i valori assunti dalle componenti di sollecitazione, calcolati secondo il procedimento descritto nel paragrafo "Criteri di calcolo".

Tabella delle sollecitazioni sulla palificata per $H_{rit} < 3.90m$:

	N (kN)	V_l (kN)	V_t (kN)	M_l (kNm)	M_t (kNm)	T (kN)
C1 SLU-STR (Vento)	988.88	144.59	0.00	1269.14	885.47	1302.41
C2 SLU-STR (Neve)	1009.13	86.75	0.00	761.48	1038.35	781.45
C3 SLE-Rara (Vento)	731.00	96.39	0.00	846.09	644.58	868.28
C4 SLE-Rara (Neve)	744.50	57.83	0.00	507.65	746.50	520.97
C5 SLE-Freq (Vento)	717.50	19.28	0.00	169.22	542.65	173.66
C6 SLE-Freq (Neve)	722.90	0.00	0.00	0.00	583.42	0.00
C7 SLE-Q.Perm	717.50	0.00	0.00	0.00	542.65	0.00
C8 SLV-(Sisma long.)	769.05	270.50	81.15	612.58	765.50	204.58
C9 SLV-(Sisma trasv.)	769.05	81.15	270.50	183.77	1194.30	61.37
C10 SLV-(Sisma vert.)	889.34	81.15	81.15	183.77	856.66	61.37
C11 SLU-GEO (Vento)	735.05	125.31	0.00	1099.92	675.15	1128.76
C12 SLU-GEO (Neve)	752.60	75.18	0.00	659.95	807.66	677.25

Società di Progetto
Brebemi SpA

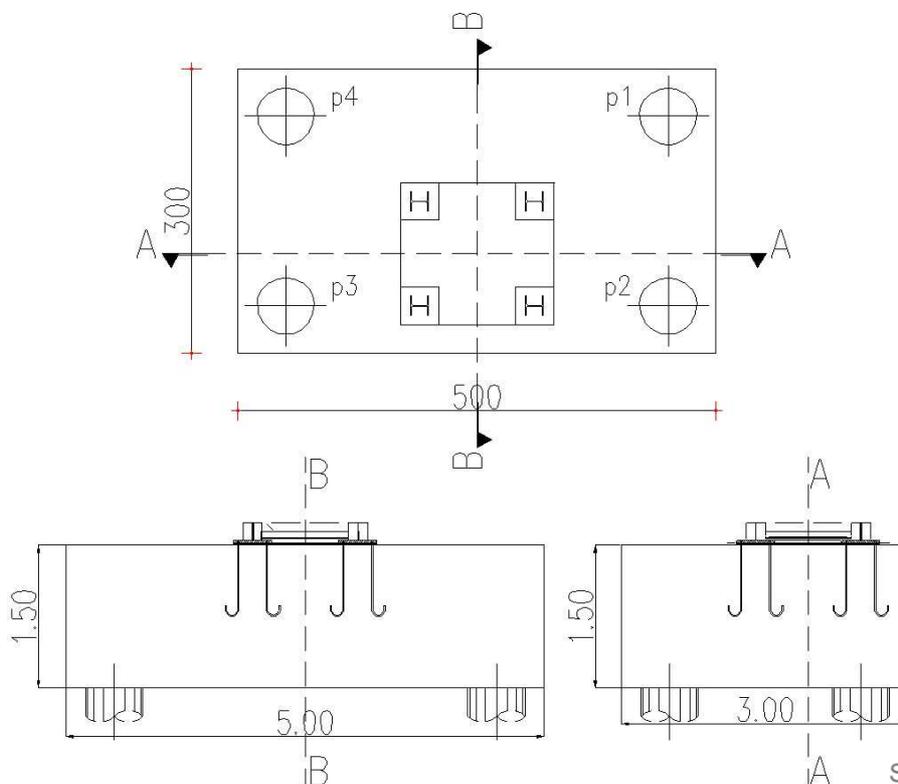
	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	60089-00016-A00	60089-04-RC-D-0-00-00-016-00-00-002-00	A00	29 di 72

Tabella delle sollecitazioni sulla palificata per $H_{fil} > 3.90m$::

	N (kN)	V_l (kN)	V_t (kN)	M_l (kNm)	M_t (kNm)	T (kN)
C1 SLU-STR (Vento)	988.88	153.09	0.00	1343.79	885.47	1379.03
C2 SLU-STR (Neve)	1009.13	91.85	0.00	806.27	1038.35	827.42
C3 SLE-Rara (Vento)	731.00	102.06	0.00	895.86	644.58	919.35
C4 SLE-Rara (Neve)	744.50	61.24	0.00	537.52	746.50	551.61
C5 SLE-Freq (Vento)	717.50	20.41	0.00	179.17	542.65	183.87
C6 SLE-Freq (Neve)	722.90	0.00	0.00	0.00	583.42	0.00
C7 SLE-Q.Perm	717.50	0.00	0.00	0.00	542.65	0.00
C8 SLV-(Sisma long.)	769.05	270.50	81.15	612.58	765.50	204.58
C9 SLV-(Sisma trasv.)	769.05	81.15	270.50	183.77	1194.30	61.37
C10 SLV-(Sisma vert.)	889.34	81.15	81.15	183.77	856.66	61.37
C11 SLU-GEO (Vento)	735.05	132.68	0.00	1164.62	675.15	1195.16
C12 SLU-GEO (Neve)	752.60	79.61	0.00	698.77	807.66	717.09

8.3 Sollecitazioni e verifiche del basamento

Le verifiche del plinto di fondazione vengono eseguite su due sezioni A – A e B – B, indicate nell'immagine seguente:



Società di Progetto
Brebemi SpA

A favore di sicurezza le sezioni vengono prese in posizione assiale alla struttura verticale.

	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	60089-00016-A00	60089-04-RC-D-0-00-00-016-00-00-002-00	A00	30 di 72

Il calcolo delle sollecitazioni flettenti sulle sezioni di verifica vengono eseguite considerando il contributo dello sforzo assiale massimo presente nei pali di fondazione, assunto uguale per entrambi i pali che coinvolgono la sezione di verifica stessa. Il calcolo delle sollecitazioni taglianti sulle sezioni di verifica vengono eseguite sommando i carichi assiali presenti nei pali che coinvolgono la sezione di verifica

Il plinto di fondazione risulta ugualmente armato per ognuna delle cinque altezze di rilevato considerate per le verifiche dei pali, si prende quindi in considerazione l'altezza alla quale corrisponde lo sforzo assiale massimo.

Le sollecitazioni di verifica si ottengono come:

$$M_{Ed} = 2 * N_{palo} * d$$

$$V_{Ed} = N_{palo,p1} + N_{palo,p4} \quad \text{Sezione A - A}$$

$$V_{Ed} = N_{palo,p1} + N_{palo,p2} \quad \text{Sezione B - B}$$

Dove:

N_{palo} = Carico assiale sul palo nella combinazione considerata

d = braccio dell'azione assiale rispetto alla sezione di verifica

Vengono di seguito riportati i valori del momento flettente e del taglio sollecitanti che si hanno sulle sezioni di verifica per ogni combinazione di carico.

	Combinazione di carico	N_{palo} (kN)	d (m)	M_{Ed} (kNm)	V_{Ed} (kNm)
SEZ A - A	SLU-STR	661.56	1.45	1918.52	1083.74
	SLE-Rara	480.88	1.45	1394.55	765.50
	SLE-Freq	347.43	1.45	1007.55	653.16
	SLE-Q.Perm	315.04	1.45	913.62	630.08
	SLV-(Sisma)	638.81	1.45	1852.55	1401.68
	SLU-GEO	525.04	1.45	1522.62	800.13
SEZ B - B	SLU-STR	661.56	2.00	2646.24	880.39
	SLE-Rara	480.88	2.00	1923.52	639.47
	SLE-Freq	347.43	2.00	1389.72	423.54
	SLE-Q.Perm	315.04	2.00	1260.16	358.75
	SLV-(Sisma)	638.81	2.00	2555.24	850.47
	SLU-GEO	525.04	2.00	2100.16	712.51

Il calcolo dei carichi assiali sui pali viene riportato nel paragrafo riguardante le sollecitazioni sui pali.

Di seguito si riportano le verifiche delle sezioni più significative e per le Combinazioni di carico risultate più critiche.

APPROVATO SDP

Società di Progetto
Brebini SPA



	Doc. N. 60089-00016-A00	CODIFICA DOCUMENTO 60089-04-RC-D-0-00-00- 016-00-00-002-00	REV. A00	FOGLIO 31 di 72
---	-----------------------------------	---	--------------------	---------------------------

I calcoli di verifica sono effettuati con il metodo degli Stati Limite, applicando il combinato D. M. 14.01.2008 con l'UNI EN 1992 (Eurocodice 2).

Le verifiche a fessurazione sono state condotte considerando:

Verifica di formazione delle fessure: in sezione interamente reagente e per le sollecitazioni di esercizio si determina la massima trazione nel calcestruzzo σ_{ct} confrontandola con la resistenza caratteristica a trazione per flessione f_{ctk} : se risulta $\sigma_{ct} < f_{ctk}$ la verifica è soddisfatta, altrimenti si procede alla verifica di apertura delle fessure.

Verifica di apertura delle fessure: l'apertura convenzionale delle fessure viene calcolata con le modalità indicate nell'EC2, come richiesto dal D. M. Min. II. TT. del 14 gennaio 2008, e valutata con le sollecitazioni relative alle Combinazioni FR o QP della normativa vigente sui ponti stradali. La massima apertura ammissibile risulta rispettivamente per strutture ordinarie ed armature poco sensibili:

b.1) combinazione di carico Frequente:

$$w_k \leq w_3 = 0.30 \text{ mm}$$

b.2) combinazione di carico Quasi Permanente:

$$w_k \leq w_2 = 0.20 \text{ mm}$$

8.3.1 Verifiche strutturali

8.3.1.1 Verifiche a flessione allo Stato Limite Ultimo

Sezione A – A:

Caratteristiche della sezione

Altezza	H = 150 cm
larghezza	B = 5000 cm
Copriferro	c = 7.00 cm

Si considerano le seguenti armature:

armatura tesa	1Ø20/20 cm = 81.68 cm ²
armatura compressa	1Ø16/20 cm + 5+5Ø20 = 58.31 cm ²

Le verifiche vengono eseguite controllando che i valori delle sollecitazioni calcolati in precedenza rientrino all'interno del dominio di rottura SLU della sezione di verifica.

Si riporta il dominio di rottura della sezione:

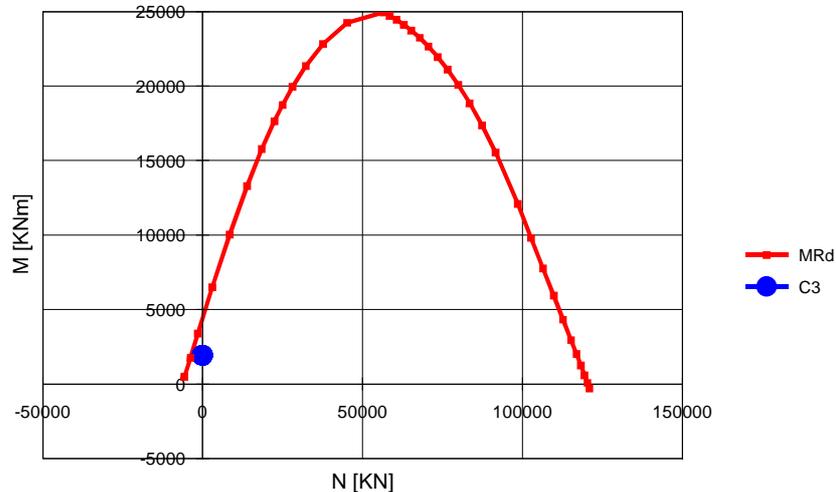
File mod.:Normal.dotm

Società di Progetto
Brebemi SpA

File doc.: 60089-00016-A00.doc



	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	60089-00016-A00	60089-04-RC-D-0-00-00-016-00-00-002-00	A00	32 di 72



Poiché i valori di sollecitazione di calcolo rientrano all'interno dei domini di rottura riportati, ovvero $M_{xRd} = 4440 \text{ kNm} > M_{tot}$, la verifica risulta soddisfatta.

Le armature vengono convenientemente concentrate nelle fascie sovrastanti i pali.

Sezione B – B:

Caratteristiche della sezione

Altezza $H = 150 \text{ cm}$
larghezza $B = 3000 \text{ cm}$
Copriferro $c = 7.00 \text{ cm}$

Si considerano le seguenti armature:

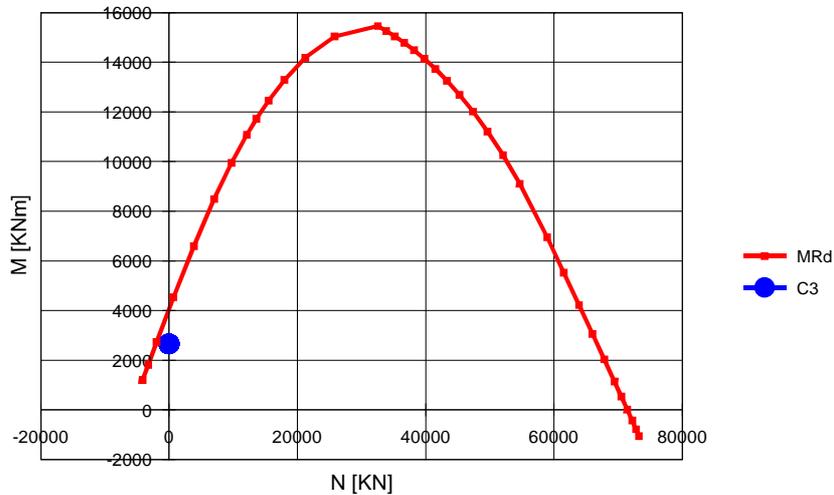
armatura tesa $1\text{Ø}20/20 \text{ cm} + 4+5\text{Ø}20 = 75.39 \text{ cm}^2$
armatura compressa $1\text{Ø}16/20 \text{ cm} = 30.16 \text{ cm}^2$

Le verifiche a vengono eseguite controllando che i valori delle sollecitazioni calcolati in precedenza rientrino all'interno del dominio di rottura SLU della sezione di verifica.

Si riporta il dominio di rottura della sezione:

APPROVATO SDP

Società di Progetto
Brebemi SpA



Poiché i valori di sollecitazione di calcolo rientrano all'interno dei domini di rottura riportati, ovvero $M_{xRd} = 4072 \text{ kNm} > M_{tot}$, la verifica risulta soddisfatta.

Le armature vengono convenientemente concentrate nelle fascie sovrastanti i pali.

8.3.1.2 Verifiche a taglio allo Stato Limite Ultimo

Le verifiche vengono eseguite controllando che i valori delle sollecitazioni calcolati in precedenza risultino inferiori al taglio resistente ultimo:

Sezione A – A:

La combinazione di carico più gravosa fra quelle prese in esame risulta essere quella sismica:

V_{sdu}	1401.68	kN
M_{sdu}	1852.55	kNm
N_{sdu}	0	kN
bw	500	cm
d	143	cm
Asl	81.68	cm ²
c	7	cm
α	90	gradi
α	1.57	rad
θ	21.80	gradi
$ctg\theta$	2.50	
$\theta_{imposto}$	21.80	gradi
Asw	0	cm ²

Società di Progetto
Brebemi SpA

	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	60089-00016-A00	60089-04-RC-D-0-00-00-016-00-00-002-00	A00	34 di 72

passo staffe	0	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}	1736.960	kN

Poiché $V_{RD} > V_{SDU}$ la verifica è soddisfatta senza necessità di armare a taglio.

Sezione B – B:

La combinazione di carico più gravosa fra quelle prese in esame risulta essere quella statica con neve predominante:

V_{sdu}	880.39	kN
M_{sdu}	2646.24	kNm
N_{sdu}	0	kN
bw	300	cm
d	143	cm
Asl	75.39	cm ²
c	7	cm
α	90	gradi
α	1.57	rad
θ	21.80	gradi
ctg θ	2.50	
$\theta_{imposto}$	21.80	gradi
Asw	0	cm ²
passo staffe	0	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}	1203.068	kN

Poiché $V_{RD} > V_{SDU}$ la verifica è soddisfatta senza necessità di armare a taglio.

Società di Progetto
Brebemi SpA



	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	60089-00016-A00	60089-04-RC-D-0-00-00-016-00-00-002-00	A00	35 di 72

8.3.1.3 Verifiche a punzonamento allo Stato Limite Ultimo

La verifica viene eseguita controllando che il valore del carico assiale massimo sul palo calcolato in precedenza, risulti inferiore alla resistenza ultima per punzonamento:

La combinazione di carico più gravosa fra quelle prese in esame risulta essere quella sismica nel caso di $H_{rit} = 0.00m$:

carico	N_{sdu}	723.81	kN
materiali	f_{cd}	18.156	N/mm ²
	f_{ctd}	1.263	N/mm ²
geometria	h	150	cm
	u	260	cm
	\square		
Forza resis.	F_{Ru}	2462.041	kN

8.3.1.4 Verifiche delle tensioni di esercizio e sismiche

Le verifiche a presso-flessione vengono eseguite controllando che i valori delle tensioni ottenuti nell'acciaio e nel calcestruzzo calcolati per le combinazioni di carico SLE-A (rara), SLE-QP (quasi permanente) e SISMA rientrino all'interno dei valori limite relativi ai materiali utilizzati.

Per la verifica delle Tensioni dovranno essere rispettati i limiti dei valori delle tensioni prescritti dalla norma e riassunti di seguito:

- la massima tensione di compressione nel calcestruzzo f_c deve rispettare la limitazione seguente:
 - per combinazione di carico rara e sismica: $0.60 f_{ck} = 19.80 \text{ N/mm}^2$
 - per combinazione di carico quasi permanente: $0.45 f_{ck} = 14.85 \text{ N/mm}^2$
- la massima tensione di trazione nell'acciaio f_s deve rispettare la limitazione seguente:
 - per combinazione di carico rara e sismica: $0.80 f_{yk} = 360 \text{ N/mm}^2$

Sezione A – A:

Le tensioni di calcestruzzo ed acciaio nella sezione risultano:

VERIFICA A FLESSIONE	PMV	PMV	PMV
	Sez A - A	Sez A - A	Sez A - A
	Q. Perm.	Rara	Sisma
Larghezza b (cm)	500.000	500.000	500.000
Altezza h (cm)	143.000	143.000	143.000

APPROVATO SDP

Società di Progetto
Erobom SpA



	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	60089-00016-A00	60089-04-RC-D-0-00-00-016-00-00-002-00	A00	36 di 72

<i>Armatura tesa 1° strato Aa (cm²)</i>	1Ø20/20	1Ø20/20	1Ø20/20
	81.680	81.680	81.680
<i>Copriferro 1°strato c1 (cm)</i>	7.000	7.000	7.000
<i>Armatura Compresa A'a (cm²)</i>	1Ø16/20+5+5Ø20	1Ø16/20+5+5Ø20	1Ø16/20+5+5Ø20
	58.310	58.310	58.310
<i>Copriferro armatura compressa c' (cm)</i>	7.000	7.000	7.000
N (kN)	0.000	0.000	0.000
M (kNm)	913.620	1 394.550	1 852.550
<i>x (cm)</i>	22.421	22.421	22.421
$\sigma_c(N/mm^2)$	-1.145	-1.748	-2.321
$\sigma_{a1strato}(N/mm^2)$	86.997	132.792	176.403

Poiché i valori di f_c e f_s rispettano i limiti prescritti le verifiche sono soddisfatte.

Sezione B - B:

Le tensioni di calcestruzzo ed acciaio nella sezione risultano:

VERIFICA A FLESSIONE	PMV	PMV	PMV
	Sez B - B	Sez B - B	Sez B - B
	Q. P.	Rara	Sisma
<i>Larghezza b (cm)</i>	300.000	300.000	300.000
<i>Altezza h (cm)</i>	143.000	143.000	143.000
<i>Armatura tesa 1° strato Aa (cm²)</i>	1Ø20/20+4+5Ø20	1Ø20/20+4+5Ø21	1Ø20/20+4+5Ø22
	75.390	75.390	75.390
<i>Copriferro 1°strato c1 (cm)</i>	7.000	7.000	7.000
<i>Armatura Compresa A'a (cm²)</i>	1Ø16/20	1Ø16/21	1Ø16/22
	30.160	30.160	30.160
<i>Copriferro armatura compressa c' (cm)</i>	7.000	7.000	7.000
N (kN)	0.000	0.000	0.000
M (kNm)	1 260.160	1 923.520	2 555.240
<i>x (cm)</i>	27.499	27.499	27.499
$\sigma_c(N/mm^2)$	-2.224	-3.394	-4.509
$\sigma_{a1strato}(N/mm^2)$	131.618	200.904	266.884

Poiché i valori di f_c e f_s rispettano i limiti prescritti le verifiche sono soddisfatte.

8.3.1.5 Verifiche di fessurazione

Sezione A - A:

Le tensioni di calcestruzzo ed acciaio nella sezione risultano:

	PMV
	Sez A - A

File mod.:Normal.dotm

Società di Progetto
Brebemi SpA

File doc.: 60089-00016-A00.doc

	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	60089-00016-A00	60089-04-RC-D-0-00-00-016-00-00-002-00	A00	37 di 72

	Rara
Larghezza b (cm)	500.000
Altezza h (cm)	143.000
Armatura tesa 1° strato A_a (cm ²)	1Ø20/20 81.680
Copriferro 1° strato c_1 (cm)	7.000
Armatura Compressa $A'a$ (cm ²)	1Ø16/20+5+5Ø20 58.310
Copriferro armatura compressa c' (cm)	7.000
N (kN)	0.000
M (kNm)	1 394.550
FORMAZIONE FESSURE	
Resist. media a traz. semplice del cls, f_{ctm} (N/mm ²)	2.89
Resist. caratt. a traz. per fless. del cls, f_{ctk} (N/mm ²)	2.43
Distanza baricentro da lembo compresso, x_g (cm)	71.81
Modulo di resistenza non fessurato, W_{sr} (cm ³)	1 834 047
Momento di formazione delle fessure, M_{ff} (kNm)	4 450.74
Traz. nel cls prodotta da M_{es} ed N_{es} , σ_{ct} (N/mm ²)	0.76

Non si ha formazione di fessure.

Sezione B - B:

Le tensioni di calcestruzzo ed acciaio nella sezione risultano:

	PMV
	Sez B - B
	Rara
Larghezza b (cm)	300.000
Altezza h (cm)	143.000
Armatura tesa 1° strato A_a (cm ²)	1Ø20/20+4+5Ø20 75.390
Copriferro 1° strato c_1 (cm)	7.000
Armatura Compressa $A'a$ (cm ²)	1Ø16/20 30.160
Copriferro armatura compressa c' (cm)	7.000
N (kN)	0.000
M (kNm)	1 923.520
FORMAZIONE FESSURE	
Resist. media a traz. semplice del cls, f_{ctm} (N/mm ²)	2.89
Resist. caratt. a traz. per fless. del cls, f_{ctk} (N/mm ²)	2.43
Distanza baricentro da lembo compresso, x_g (cm)	72.48
Modulo di resistenza non fessurato, W_{sr} (cm ³)	1 129 510

APPROVATO SDP

	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	60089-00016-A00	60089-04-RC-D-0-00-00-016-00-00-002-00	A00	38 di 72

Momento di formazione delle fessure, M_{ff} (kNm)	2 741.02
Traz. nel cls prodotta da Mes ed Nes, σ_{ct} (N/mm ²)	1.70

Non si ha formazione di fessure.

8.4 Sollecitazioni e verifiche dei pali

La totalità dei pannelli a messaggistica variabile è stata studiata dal Progettista geotecnico definendo cinque tipologie che si differenziano in funzione dell'altezza di rilevato considerata. In particolare le altezze prese in considerazione sono:

- $H_{ril} = 6.00\text{m}$
- $H_{ril} = 4.00\text{m}$
- $H_{ril} = 3.00\text{m}$
- $H_{ril} = 2.00\text{m}$
- $H_{ril} = 0.00\text{m}$

Il calcolo delle sollecitazioni taglianti sui pali avviene in base alle seguenti espressioni:

- V = sollecitazione tagliante sul palo,
- $V_{l,p}$ = azione tagliante longitudinale sul palo,
- $V_{t,p}$ = azione tagliante trasversale sul palo,
- V_l = azione tagliante longitudinale sulla palificata,
- V_t = azione tagliante trasversale sulla palificata,

- T = momento torcente sulla palificata,
- b = distanza tra il baricentro del palo ed il baricentro della fondazione ($b = 2.23\text{m}$),
- α = angolo formato tra la diagonale della fondazione e la direzione longitudinale alla carreggiata ($\alpha = 26^\circ.6$),

- $V_{l,p} = V_l / n_{pali} \pm (T / 4b) * \sin \alpha$
- $V_{t,p} = V_t / n_{pali} \pm (T / 4b) * \cos \alpha$
- $V = 1.10 \sqrt{V_{l,p}^2 + V_{t,p}^2}$

Come si può notare la sollecitazione tagliante ottenuta viene incrementata del 10% per tener conto di eventuali effetti di gruppo.

Società di Progetto
Brebemi SpA

APPROVATO SDP



	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	60089-00016-A00	60089-04-RC-D-0-00-00-016-00-00-002-00	A00	39 di 72

Le sollecitazioni flettenti si ottengono dalla Relazione di calcolo delle fondazioni [1], in funzione dell'entità di sforzo tagliante ottenuta.

Il calcolo delle sollecitazioni assiali sui pali avviene in base alle seguenti espressioni:

- N = carico verticale sui pali,
- M_l = momento longitudinale a intradosso fondazione,
- M_t = momento trasversale a intradosso fondazione,
- $M_{l,p}$ = momento longitudinale in testa palo,
- $M_{t,p}$ = momento trasversale in testa palo,

- $N_{med} = N/n_{pali}$
- $N_{max} = N_{med} + M_l/W_l + M_t/W_t + (\Sigma M_{l,p})/W_l + (\Sigma M_{t,p})/W_t =$ carico verticale sul palo più sollecitato,
- $N_{min} = N_{med} - M_l/W_l - M_t/W_t - (\Sigma M_{l,p})/W_l - (\Sigma M_{t,p})/W_t =$ carico verticale sul palo meno sollecitato.

Dove W_t e W_l sono rispettivamente i valori dei moduli di resistenza della palificata di fondazione nella direzione trasversale e longitudinale, ed n rappresenta il numero dei pali.

Nelle tabelle successive vengono riportati, per ciascuna delle combinazioni di carico e per ciascuna delle cinque altezze di rilevato considerate, i valori assunti dalle componenti di sollecitazione di verifica sui singoli pali:

Tabelle delle sollecitazioni sul palo per $H_{rit} = 0.00m$:

C1 SLU-STR (Vento)			
	N	M	V
p1	657.23	220.00	147.14
p2	214.50	320.00	181.94
p3	-102.79	320.00	181.94
p4	339.95	220.00	147.14

C2 SLU-STR (Neve)			
	N	M	V
p1	637.06	140.00	88.28
p2	117.88	220.00	109.17
p3	-72.49	220.00	109.17
p4	446.69	140.00	88.28

APPROVATO SDP

Società di Progetto
Brebemi SpA



	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	60089-00016-A00	60089-04-RC-D-0-00-00-016-00-00-002-00	A00	40 di 72

C3 SLE-Rara (Vento)			
	N	M	V
p1	449.66	140.00	98.09
p2	127.37	220.00	121.30
p3	-84.16	220.00	121.30
p4	238.13	140.00	98.09

C4 SLE-Rara (Neve)			
	N	M	V
p1	446.21	140.00	58.86
p2	72.96	140.00	72.78
p3	-53.96	140.00	72.78
p4	319.29	140.00	58.86

C5 SLE-Freq (Vento)			
	N	V	V
p1	346.19	20.00	19.62
p2	74.87	60.00	24.26
p3	32.56	60.00	24.26
p4	303.89	20.00	19.62

C6 SLE-Freq (Neve)			
	N	V	V
p1	326.58	0.00	0.00
p2	34.87	0.00	0.00
p3	34.87	0.00	0.00
p4	326.58	0.00	0.00

C7 SLE-Q.Perm			
	N	V	V
p1	315.04	0.00	0.00
p2	43.71	0.00	0.00
p3	43.71	0.00	0.00
p4	315.04	0.00	0.00

C8 SLV-(Sisma long.)			
	N	V	V

APPROVATO SDP

Società di Progetto
Brebemi SpA



	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	60089-00016-A00	60089-04-RC-D-0-00-00-016-00-00-002-00	A00	41 di 72

p1	530.21	140.00	77.40
p2	147.46	140.00	96.73
p3	-5.69	140.00	85.70
p4	377.07	140.00	63.08

C9 SLV-(Sisma trasv.)			
	N	V	V
p1	723.81	140.00	83.33
p2	126.66	140.00	85.13
p3	80.72	140.00	72.35
p4	677.87	140.00	70.22

C10 SLV-(Sisma vert.)			
	N	V	V
p1	549.47	60.00	34.70
p2	121.14	60.00	38.82
p3	75.20	60.00	30.05
p4	503.53	60.00	24.49

C11 SLU-GEO (Vento)			
	N	V	V
p1	525.04	240.00	127.52
p2	187.47	340.00	157.69
p3	-87.52	340.00	157.69
p4	250.06	240.00	127.52

C12 SLU-GEO (Neve)			
	N	V	V
p1	482.56	150.00	76.57
p2	78.73	150.00	94.67
p3	-86.26	150.00	94.67
p4	317.57	150.00	76.57

Di seguito si riporta il riepilogo delle massime azioni per $H_{fil} = 0.00m$.

COMBINAZIONE FONDAMENTALE STR-A1

$N_{max,A1}$

-657.23 KN

File mod.:Normal.dotm

Società di Progetto
Brebemi SpA

File doc.: 60089-00016-A00.doc

APPROVATO SDP



	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	60089-00016-A00	60089-04-RC-D-0-00-00-016-00-00-002-00	A00	42 di 72

$N_{min,A1}$	102.79 kN
$M_{max,A1}$	320.00 kN
$V_{max,A1}$	181.94 kN

COMBINAZIONE CARATTERISTICA RARA

$N_{max,rara}$	-449.66 kN
$N_{min,rara}$	84.16 kN
$M_{max,rara}$	220.00 kN
$V_{max,rara}$	121.30 kN

COMBINAZIONE FREQUENTE

$N_{max,freq}$	-346.19 kN
$N_{min,freq}$	-32.56 kN
$M_{max,freq}$	60.00 kN
$V_{max,freq}$	24.26 kN

COMBINAZIONE QUASI PERMANENTE

$N_{max,qp}$	-315.04 kN
$N_{min,qp}$	-43.71 kN
$M_{max,qp}$	0.00 kN
$V_{max,qp}$	0.00 kN

COMBINAZIONE SISMICA

$N_{max,s}$	-723.81 kN
$N_{min,s}$	5.69 kN
$M_{max,s}$	140.00 kN
$V_{max,s}$	96.73 kN

COMBINAZIONE FONDAMENTALE GEO-A2

$N_{max,A2}$	-525.04 kN
$N_{min,A2}$	87.52 kN
$M_{max,A2}$	340.00 kN
$V_{max,A2}$	157.69 kN

Tabelle delle sollecitazioni sul palo per $H_{ril} = 2.00m$:

C1 SLU-STR (Vento)			
	N	M	V
p1	652.23	240.00	147.14

File mod.:Normal.dotm

APPROVATO SDP

Società di Progetto
Brebemi SpA



File doc.: 60089-00016-A00.doc

	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	60089-00016-A00	60089-04-RC-D-0-00-00-016-00-00-002-00	A00	43 di 72

p2	209.50	350.00	181.94
p3	-107.79	350.00	181.94
p4	334.95	240.00	147.14

C2 SLU-STR (Neve)			
	N	M	V
p1	632.06	140.00	88.28
p2	112.88	240.00	109.17
p3	-77.49	240.00	109.17
p4	441.69	140.00	88.28

C3 SLE-Rara (Vento)			
	N	M	V
p1	474.66	140.00	98.09
p2	152.37	240.00	121.30
p3	-59.16	240.00	121.30
p4	263.13	140.00	98.09

C4 SLE-Rara (Neve)			
	N	M	V
p1	446.21	140.00	58.86
p2	72.96	140.00	72.78
p3	-53.96	140.00	72.78
p4	319.29	140.00	58.86

C5 SLE-Freq (Vento)			
	N	V	V
p1	346.19	20.00	19.62
p2	74.87	50.00	24.26
p3	32.56	50.00	24.26
p4	303.89	20.00	19.62

C6 SLE-Freq (Neve)			
	N	V	V
p1	326.58	0.00	0.00
p2	34.87	0.00	0.00
p3	34.87	0.00	0.00

APPROVATO SDP

Società di Progetto
Brebemi SpA



	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	60089-00016-A00	60089-04-RC-D-0-00-00-016-00-00-002-00	A00	44 di 72

p4	326.58	0.00	0.00
----	--------	------	------

C7 SLE-Q.Perm			
	N	V	V
p1	315.04	0.00	0.00
p2	43.71	0.00	0.00
p3	43.71	0.00	0.00
p4	315.04	0.00	0.00

C8 SLV-(Sisma long.)			
	N	V	V
p1	580.21	140.00	77.40
p2	197.46	140.00	96.73
p3	44.32	140.00	85.70
p4	427.07	140.00	63.08

C9 SLV-(Sisma trasv.)			
	N	V	V
p1	678.81	140.00	83.33
p2	81.66	140.00	85.13
p3	35.72	140.00	72.35
p4	632.87	140.00	70.22

C10 SLV-(Sisma vert.)			
	N	V	V
p1	534.47	50.00	34.70
p2	106.14	50.00	38.82
p3	60.20	50.00	30.05
p4	488.53	50.00	24.49

C11 SLU-GEO (Vento)			
	N	V	V
p1	525.04	280.00	127.52
p2	187.47	320.00	157.69
p3	-87.52	320.00	157.69
p4	250.06	280.00	127.52

APPROVATO SDP

Società di Progetto
Brebemi SpA



	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	60089-00016-A00	60089-04-RC-D-0-00-00-016-00-00-002-00	A00	45 di 72

C12 SLU-GEO (Neve)			
	N	V	V
p1	482.56	160.00	76.57
p2	78.73	160.00	94.67
p3	-86.26	160.00	94.67
p4	317.57	160.00	76.57

Di seguito si riporta il riepilogo delle massime azioni sul palo più sollecitato per $H_{rit} = 2.00m$.

COMBINAZIONE FONDAMENTALE STR-A1

$N_{max,A1}$	-652.23 kN
$N_{min,A1}$	107.79 kN
$M_{max,A1}$	350.00 kN
$V_{max,A1}$	181.94 kN

COMBINAZIONE CARATTERISTICA RARA

$N_{max,rara}$	-474.66 kN
$N_{min,rara}$	59.16 kN
$M_{max,rara}$	240.00 kN
$V_{max,rara}$	121.30 kN

COMBINAZIONE FREQUENTE

$N_{max,freq}$	-346.19 kN
$N_{min,freq}$	-32.56 kN
$M_{max,freq}$	50.00 kN
$V_{max,freq}$	24.26 kN

COMBINAZIONE QUASI PERMANENTE

$N_{max,qp}$	-315.04 kN
$N_{min,qp}$	-43.71 kN
$M_{max,qp}$	0.00 kN
$V_{max,qp}$	0.00 kN

COMBINAZIONE SISMICA

$N_{max,s}$	-678.81 kN
$N_{min,s}$	-35.72 kN
$M_{max,s}$	140.00 kN
$V_{max,s}$	96.73 kN

File mod.:Normal.dotm

APPROVATO SDP

Società di Progetto
Brebemi SpA



File doc.: 60089-00016-A00.doc

	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	60089-00016-A00	60089-04-RC-D-0-00-00-016-00-00-002-00	A00	46 di 72

COMBINAZIONE FONDAMENTALE GEO-A2

$N_{max,A2}$	-525.04 kN
$N_{min,A2}$	87.52 kN
$M_{max,A2}$	320.00 kN
$V_{max,A2}$	157.69 kN

Tabelle delle sollecitazioni sul palo per $H_{rit} = 3.00m$:

C1 SLU-STR (Vento)			
	N	M	V
p1	652.23	170.00	147.14
p2	209.50	250.00	181.94
p3	-107.79	250.00	181.94
p4	334.95	170.00	147.14

C2 SLU-STR (Neve)			
	N	M	V
p1	632.06	100.00	88.28
p2	112.88	170.00	109.17
p3	-77.49	170.00	109.17
p4	441.69	100.00	88.28

C3 SLE-Rara (Vento)			
	N	M	V
p1	474.66	100.00	98.09
p2	152.37	170.00	121.30
p3	-59.16	170.00	121.30
p4	263.13	100.00	98.09

C4 SLE-Rara (Neve)			
	N	M	V
p1	446.21	100.00	58.86
p2	72.96	100.00	72.78
p3	-53.96	100.00	72.78
p4	319.29	100.00	58.86

C5 SLE-Freq (Vento)			
---------------------	--	--	--

APPROVATO SDP

	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	60089-00016-A00	60089-04-RC-D-0-00-00-016-00-00-002-00	A00	47 di 72

	N	V	V
p1	346.19	20.00	19.62
p2	74.87	50.00	24.26
p3	32.56	50.00	24.26
p4	303.89	20.00	19.62

C6 SLE-Freq (Neve)			
	N	V	V
p1	326.58	0.00	0.00
p2	34.87	0.00	0.00
p3	34.87	0.00	0.00
p4	326.58	0.00	0.00

C7 SLE-Q.Perm			
	N	V	V
p1	315.04	0.00	0.00
p2	43.71	0.00	0.00
p3	43.71	0.00	0.00
p4	315.04	0.00	0.00

C8 SLV-(Sisma long.)			
	N	V	V
p1	560.21	100.00	77.40
p2	177.46	100.00	96.73
p3	24.32	100.00	85.70
p4	407.07	100.00	63.08

C9 SLV-(Sisma trasv.)			
	N	V	V
p1	638.81	100.00	83.33
p2	41.66	100.00	85.13
p3	-4.28	100.00	72.35
p4	592.87	100.00	70.22

C10 SLV-(Sisma vert.)			
	N	V	V
p1	534.47	50.00	34.70

APPROVATO SDP

Società di Progetto
Brebemi SpA



	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	60089-00016-A00	60089-04-RC-D-0-00-00-016-00-00-002-00	A00	48 di 72

p2	106.14	50.00	38.82
p3	60.20	50.00	30.05
p4	488.53	50.00	24.49

C11 SLU-GEO (Vento)			
	N	V	V
p1	510.04	200.00	127.52
p2	172.47	300.00	157.69
p3	-102.52	300.00	157.69
p4	235.06	200.00	127.52

C12 SLU-GEO (Neve)			
	N	V	V
p1	482.56	120.00	76.57
p2	78.73	120.00	94.67
p3	-86.26	120.00	94.67
p4	317.57	120.00	76.57

Di seguito si riporta il riepilogo delle massime azioni sul palo più sollecitato per $H_{rit} = 3.00m$.

COMBINAZIONE FONDAMENTALE STR-A1

$N_{max,A1}$	-652.23 kN
$N_{min,A1}$	107.79 kN
$M_{max,A1}$	250.00 kN
$V_{max,A1}$	181.94 kN

COMBINAZIONE CARATTERISTICA RARA

$N_{max,rara}$	-474.66 kN
$N_{min,rara}$	59.16 kN
$M_{max,rara}$	170.00 kN
$V_{max,rara}$	121.30 kN

COMBINAZIONE FREQUENTE

$N_{max,freq}$	-346.19 kN
$N_{min,freq}$	-32.56 kN
$M_{max,freq}$	50.00 kN
$V_{max,freq}$	24.26 kN

APPROVATO SDP

	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	60089-00016-A00	60089-04-RC-D-0-00-00-016-00-00-002-00	A00	49 di 72

COMBINAZIONE QUASI PERMANENTE

$N_{max,qp}$	-315.04 kN
$N_{min,qp}$	-43.71 kN
$M_{max,qp}$	0.00 kN
$V_{max,qp}$	0.00 kN

COMBINAZIONE SISMICA

$N_{max,s}$	-638.81 kN
$N_{min,s}$	4.28kN
$M_{max,s}$	100.00 kN
$V_{max,s}$	96.73 kN

COMBINAZIONE FONDAMENTALE GEO-A2

$N_{max,A2}$	-510.04 kN
$N_{min,A2}$	102.52 kN
$M_{max,A2}$	300.00 kN
$V_{max,A2}$	157.69 kN

Tabelle delle sollecitazioni sul palo per $H_{ril} = 4.00m$:

C1 SLU-STR (Vento)			
	N	M	V
p1	652.23	160.00	147.14
p2	209.50	230.00	181.94
p3	-107.79	230.00	181.94
p4	334.95	160.00	147.14

C2 SLU-STR (Neve)			
	N	M	V
p1	632.06	100.00	88.28
p2	112.88	160.00	109.17
p3	-77.49	160.00	109.17
p4	441.69	100.00	88.28

C3 SLE-Rara (Vento)			
	N	M	V
p1	474.66	100.00	98.09
p2	152.37	160.00	121.30

APPROVATO SDP

Società di Progetto
Brebemi SpA



	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	60089-00016-A00	60089-04-RC-D-0-00-00-016-00-00-002-00	A00	50 di 72

p3	-59.16	160.00	121.30
p4	263.13	100.00	98.09

C4 SLE-Rara (Neve)			
	N	M	V
p1	446.21	100.00	58.86
p2	72.96	100.00	72.78
p3	-53.96	100.00	72.78
p4	319.29	100.00	58.86

C5 SLE-Freq (Vento)			
	N	V	V
p1	346.19	20.00	19.62
p2	74.87	50.00	24.26
p3	32.56	50.00	24.26
p4	303.89	20.00	19.62

C6 SLE-Freq (Neve)			
	N	V	V
p1	326.58	0.00	0.00
p2	34.87	0.00	0.00
p3	34.87	0.00	0.00
p4	326.58	0.00	0.00

C7 SLE-Q.Perm			
	N	V	V
p1	315.04	0.00	0.00
p2	43.71	0.00	0.00
p3	43.71	0.00	0.00
p4	315.04	0.00	0.00

C8 SLV-(Sisma long.)			
	N	V	V
p1	560.21	100.00	77.40
p2	177.46	100.00	96.73
p3	24.32	100.00	85.70
p4	407.07	100.00	63.08

APPROVATO SDP

Società di Progetto
Brebemi SpA



	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	60089-00016-A00	60089-04-RC-D-0-00-00-016-00-00-002-00	A00	51 di 72

C9 SLV-(Sisma trasv.)			
	N	V	V
p1	638.81	100.00	83.33
p2	41.66	100.00	85.13
p3	-4.28	100.00	72.35
p4	592.87	100.00	70.22

C10 SLV-(Sisma vert.)			
	N	V	V
p1	534.47	50.00	34.70
p2	106.14	50.00	38.82
p3	60.20	50.00	30.05
p4	488.53	50.00	24.49

C11 SLU-GEO (Vento)			
	N	V	V
p1	515.04	180.00	127.52
p2	177.47	250.00	157.69
p3	-97.52	250.00	157.69
p4	240.06	180.00	127.52

C12 SLU-GEO (Neve)			
	N	V	V
p1	482.56	110.00	76.57
p2	78.73	110.00	94.67
p3	-86.26	110.00	94.67
p4	317.57	110.00	76.57

Di seguito si riporta il riepilogo delle massime azioni sul palo più sollecitato per $H_{rit} = 4.00m$.

COMBINAZIONE FONDAMENTALE STR-A1

$N_{max,A1}$	-652.23 kN
$N_{min,A1}$	107.79 kN
$M_{max,A1}$	230.00 kN
$V_{max,A1}$	181.94 kN

COMBINAZIONE CARATTERISTICA RARA

File mod.:Normal.dotm

APPROVATO SDP

Società di Progetto
Brebemi SpA



File doc.: 60089-00016-A00.doc

	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	60089-00016-A00	60089-04-RC-D-0-00-00-016-00-00-002-00	A00	52 di 72

$N_{max,rara}$	-474.66 kN
$N_{min,rara}$	59.16 kN
$M_{max,rara}$	160.00 kN
$V_{max,rara}$	121.30 kN

COMBINAZIONE FREQUENTE

$N_{max,freq}$	-346.19 kN
$N_{min,freq}$	-32.56 kN
$M_{max,freq}$	50.00 kN
$V_{max,freq}$	24.26 kN

COMBINAZIONE QUASI PERMANENTE

$N_{max,qp}$	-315.04 kN
$N_{min,qp}$	-43.71 kN
$M_{max,qp}$	0.00 kN
$V_{max,qp}$	0.00 kN

COMBINAZIONE SISMICA

$N_{max,s}$	-638.81 kN
$N_{min,s}$	4.28kN
$M_{max,s}$	100.00 kN
$V_{max,s}$	96.73 kN

COMBINAZIONE FONDAMENTALE GEO-A2

$N_{max,A2}$	-515.04 kN
$N_{min,A2}$	97.52 kN
$M_{max,A2}$	250.00 kN
$V_{max,A2}$	157.69 kN

Tabelle delle sollecitazioni sul palo per $H_{rit} = 6.00m$:

C1 SLU-STR (Vento)			
	N	M	V
p1	661.56	230.00	155.80
p2	218.83	230.00	192.65
p3	-117.12	230.00	192.65
p4	325.61	230.00	155.80

APPROVATO SDP

Società di Progetto
Brebemi SpA



	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	60089-00016-A00	60089-04-RC-D-0-00-00-016-00-00-002-00	A00	53 di 72

C2 SLU-STR (Neve)			
	N	M	V
p1	637.65	100.00	93.48
p2	118.48	160.00	115.59
p3	-83.09	160.00	115.59
p4	436.09	100.00	93.48

C3 SLE-Rara (Vento)			
	N	M	V
p1	480.88	160.00	103.86
p2	158.59	160.00	128.43
p3	-65.38	160.00	128.43
p4	256.91	160.00	103.86

C4 SLE-Rara (Neve)			
	N	M	V
p1	449.94	100.00	62.32
p2	76.69	100.00	77.06
p3	-57.69	100.00	77.06
p4	315.56	100.00	62.32

C5 SLE-Freq (Vento)			
	N	V	V
p1	347.43	20.00	20.77
p2	76.11	50.00	25.69
p3	31.32	50.00	25.69
p4	302.64	20.00	20.77

C6 SLE-Freq (Neve)			
	N	V	V
p1	326.58	0.00	0.00
p2	34.87	0.00	0.00
p3	34.87	0.00	0.00
p4	326.58	0.00	0.00

C7 SLE-Q.Perm			
	N	V	V

APPROVATO SDP

Società di Progetto
Brebemi SpA



	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	60089-00016-A00	60089-04-RC-D-0-00-00-016-00-00-002-00	A00	54 di 72

p1	315.04	0.00	0.00
p2	43.71	0.00	0.00
p3	43.71	0.00	0.00
p4	315.04	0.00	0.00

C8 SLV-(Sisma long.)			
	N	V	V
p1	560.21	100.00	77.40
p2	177.46	100.00	96.73
p3	24.32	100.00	85.70
p4	407.07	100.00	63.08

C9 SLV-(Sisma trasv.)			
	N	V	V
p1	638.81	100.00	83.33
p2	41.66	100.00	85.13
p3	-4.28	100.00	72.35
p4	592.87	100.00	70.22

C10 SLV-(Sisma vert.)			
	N	V	V
p1	534.47	50.00	34.70
p2	106.14	50.00	38.82
p3	60.20	50.00	30.05
p4	488.53	50.00	24.49

C11 SLU-GEO (Vento)			
	N	V	V
p1	523.13	180.00	135.02
p2	185.55	260.00	166.96
p3	-105.60	260.00	166.96
p4	231.97	180.00	135.02

C12 SLU-GEO (Neve)			
	N	V	V
p1	487.41	110.00	81.01
p2	83.58	180.00	100.18

APPROVATO SDP

Società di Progetto
Brebemi SpA



	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	60089-00016-A00	60089-04-RC-D-0-00-00-016-00-00-002-00	A00	55 di 72

p3	-91.11	180.00	100.18
p4	312.72	110.00	81.01

Di seguito si riporta il riepilogo delle massime azioni sul palo più sollecitato per $H_{rit} = 6.00m$.

COMBINAZIONE FONDAMENTALE STR-A1

$N_{max,A1}$	-661.56 kN
$N_{min,A1}$	117.12 kN
$M_{max,A1}$	230.00 kN
$V_{max,A1}$	192.65 kN

COMBINAZIONE CARATTERISTICA RARA

$N_{max,rara}$	-480.88 kN
$N_{min,rara}$	65.38 kN
$M_{max,rara}$	160.00 kN
$V_{max,rara}$	128.43 kN

COMBINAZIONE FREQUENTE

$N_{max,freq}$	-347.43 kN
$N_{min,freq}$	-31.32 kN
$M_{max,freq}$	50.00 kN
$V_{max,freq}$	25.69 kN

COMBINAZIONE QUASI PERMANENTE

$N_{max,qp}$	-315.04 kN
$N_{min,qp}$	-43.71 kN
$M_{max,qp}$	0.00 kN
$V_{max,qp}$	0.00 kN

COMBINAZIONE SISMICA

$N_{max,s}$	-638.81 kN
$N_{min,s}$	4.28kN
$M_{max,s}$	100.00 kN
$V_{max,s}$	96.73 kN

COMBINAZIONE FONDAMENTALE GEO-A2

$N_{max,A2}$	-523.13 kN
$N_{min,A2}$	105.60 kN

File mod.:Normal.dotm

APPROVATO SDP

Società di Progetto
Brebemi SpA



File doc.: 60089-00016-A00.doc

	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	60089-00016-A00	60089-04-RC-D-0-00-00-016-00-00-002-00	A00	56 di 72

$M_{max,A2}$	260.00 kN
$V_{max,A2}$	166.96 kN

8.4.1 Verifiche strutturali

Si riportano le verifiche strutturali eseguite per ognuna delle cinque tipologie di palo progettate per le altrettante altezze di rilevato considerate:

Le verifiche a fessurazione sono state condotte considerando:

Verifica di formazione delle fessure: in sezione interamente reagente e per le sollecitazioni di esercizio si determina la massima trazione nel calcestruzzo σ_{ct} confrontandola con la resistenza caratteristica a trazione per flessione f_{ctk} : se risulta $\sigma_{ct} < f_{ctk}$ la verifica è soddisfatta, altrimenti si procede alla verifica di apertura delle fessure.

Verifica di apertura delle fessure: l'apertura convenzionale delle fessure viene calcolata con le modalità indicate nell'EC2, come richiesto dal D. M. Min. II. TT. del 14 gennaio 2008, e valutata con le sollecitazioni relative alle Combinazioni FR o QP della normativa vigente sui ponti stradali. La massima apertura ammissibile risulta rispettivamente per strutture ordinarie ed armature poco sensibili:

b.1) combinazione di carico Frequente:

$$w_k \leq w_3 = 0.30 \text{ mm}$$

8.4.1.1 Verifica flessionale allo Stato Limite Ultimo

Le verifiche a vengono eseguite controllando che i valori delle sollecitazioni calcolati in precedenza rientrino all'interno del dominio di rottura SLU della sezione di verifica.

$$H_{ril} = 0.00 \text{ m}$$

Diametro palo	ϕ_p	= 600 mm	
Area palo	A_p	= $\pi * \phi_p^2 / 4 =$	2827.43 cm ²
Armatura corrente del palo	A_a	= 16 ϕ 20 =	50.27 cm ² > 1% A_p
Copriferro	c	= 75 mm	
Staffe	A_s	= ϕ 12 / 20 =	
Lunghezza palo	L	= 8.50 m	

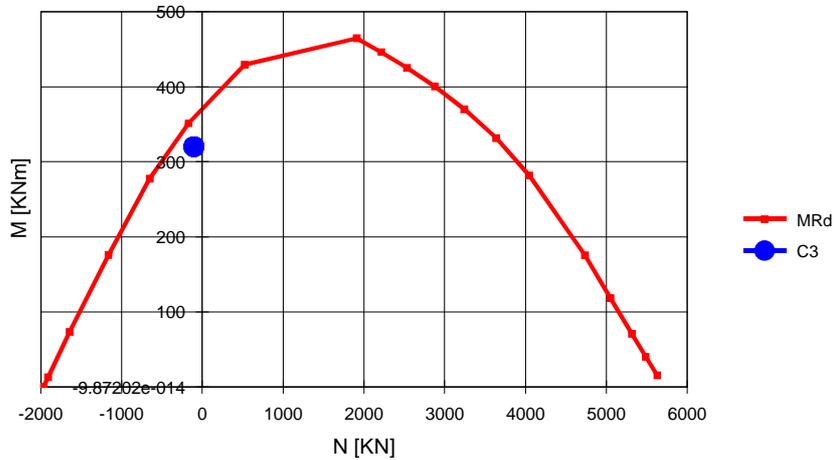
Si riporta il dominio di rottura della sezione:

Società di Progetto
Brebemi SpA

APPROVATO SDP



BBM-PMV-Palo H_{ril} = 0.00m (M_{max})



Poiché i valori di sollecitazione di calcolo rientrano all'interno dei domini di rottura riportati, la verifica risulta soddisfatta.

H_{ril} = 2.00m:

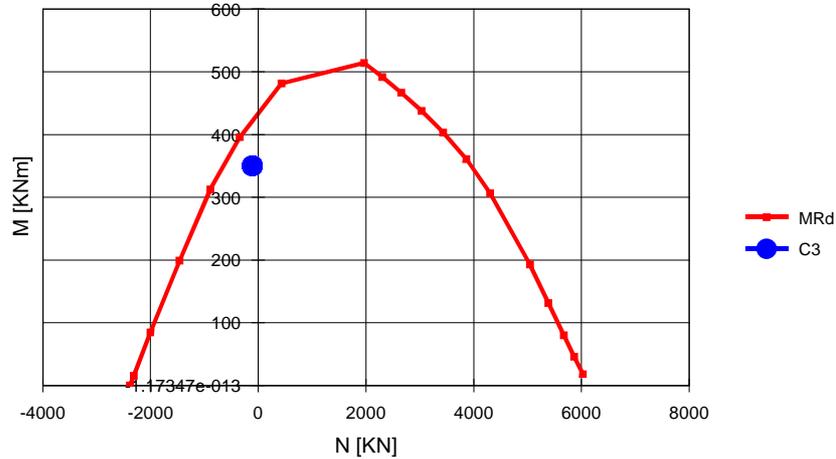
Diametro palo	ϕ_p	= 600 mm	
Area palo	A_p	= $\pi * \phi_p^2 / 4$	2827.43 cm ²
Armatura corrente del palo	A_a	= 16 ϕ 22=	60.82 cm ² > 1% A_p
Copriferro	c	= 75 mm	
Staffe	A_s	= ϕ 12 / 20=	
Lunghezza palo	L	= 10.00 m	

Si riporta il dominio di rottura della sezione:

APPROVATO SDP

Società di Progetto
Brebemi SpA

BBM-PMV-Palo H_{ril} = 2.00m (M_{max})



Poiché i valori di sollecitazione di calcolo rientrano all'interno dei domini di rottura riportati, la verifica risulta soddisfatta.

H_{ril} = 3.00m:

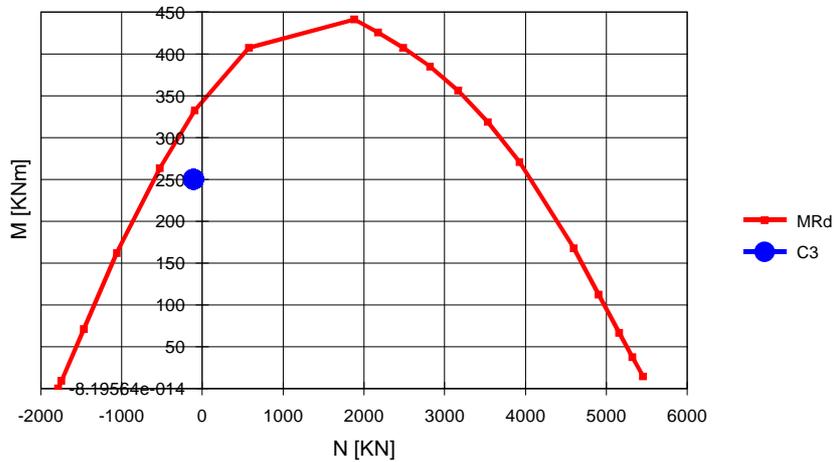
Diametro palo	ϕ_p	= 600 mm	
Area palo	A_p	= $\pi * \phi_p^2 / 4 =$	2827.43 cm ²
Armatura corrente del palo	A_a	= 12 ϕ 22 =	45.61 cm ² > 1% A_p
Copriferro	c	= 75 mm	
Staffe	A_s	= ϕ 12 / 20 =	
Lunghezza palo	L	= 10.00 m	

Si riporta il dominio di rottura della sezione:

APPROVATO SDP

Società di Progetto
Brebemi SpA

BBM-PMV-Palo Hril = 3.00m (Mmax)



Poiché i valori di sollecitazione di calcolo rientrano all'interno dei domini di rottura riportati, la verifica risulta soddisfatta.

$H_{ril} = 4.00m$:

Diametro palo	ϕ_p	= 600 mm	
Area palo	A_p	= $\pi * \phi_p^2 / 4 =$	2827.43 cm ²
Armatura corrente del palo	A_a	= 12 ϕ 20 =	37.70 cm ² > 1% A_p
Copriferro	c	= 75 mm	
Staffe	A_s	= ϕ 12 / 20 =	
Lunghezza palo	L	= 9.00 m	

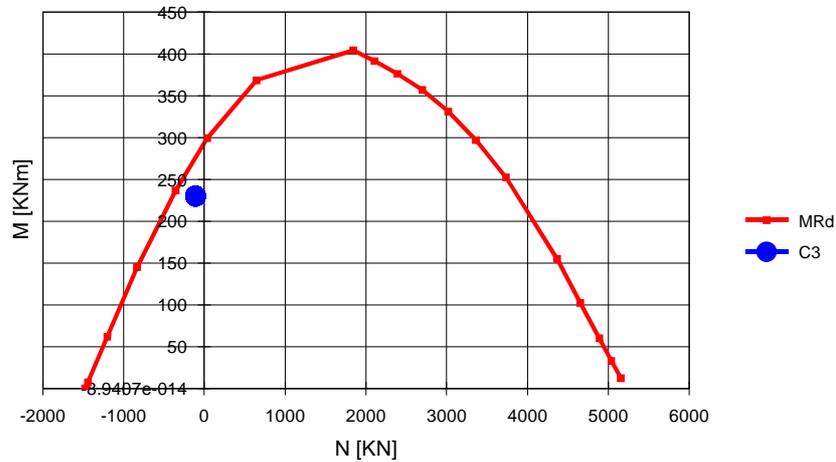
Si riporta il dominio di rottura della sezione:

APPROVATO SDP

Società di Progetto
Brebemi SpA

	Doc. N. 60089-00016-A00	CODIFICA DOCUMENTO 60089-04-RC-D-0-00-00- 016-00-00-002-00	REV. A00	FOGLIO 60 di 72
---	-----------------------------------	---	--------------------	---------------------------

BBM-PMV-Palo Hril = 4.00m (Mmax)



Poiché i valori di sollecitazione di calcolo rientrano all'interno dei domini di rottura riportati, la verifica risulta soddisfatta.

$H_{ril} = 6.00\text{m}$:

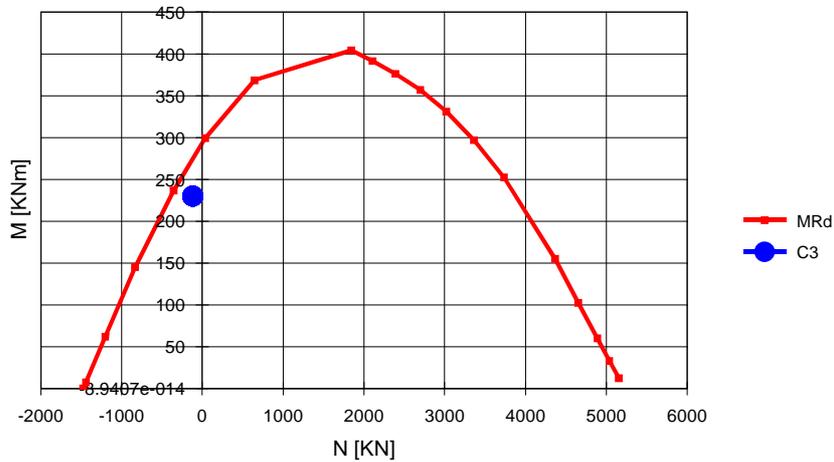
Diametro palo	ϕ_p	= 600 mm	
Area palo	A_p	= $\pi * \phi_p^2 / 4 =$	2827.43 cm ²
Armatura corrente del palo	A_a	= 12 ϕ 20 =	37.70 cm ² > 1% A_p
Copriferro	c	= 75 mm	
Staffe	A_s	= ϕ 12 / 20 =	
Lunghezza palo	L	= 8.50 m	

Si riporta il dominio di rottura della sezione:

APPROVATO SDP

Società di Progetto
Brebemi SpA

BBM-PMV-Palo Hril = 6.00m (Mmax)



Poiché i valori di sollecitazione di calcolo rientrano all'interno dei domini di rottura riportati, la verifica risulta soddisfatta.

8.4.1.2 Verifiche a taglio allo Stato Limite Ultimo

Le verifiche a vengono eseguite controllando che, per ognuna delle altezze di rilevato considerate, i valori delle sollecitazioni calcolati in precedenza siano inferiori al taglio ultimo resistente.

$H_{rij} = 0.00m$:

V_{sdu}	181.94	kN
M_{sdu}	320.00	kNm
N_{sdu}	-102.79	kN
ϕ_{circ}	60	
bw	54	cm
d	36.18	cm
r_{-}	1.238	m
A corone circolari	38.01	cm ²
A_{sl}	19.005	cm ²
ϕ_{ferri}	2.0	cm
C_{ric}	6.5	cm
α	90	gradi
α	1.57	rad
θ	18.53	gradi
$ctg\theta$	2.98	

APPROVATO SDP

Società di Progetto
Brebemi SpA

	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	60089-00016-A00	60089-04-RC-D-0-00-00-016-00-00-002-00	A00	62 di 72

Asw	2.26	cm ²
passo staffe	20	cm
f_{cd}	16.667	N/mm ²
$f_{ctd_{0,05}}$	1.119	N/mm ²
f_{yd}	391.304	N/mm ²
ρ	0.0097	
<i>verifica senza armatura resistente a taglio</i>		
V_{Rd}	105.244	kN
$V_{Rd,min}$	65.529	kN
<i>verifica con armatura resistente a taglio (staffe)</i>		
V_{Rcd}	429.569	kN
V_{Rsd}	429.569	kN
V_{Rd}	429.569	kN

Poiché $V_{Rd} > V_{SDU}$ la verifica è soddisfatta.

$H_{rl} = 2.00m$:

V_{sdu}	181.94	kN
M_{sdu}	350.00	kNm
N_{sdu}	-107.79	kN
ϕ_{circ}	60	
bw	54	cm
d	36.18	cm
r_{-}	1.238	m
A corone circolari	38.01	cm ²
A_{sl}	19.005	cm ²
ϕ ferri	2.2	cm
C_{ric}	6.4	cm
α	90	gradi
α	1.57	rad
θ	18.54	gradi
ctg θ	2.98	
Asw	2.26	cm ²
passo staffe	20	cm
f_{cd}	16.667	N/mm ²
$f_{ctd_{0,05}}$	1.119	N/mm ²
f_{yd}	391.304	N/mm ²
ρ	0.0097	

APPROVATO SDP

Società di Progetto
Brebemi SpA



	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	60089-00016-A00	60089-04-RC-D-0-00-00-016-00-00-002-00	A00	63 di 72

<i>verifica senza armatura resistente a taglio</i>		
V_{Rd}	104.572	kN
$V_{Rd,min}$	64.857	kN
<i>verifica con armatura resistente a taglio (staffe)</i>		
V_{Rcd}	429.246	kN
V_{Rsd}	429.246	kN
V_{Rd}	429.246	kN

Poiché $V_{Rd} > V_{SDU}$ la verifica è soddisfatta.

$H_{rij} = 3.00m$:

V_{sdu}	181.94	kN
M_{sdu}	250.00	kNm
N_{sdu}	-107.79	kN
ϕ_{circ}	60	
bw	54	cm
d	36.14	cm
r_{-}	1.239	m
A corone circolari	22.81	cm ²
A_{sl}	11.405	cm ²
ϕ ferri	2.2	cm
C_{ric}	6.5	cm
α	90	gradi
α	1.57	rad
θ	18.54	gradi
$ctg\theta$	2.98	
A_{sw}	2.26	cm ²
passo staffe	20	cm
f_{cd}	16.667	N/mm ²
$f_{ctd,0,05}$	1.119	N/mm ²
f_{yd}	391.304	N/mm ²
ρ	0.0058	
<i>verifica senza armatura resistente a taglio</i>		
V_{Rd}	86.066	kN
$V_{Rd,min}$	64.877	kN
<i>verifica con armatura resistente a taglio (staffe)</i>		
V_{Rcd}	428.795	kN
V_{Rsd}	428.795	kN
V_{Rd}	428.795	kN

APPROVATO SDP

Società di Progetto
Brebemi SpA



	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	60089-00016-A00	60089-04-RC-D-0-00-00-016-00-00-002-00	A00	64 di 72

Poiché $V_{Rd} > V_{SDU}$ la verifica è soddisfatta.

$H_{rij} = 4.00m$:

V_{sdu}	181.94	kN
M_{sdu}	230.00	kNm
N_{sdu}	-107.79	kN
ϕ_{circ}	60	
bw	54	cm
d	36.18	cm
r_{-}	1.238	m
A corone circolari	18.85	cm ²
A_{sl}	9.425	cm ²
ϕ_{ferri}	2.0	cm
Cric	6.5	cm
α	90	gradi
α	1.57	rad
θ	18.54	gradi
$ctg\theta$	2.98	
A_{sw}	2.26	cm ²
passo staffe	20	cm
f_{cd}	16.667	N/mm ²
$f_{ctd0,05}$	1.119	N/mm ²
f_{yd}	391.304	N/mm ²
ρ	0.0048	
<i>verifica senza armatura resistente a taglio</i>		
V_{Rd}	79.974	kN
$V_{Rd,min}$	64.945	kN
<i>verifica con armatura resistente a taglio (staffe)</i>		
V_{Rcd}	429.276	kN
V_{Rsd}	429.276	kN
V_{Rd}	429.276	kN

APPROVATO SDP

Poiché $V_{Rd} > V_{SDU}$ la verifica è soddisfatta.

$H_{rij} = 6.00m$:

V_{sdu}	192.65	kN
M_{sdu}	230.00	kNm

	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	60089-00016-A00	60089-04-RC-D-0-00-00-016-00-00-002-00	A00	65 di 72

N_{sdu}	-117.12	kN
ϕ_{circ}	60	
bw	54	cm
d	36.18	cm
r_{-}	1.238	m
A corone circolari	18.85	cm ²
A_{sl}	9.425	cm ²
ϕ ferri	2.0	cm
C_{ric}	6.5	cm
α	90	gradi
α	1.57	rad
θ	18.56	gradi
$ctg\theta$	2.98	
A_{sw}	2.26	cm ²
passo staffe	20	cm
f_{cd}	16.667	N/mm ²
$f_{ctd0,05}$	1.119	N/mm ²
f_{yd}	391.304	N/mm ²
ρ	0.0048	
<i>verifica senza armatura resistente a taglio</i>		
V_{Rd}	78.783	kN
$V_{Rd,min}$	63.754	kN
<i>verifica con armatura resistente a taglio (staffe)</i>		
V_{Rcd}	428.676	kN
V_{Rsd}	428.676	kN
V_{Rd}	428.676	kN

APPROVATO SDP

Poiché $V_{Rd} > V_{SDU}$ la verifica è soddisfatta.

8.4.1.3 Verifica delle tensioni di esercizio

Le tensioni di compressione nel calcestruzzo e di trazione nell'acciaio nella sezione risultano:

$H_{rij} = 0.00m:$

	Combinazione	f_{cls} (N/mm ²)	f_{arm} (N/mm ²)
SLE	Rara	-13.00	325.70
	Quasi permanente	-0.12	/

Poiché i valori di f_c e f_s rispettano i limiti prescritti le verifiche sono soddisfatte

File mod.:Normal.dotm

Società di Progetto
Brebemi SpA

File doc.: 60089-00016-A00.doc

	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	60089-00016-A00	60089-04-RC-D-0-00-00-016-00-00-002-00	A00	66 di 72

$H_{rij} = 2.00m$:

	Combinazione	f_{cls} (N/mm ²)	f_{arm} (N/mm ²)
SLE	Rara	-12.80	293.00
	Quasi permanente	-0.84	/

Poiché i valori di f_c e f_s rispettano i limiti prescritti le verifiche sono soddisfatte

$H_{rij} = 3.00m$:

	Combinazione	f_{cls} (N/mm ²)	f_{arm} (N/mm ²)
SLE	Rara	-10.59	273.20
	Quasi permanente	-0.90	/

Poiché i valori di f_c e f_s rispettano i limiti prescritti le verifiche sono soddisfatte

$H_{rij} = 4.00m$:

	Combinazione	f_{cls} (N/mm ²)	f_{arm} (N/mm ²)
SLE	Rara	-11.03	306.40
	Quasi permanente	-0.93	/

Poiché i valori di f_c e f_s rispettano i limiti prescritti le verifiche sono soddisfatte

$H_{rij} = 6.00m$:

	Combinazione	f_{cls} (N/mm ²)	f_{arm} (N/mm ²)
SLE	Rara	-11.03	308.30
	Quasi permanente	-0.93	/

Poiché i valori di f_c e f_s rispettano i limiti prescritti le verifiche sono soddisfatte

8.4.1.4 Verifica di fessurazione

Si riportano i domini di formazione e di apertura delle fessure per ognuna delle casistiche considerate:

Società di Progetto
Brebemi SpA

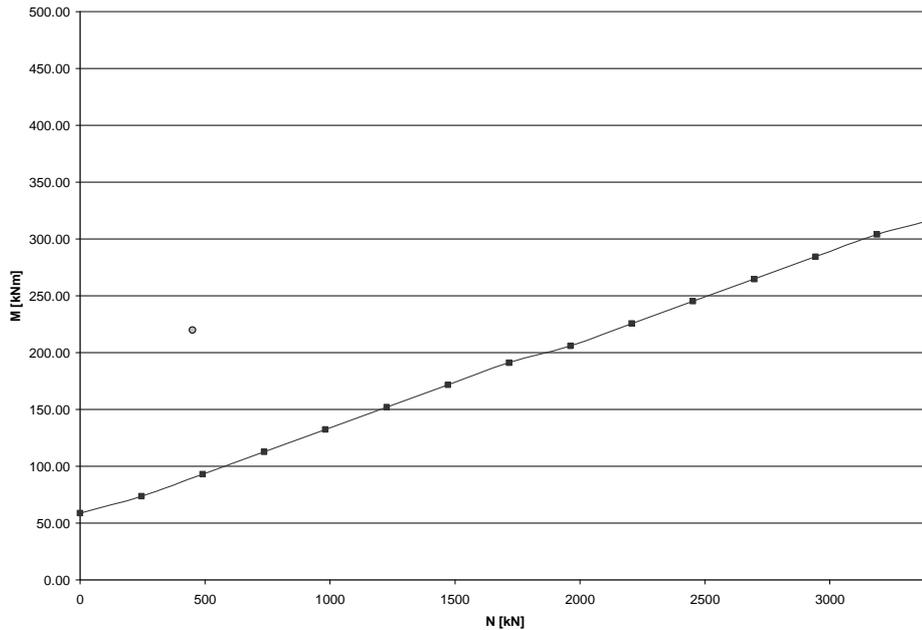
APPROVATO SDP



	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	60089-00016-A00	60089-04-RC-D-0-00-00-016-00-00-002-00	A00	67 di 72

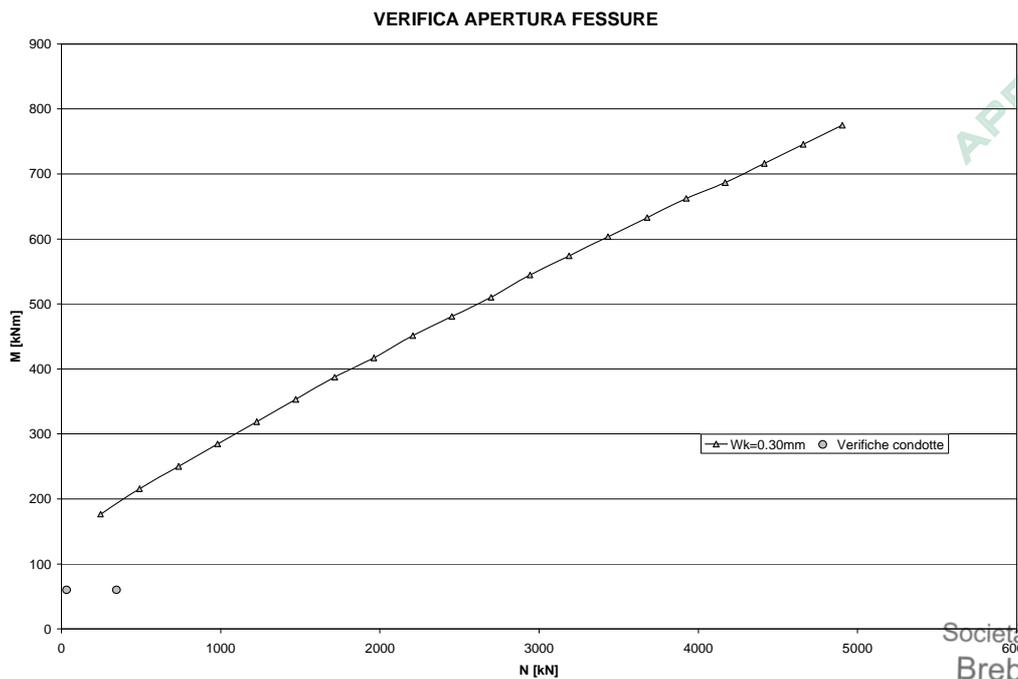
$H_{rj} = 0.00m$:

Dominio di formazione delle fessure:



Si ha formazione delle fessure

Dominio di apertura delle fessure:



APPROVATO SDP

Società di Progetto
Brebemi SpA

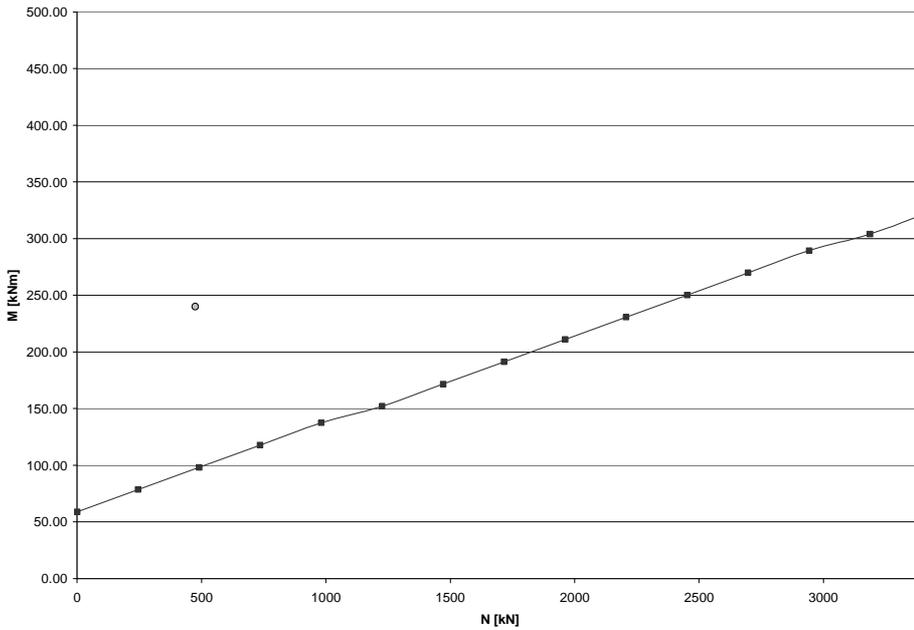
La verifica risulta soddisfatta.




	Doc. N. 60089-00016-A00	CODIFICA DOCUMENTO 60089-04-RC-D-0-00-00- 016-00-00-002-00	REV. A00	FOGLIO 68 di 72
---	-----------------------------------	---	--------------------	---------------------------

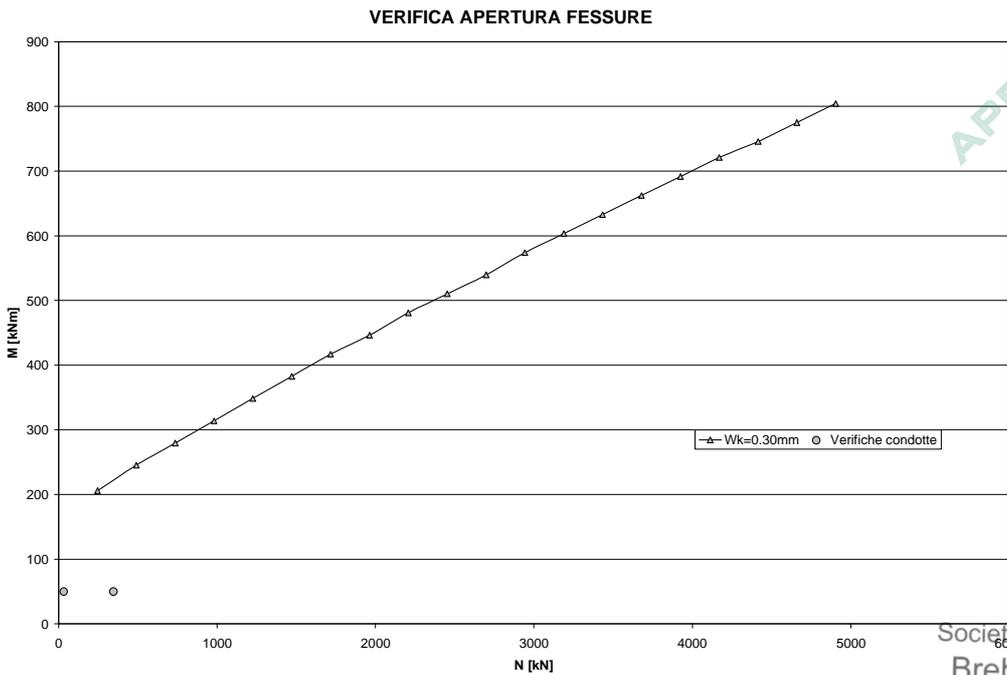
$H_{rj} = 2.00m$:

Dominio di formazione delle fessure:



Si ha formazione delle fessure

Dominio di apertura delle fessure:



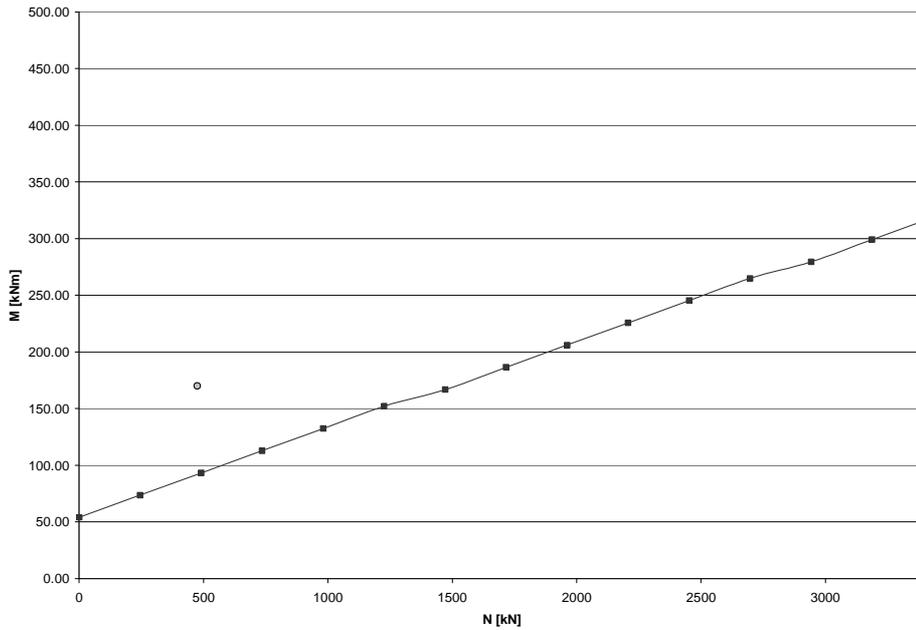
APPROVATO SDP

Società di Progetto
Brebemi SpA

La verifica risulta soddisfatta.

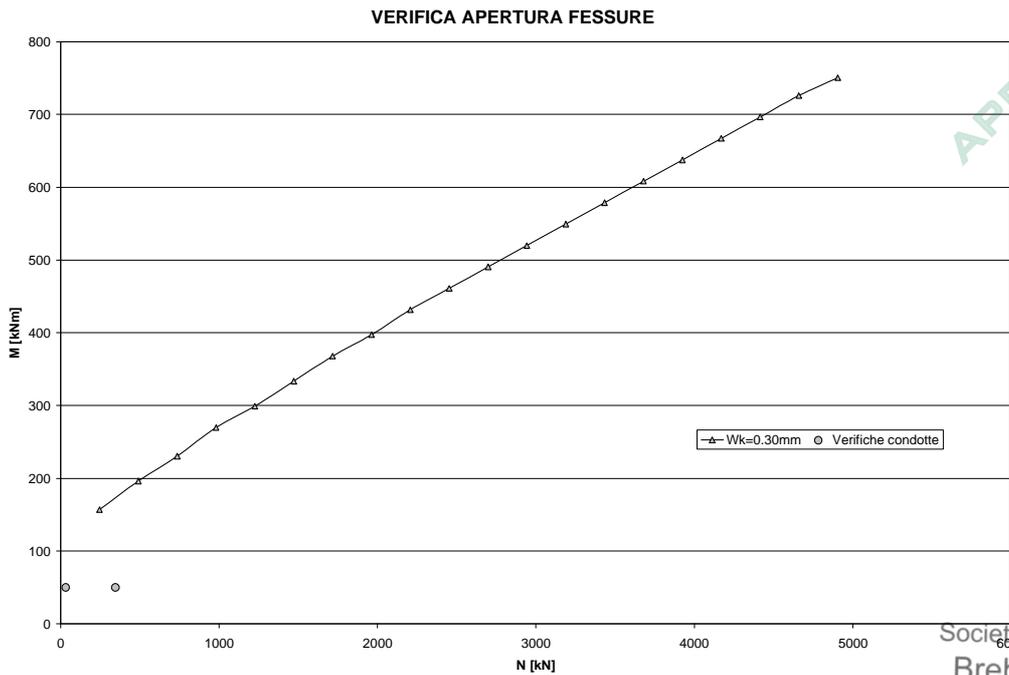
$H_{rl} = 3.00m$:

Dominio di formazione delle fessure:



Si ha formazione delle fessure

Dominio di apertura delle fessure:



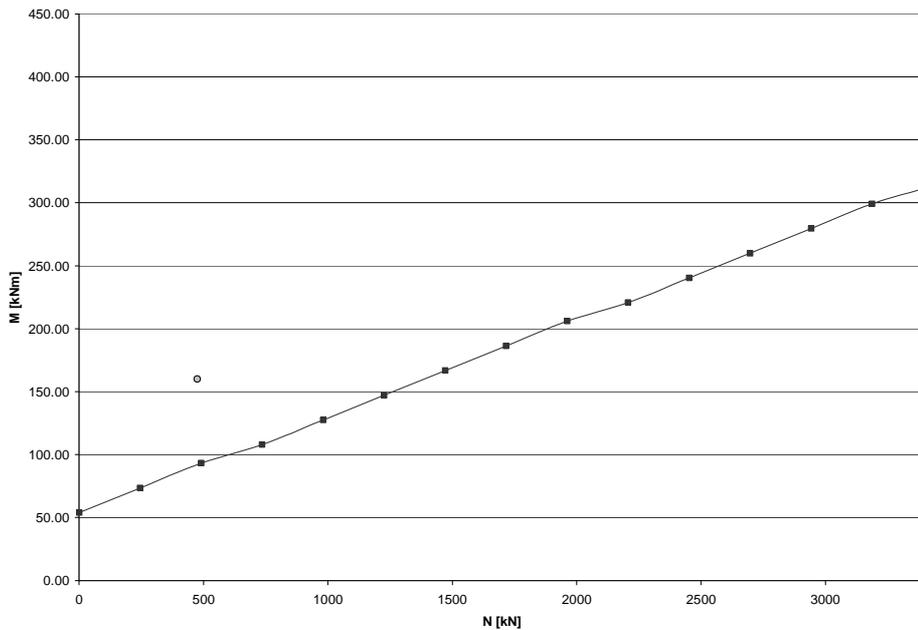
La verifica risulta soddisfatta.

APPROVATO SDP

	Doc. N. 60089-00016-A00	CODIFICA DOCUMENTO 60089-04-RC-D-0-00-00- 016-00-00-002-00	REV. A00	FOGLIO 70 di 72
---	-----------------------------------	---	--------------------	---------------------------

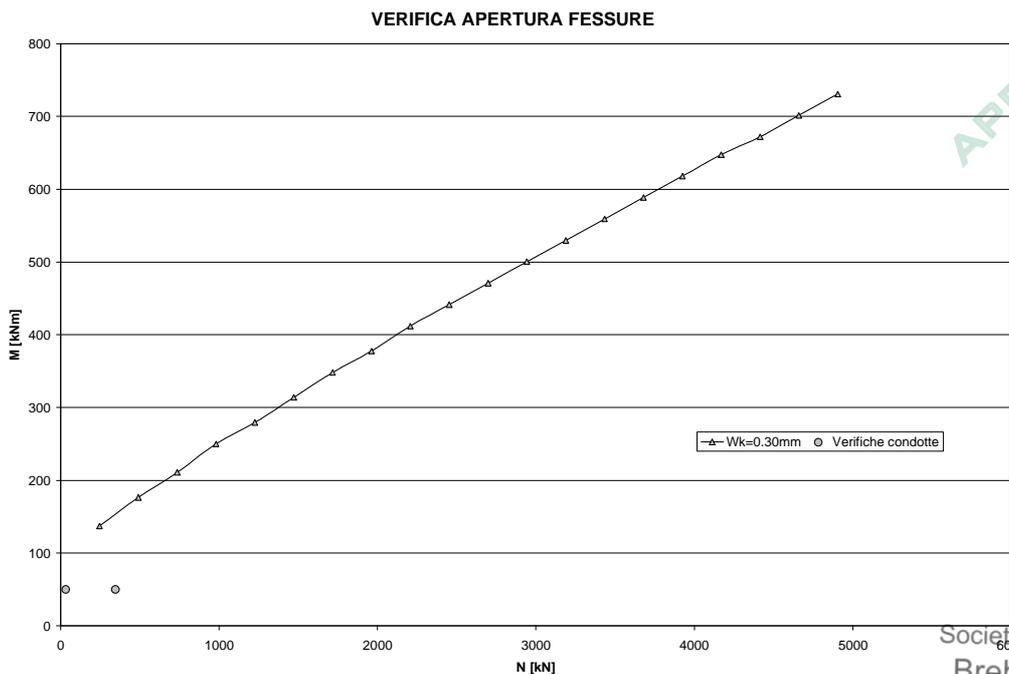
$H_{rj} = 4.00m$:

Dominio di formazione delle fessure:



Si ha formazione delle fessure

Dominio di apertura delle fessure:



APPROVATO SDP

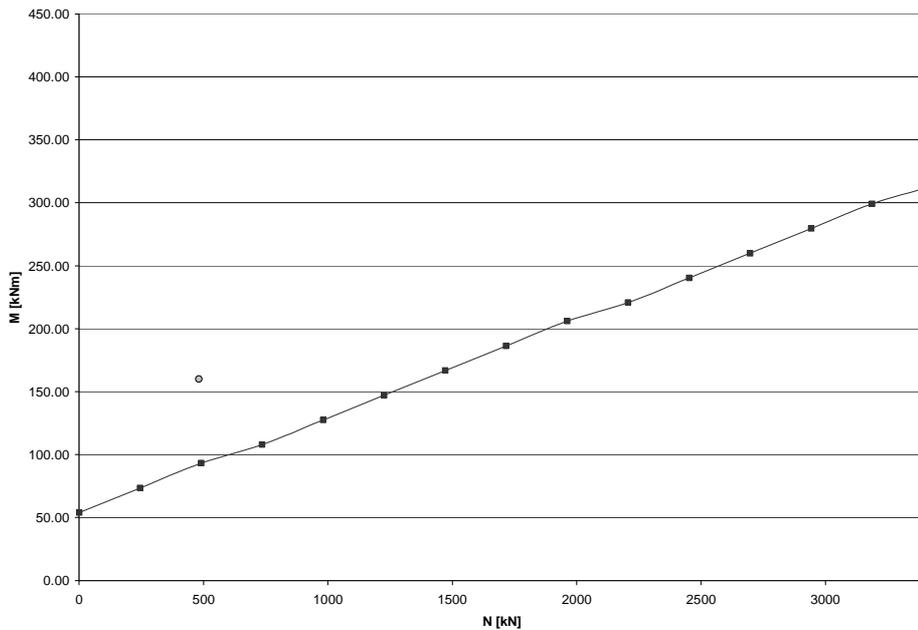
Società di Progetto
Brebemi SpA

La verifica risulta soddisfatta.

	Doc. N. 60089-00016-A00	CODIFICA DOCUMENTO 60089-04-RC-D-0-00-00- 016-00-00-002-00	REV. A00	FOGLIO 71 di 72
---	-----------------------------------	---	--------------------	---------------------------

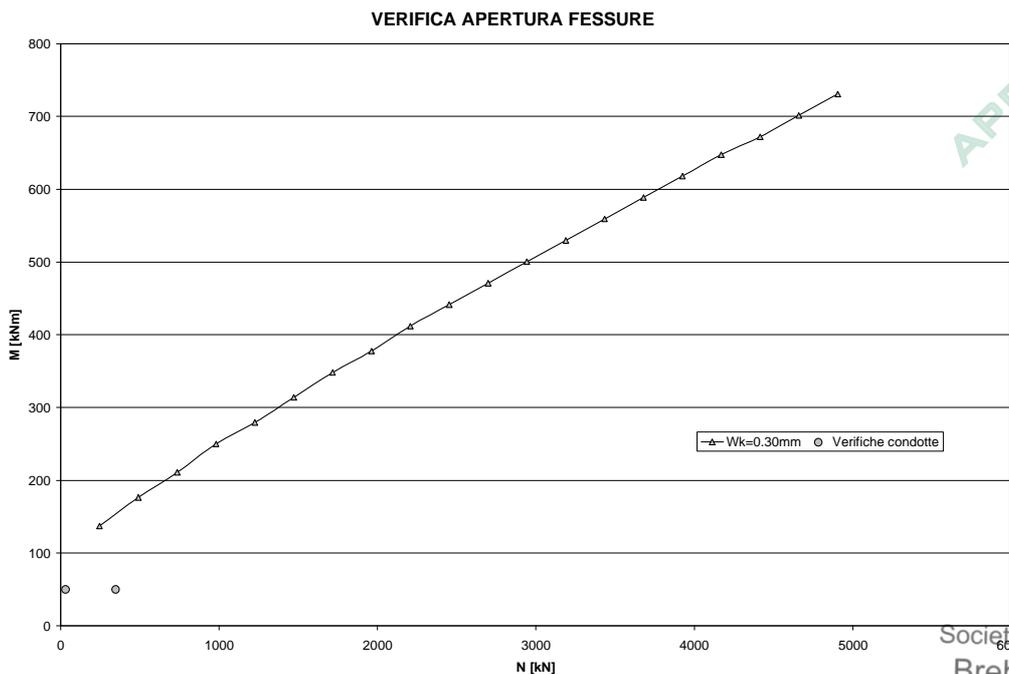
$H_{rj} = 6.00m$:

Dominio di formazione delle fessure:



Si ha formazione delle fessure

Dominio di apertura delle fessure:



APPROVATO SDP

Società di Progetto
Brebemi SpA

La verifica risulta soddisfatta.

	Doc. N. 60089-00016-A00	CODIFICA DOCUMENTO 60089-04-RC-D-0-00-00- 016-00-00-002-00	REV. A00	FOGLIO 72 di 72
---	-----------------------------------	---	--------------------	---------------------------

8.4.2 Verifiche di portanza

Il calcolo delle sollecitazioni sui pali avviene in base alle seguenti espressioni:

- N = carico verticale sui pali,
- M_l = momento longitudinale a intradosso fondazione,
- M_t = momento trasversale a intradosso fondazione,
- $M_{l,p}$ = momento longitudinale in testa palo,
- $M_{t,p}$ = momento trasversale in testa palo,

- $N_{med} = N/n_{pali}$
- $N_{max} = N_{med} + M_l/W_l + M_t/W_t + (\sum M_{l,p})/W_l + (\sum M_{t,p})/W_t$ = carico verticale sul palo più sollecitato,
- $N_{min} = N_{med} - M_l/W_l - M_t/W_t - (\sum M_{l,p})/W_l - (\sum M_{t,p})/W_t$ = carico verticale sul palo meno sollecitato.

Dove W_t e W_l sono rispettivamente i valori dei moduli di resistenza della palificata di fondazione nella direzione trasversale e longitudinale, ed n rappresenta il numero dei pali.

Le sollecitazioni di sforzo assiale di verifica per le varie combinazioni sono già state riportate nel paragrafo riguardante le sollecitazioni sui pali, per le verifiche di portanza si rimanda ai diagrammi di capacità portante nella Relazione di Calcolo delle Fondazioni – rif. [1].

APPROVATO SDP

Società di Progetto
Brebemi SpA